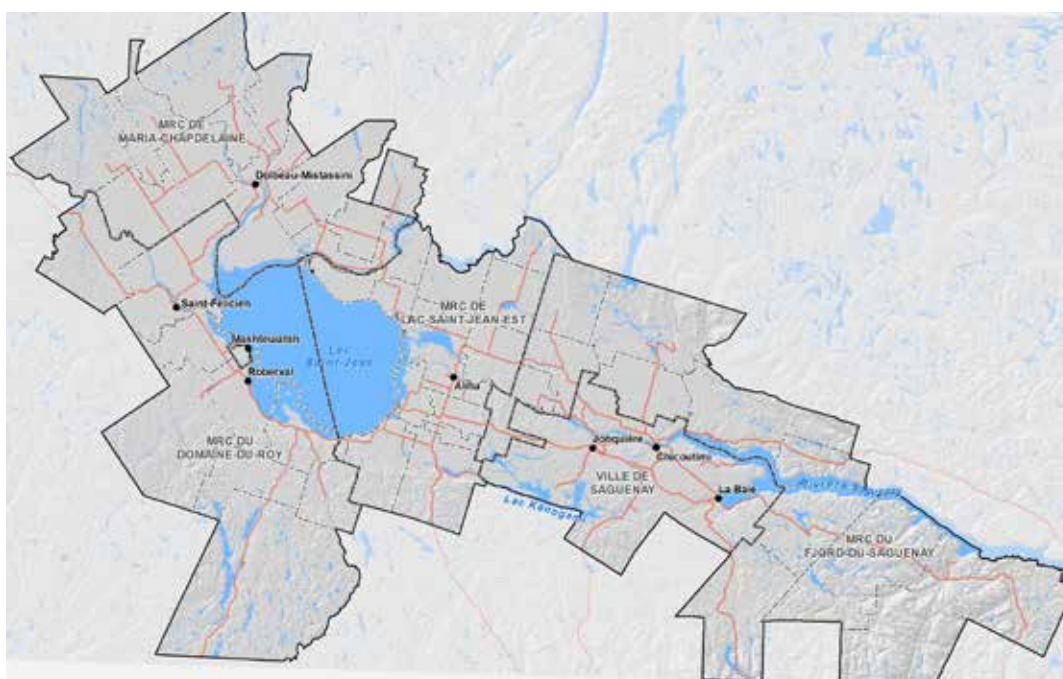


# 1<sup>er</sup> atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du PACES du Saguenay – Lac-Saint-Jean

## CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :  
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,  
avec la contribution de l'UQAC et de l'UQTR

Février 2015



Ce 1<sup>er</sup> atelier de transfert des connaissances issues du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay – Lac-Saint-Jean (PACES-SLSJ) est rendu possible grâce au financement du Programme de soutien à la valorisation et au transfert du ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations. Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), les chercheurs du Centre d'études sur les ressources minérales (CERM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement :

- Denis Germaneau, professionnel de recherche, UQAC, équipe de recherche du PACES-SLSJ
- Marie-Line Tremblay, professionnelle de recherche, UQAC, équipe de recherche du PACES-SLSJ
- Alain Rouleau, professeur, UQAC, coordonnateur du PACES-SLSJ
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert du RQES
- Yohann Tremblay, agent de transfert du RQES, préparation de l'atelier de transfert
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conception de l'atelier de transfert

## Références à citer

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

**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.**

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-SLSJ :

**Tremblay, Y., Ruiz, J., Germaneau, D., Tremblay, M.-L. et Rouleau, A. 2015. 1<sup>er</sup> atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du PACES du Saguenay – Lac-Saint-Jean, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAC et l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.**

## **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 Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (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** : <http://www.rqes-gries.ca/>

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

Le Centre d'étude sur les ressources minérales a été mis en place en 1983, prenant ainsi le relais du Centre de recherche du moyen-nord (CRMN) initialement fondé en 1972. Le CERM a été mis sur pied afin de développer la recherche pour le secteur des ressources minérales dans les régions ressources. Depuis sa création, l'expertise du Centre s'est consolidée autour de deux volets de recherche: l'exploration minérale et le développement des ressources minérales.

Le CERM coordonne et intègre, entièrement ou en collaboration, plusieurs activités gravitant autour du secteur des ressources minérales de la région du Saguenay Lac Saint-Jean et de ses régions limitrophes ainsi que sur la scène internationale. Il encadre les activités du Fonds minier du Saguenay - Lac-Saint-Jean et du CONSOREM, le Consortium de recherche en exploration minérale.

La recherche au CERM s'articule autour de 3 axes de recherche complémentaires :

- L'exploration minérale et les processus métallogéniques (formation des gisements);
- La formation et l'évolution de la croûte continentale;
- Les eaux souterraines et l'hydrogéomécanique.

**Pour en savoir plus** : <http://cerm.uqac.ca/>

# Table des matières

---

Index des notions clés	7
Guide de lecture du cahier des participants	8
Votre équipe de formation	9
<b>1. Les notions hydrogéologiques fondamentales</b>	<b>11</b>
Nappe, aquifère et aquitard	12
Conditions de confinement	13
Différents types d'aquifères	14
Types de dépôts meubles	15
Piézométrie	16
Recharge et résurgences	16
Vulnérabilité de l'eau souterraine	17
Qualité de l'eau	18
<b>2. Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine</b>	<b>19</b>
Résumé du PACES-SLSJ	20
Les principaux résultats du PACES-SLSJ	21
Les limites générales du PACES-SLSJ	22
Deux zones aux contextes hydrogéologiques distincts : Les hautes terres et les basses terres	23
<b>3. Les caractéristiques hydrogéologiques des hautes terres</b>	<b>27</b>
<b>Cas du secteur du Bas-Saguenay</b>	<b>27</b>
Limites des milieux aquifères de roc fracturé	28
Épaisseur des dépôts meubles	30
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	32
Piézométrie	34
Recharge préférentielle et résurgence	36
Vulnérabilité	38
Qualité de l'eau - Critères de santé	40
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	42

<b>4. Les caractéristiques hydrogéologiques des basses terres</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Cas du secteur Lac-Saint-Jean Est</b>	<b>45</b>
Limites des milieux aquifères de roc fracturé	46
Épaisseur des dépôts meubles	48
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	50
Piézométrie	52
Recharge préférentielle et résurgence	54
Vulnérabilité	56
Qualité de l'eau - Critères de santé	58
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	60
<b>4.2 Cas du secteur Lac-Saint-Jean Ouest</b>	<b>63</b>
Limites des milieux aquifères de roc fracturé	64
Épaisseur des dépôts meubles	66
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	68
Piézométrie	70
Recharge préférentielle et résurgence	72
Vulnérabilité	74
Qualité de l'eau - Critères de santé	76
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	78
<b>5. Exercices de synthèse</b>	<b>81</b>
Exercice 1 : Si demain la municipalité de L'Anse-Saint-Jean devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice dans le secteur Saguenay?	82
Exercice 2 : Dans le secteur Lac-Saint-Jean Est, quelle zone de recharge devrait être protégée en priorité?	86
Exercice 3 : Dans le secteur Lac-Saint-Jean-Ouest, où devrait-on chercher à implanter en priorité une nouvelle activité potentiellement polluante pour les eaux souterraines?	90
Bibliographie	94
Mes notes personnelles	95

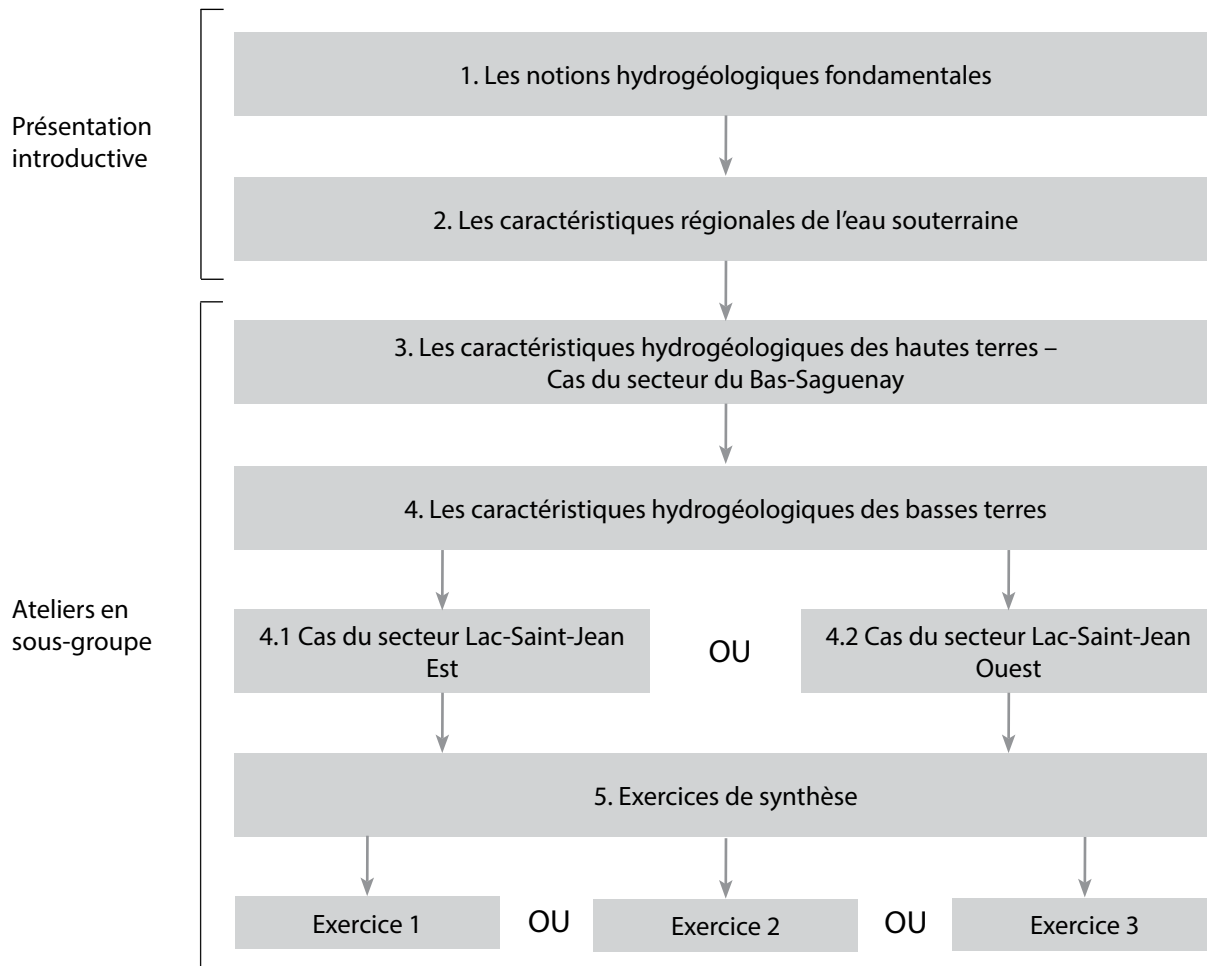
# Index des notions clés

---

Aquifère	12
Aquifère confiné, non confiné et semi-confiné	13
Aquifère de dépôts meubles	14
Aquifère de roc fracturé	14
Aquitard	12
Bilan hydrique	16
Concentrations maximales acceptables	18
Conductivité hydraulique	12
Dépôts meubles	14
DRASTIC	17
Eau souterraine	12
Minéralisation	18
Nappe	12
Nappe captive, libre et semi-captive	13
Niveau de la nappe	12
Niveau piézométrique	16
Objectifs esthétiques	18
Piézométrie	16
Porosité	12
Recharge	16
Résurgence	16
Risque de contamination	17
Roc fracturé	14
Sédiments alluviaux	15
Sédiments éoliens	15
Sédiments fluvioglaciaires	15
Sédiments glaciolacustres	15
Sédiments glaciomarins	15
Sédiments organiques	15
Till	15
Transmissivité	12
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

ou renvoi 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 facile
- 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



**Julie Ruiz**  
Ph.D. Aménagement  
Professeure  
Département des sciences de  
l'environnement, Université du  
Québec à Trois-Rivières  
CP 500, Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7  
819-376-5011 poste 3676  
Julie.Ruiz@uqtr.ca

## Vos experts en eaux souterraines



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



**Denis Germaneau**  
M.Sc.A.  
Professionnel de recherche  
Centre d'études sur les ressources  
minérales, Université du Québec à  
Chicoutimi  
555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1  
418-545-5011 poste 2589  
denis.germaneau@uqac.ca



**Marie-Line Tremblay**  
M.Sc.A.  
Professionnelle de recherche  
Centre d'études sur les ressources  
minérales, Université du Québec à  
Chicoutimi  
555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1  
418-545-5011 poste 2526  
marie-line.tremblay@uqac.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

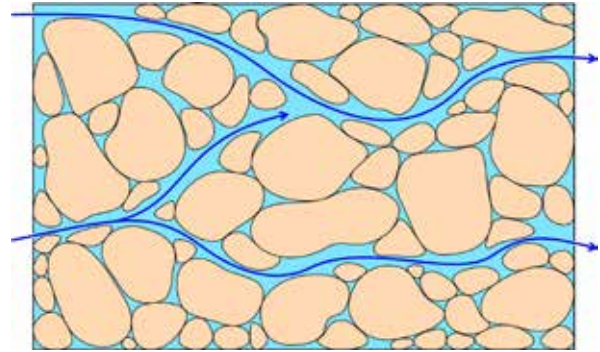
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire les espaces vides au sein de la matrice solide.

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

La **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est l'aptitude d'un matériau à se laisser traverser par 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.

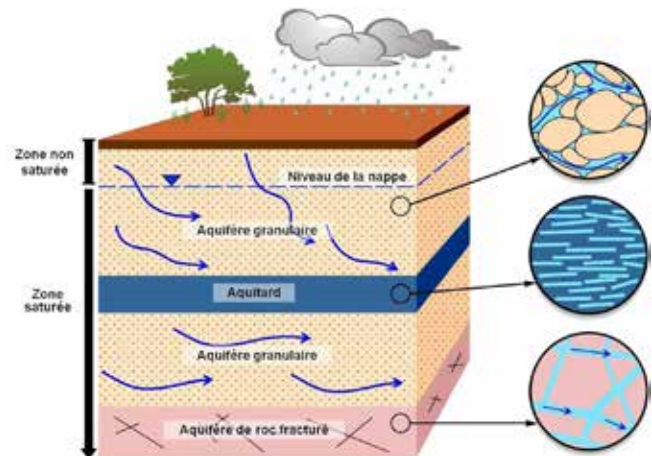
- C'est le **contenu**.

Un **AQUIFÈRE** est un milieu poreux perméable pouvant contenir une quantité appréciable d'eau et permettre son écoulement pour que la ressource puisse être exploitée de façon économique.

- C'est le **contenant**.

## Comment cela fonctionne-t-il ?

L'eau qui s'infiltré dans le sol percole verticalement et traverse la **zone non saturée** pour atteindre le **niveau de la nappe** et la **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 sous l'effet de la gravité, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières.



## Qu'est-ce qu'un AQUITARD ?

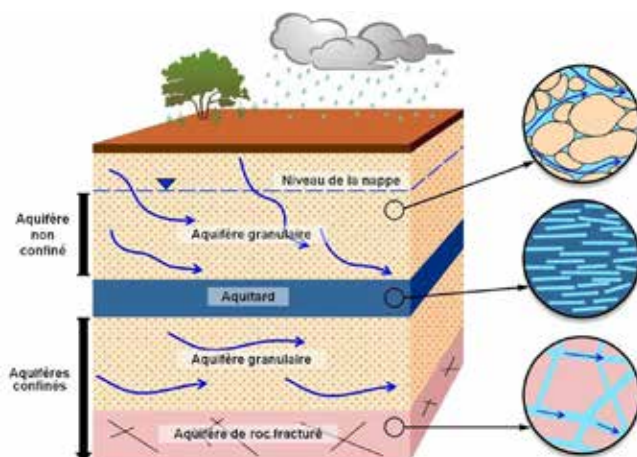
L'**AQUITARD** est un milieu poreux qui n'est pas suffisamment perméable pour qu'il soit possible d'y extraire de l'eau. Il agit comme barrière naturelle à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.



## CONDITIONS DE CONFINEMENT

Un aquifère **CONFINÉ** (ou 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 recharge provient de plus loin en amont, là où la couche confinante n'est plus présente.

Un aquifère **NON CONFINÉ** (ou 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 généralement **d'avantage vulnérable à la contamination**.



Un aquifère **SEMI-CONFINÉ** (ou à **nappe semi-captive**) est un cas intermédiaire pour lequel les couches confinantes ne sont pas totalement imperméables ou sont de faible épaisseur. Il est **modérément rechargé et protégé**.



## DIFFÉRENTS TYPES D'AQUIFÈRES

### Quels sont les milieux géologiques qui constituent des aquifères ?

Deux types de milieux géologiques constituent des aquifères :

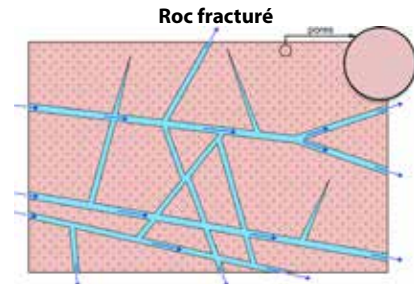
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

#### AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

Les **pores** de la roche contiennent de l'eau souterraine, mais leur faible interconnexion ne permet pas une circulation efficace de l'eau.

Les **fractures** contiennent aussi de l'eau souterraine et permettent une circulation d'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** (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.
- Le pompage de débits importants est souvent possible.

Graviers



Argiles

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

- Plus les pores sont petits, moins ils sont interconnectés et moins le dépôt meuble est perméable.







## TYPES DE DÉPÔTS MEUBLES

### TILL

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

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



### SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

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

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



### SÉDIMENTS GLACIOLACUSTRES

Mis en place dans des lacs alimentés par les eaux de fonte, pendant la déglaciation.

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

**Sédiments glaciolacustres deltaïques**



### SÉDIMENTS GLACIOMARINS

Mis en place dans la mer Laflamme, après la déglaciation.

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

**Argiles marines**



**Sédiments deltaïques**



### SÉDIMENTS ALLUVIAUX

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

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

**Sédiments alluviaux**



### SÉDIMENTS ÉOLIENS

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

- Composés de sable — **aquifère**.

**Sédiments éoliens**



### SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides, surtout des tourbières.

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

**Tourbe**



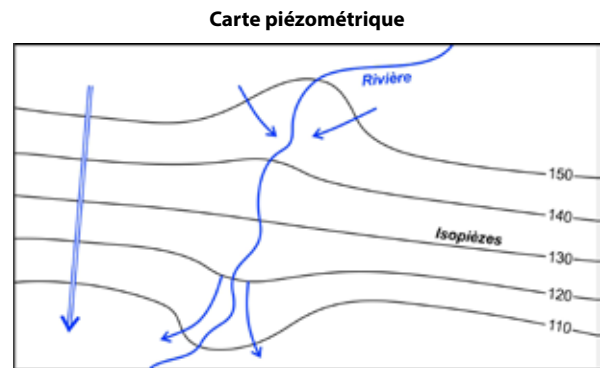
© Cloutier et coll. (2013)



## 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.

Tout comme la topographie l'est pour l'élévation du sol, la **piézométrie** représente l'élévation du niveau de l'eau souterraine dans un aquifère. 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 RÉSURGENCES

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

La recharge est un paramètre qui compose le **bilan hydrique** :

$$P = ETP + Ru + Re$$

Où : P = Précipitation (pluie ou fonte de neige)

ETP = Évapotranspiration

Ru = Ruissellement

Re = Recharge

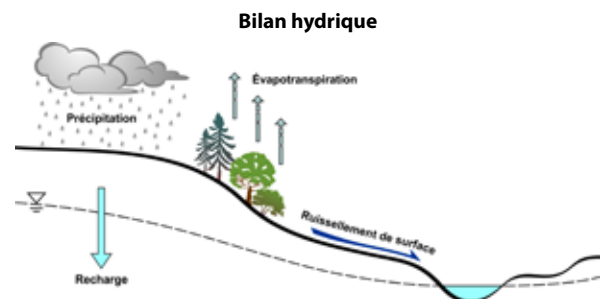
La recharge est liée aux conditions climatiques, à l'occupation du sol, à la topographie et aux propriétés physiques du sol. Elle varie donc sur le territoire:

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

Les **RÉSURGENCES** désignent les endroits où l'eau souterraine réapparaît en surface, au terme de son parcours souterrain.

- Les résurgences sont généralement diffuses, c'est-à-dire largement étendues, et se manifestent par la présence de milieux humides ou par l'exfiltration d'eau souterraine dans les cours d'eau.
- Elles sont parfois ponctuelles, c'est-à-dire localisées en un point précis, et forment 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.



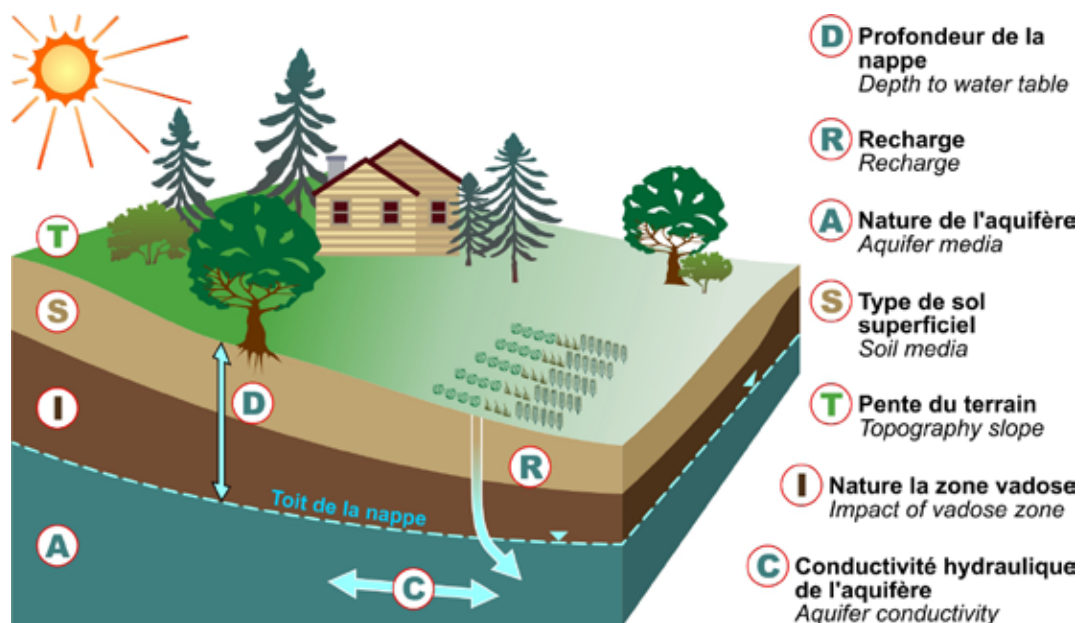




## VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

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

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



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

Le **risque de contamination** des eaux souterraines peut être estimé en jumelant la **vulnérabilité**, l'**impact des activités humaines** présentant un danger potentiel de contamination (l'aléa), et la **valeur socio-économique** de la ressource.

L'**impact des activités humaines** présentant un danger potentiel de contamination (l'aléa) dépend de plusieurs facteurs, dont la nature et la quantité de contaminants, la superficie de la zone touchée et la récurrence du rejet.

La **valeur socio-économique** de la ressource dépend entre autres de l'utilisation actuelle, la quantité et la qualité de l'eau souterraine. Par exemple, dans le cas d'une nappe non exploitée en raison de sa petite quantité ou de sa piètre qualité, sa valeur sera moindre que dans le cas d'un grand aquifère exploité pour son eau d'excellente qualité.

L'identification des secteurs à **risque élevé** permet de cibler les zones sensibles où des mesures particulières de gestion doivent être mises en œuvre afin de protéger les eaux souterraines.



### 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, et plus son temps de résidence est long, plus elle sera **minéralisée**, c.-à-d. concentrée en minéraux dissous.

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

- **Type bicarbonaté** (Ca-Na)-HCO<sub>3</sub> : eau récente, peu minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau douce de recharge;
- **Type chloruré** (Na-Ca)-Cl : eau ancienne, plus minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau à salinité élevée.

### 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 (2014).

- Ex. : Baryum < 1 mg/L, pour éviter des maladies cardiovasculaires ou une augmentation de la pression artérielle.
- 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'effets néfastes reconnus 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 (2012).

- Ex. : Fer < 0,3 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.
- Ex. : Dureté (CaCO<sub>3</sub>) ≤ 200 mg/l, fondé sur la corrosion et l'entartrage.

## **2. Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine**

# Résumé du PACES-SLSJ

---

Le CERM de l'UQAC a réalisé la première caractérisation régionale des aquifères et des eaux souterraines du territoire municipalisé de la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean, couvrant un territoire de 13 210 km<sup>2</sup> et représentant une population de 271 512 personnes. Cette étude a été effectuée dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines, géré par le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.

Les objectifs visés par ce projet consistent à :

- Dresser un portrait des ressources en eau souterraine à l'échelle des quatre MRC de la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean, du territoire de la Ville de Saguenay et de Mashteuiatsh, afin de soutenir les besoins d'information sur cette ressource;
- Établir l'état de cette ressource, sa recharge et sa vulnérabilité;
- Consolider les partenariats entre les acteurs de l'eau et les gestionnaires du territoire dans l'acquisition des connaissances sur les ressources en eau souterraine afin de favoriser une saine gestion de cette ressource;
- Répondre aux préoccupations du milieu en ce qui concerne les ressources en eau souterraine.

Le PACES-SLSJ a été divisé en trois phases qui se sont échelonnées sur quatre années :

- Phase 1 : établissement de l'état des connaissances actuelles à partir de compilations et d'intégrations de données existantes;
- Phase 2 : acquisition de nouvelles données par des campagnes de terrain;
- Phase 3 : analyse et traitement de l'information visant à l'amélioration des connaissances sur les eaux souterraines.

À partir d'une base de données à références spatiales, 29 cartes ont été élaborées décrivant le territoire du SLSJ (le milieu naturel et le milieu humain), sa géologie (roc et dépôts meubles), les contextes hydrogéologiques, les propriétés et les limites des aquifères du SLSJ, la piézométrie régionale, les zones préférentielles de recharge et de résurgence, la vulnérabilité des aquifères par la méthode DRASTIC, une appréciation de la qualité hydrogéochimique de l'eau souterraine et un portrait de l'utilisation de l'eau souterraine. Ces données ont aussi permis la réalisation de 134 coupes stratigraphiques distribuées sur l'ensemble du territoire.

Ce projet a été rendu possible par la contribution financière du MDDELCC, ainsi que des partenaires suivants : la CRÉ-SLSJ, la Ville de Saguenay, la MRC du Domaine-du-Roy, la MRC du Fjord-du-Saguenay, la MRC de Lac Saint-Jean-Est, la MRC de Maria-Chapdelaine, le conseil de bande Pekuakamiulnuatsh et l'UQAC. Le comité de gestion du projet (CONCERT'EAU) a réuni des représentants de chacun de ces partenaires financiers auxquels se sont ajoutés des représentants du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et de l'Agence de la santé et des services sociaux (ASSS) du SLSJ.

# Principaux résultats du PACES-SLSJ

---

Quant à l'utilisation de l'eau, le PACES-SLSJ a montré que dans la région :

- 13% de l'eau utilisée provient d'eau souterraine et 87% d'eau de surface;
- 34% de la population régionale est alimentée en eau potable à partir d'eau souterraine (13% par des installations privées et 21% à partir de réseaux municipaux);
- 50% de l'eau souterraine régionale est utilisée pour un usage domestique, 46% pour un usage industriel et près de 4% pour usage agricole.

En ce qui concerne les connaissances hydrogéologiques, les résultats saillants de l'étude sont les suivants :

- La connaissance des systèmes aquifères de la région réside dans un grand nombre d'études locales autrefois difficilement accessibles et dont les résultats sont maintenant pour la plupart contenus dans une base de données numérique à références spatiales;
- Le territoire municipalisé présente plusieurs accumulations de dépôts de surface (sable et argile) pouvant dépasser 180 m d'épaisseur en divers endroits du territoire étudié;
- Les dépôts glaciaires sont privilégiés pour l'alimentation en eau potable des municipalités et plusieurs secteurs sont susceptibles d'abriter d'importants réservoirs encore non identifiés, notamment à l'ouest et au nord-ouest du lac Saint-Jean;
- Les sables de surface d'origine deltaïque présentent des caractéristiques granulométriques et hydrauliques hétérogènes et l'eau souterraine qu'ils contiennent est aussi exploitée pour l'alimentation en eau potable des municipalités;
- La carte piézométrique élaborée dans ce projet suggère la faible profondeur de l'eau souterraine dans les basses terres (comprise entre 0 et 10 m à partir de la surface);
- L'existence d'au moins 2 nappes d'eau souterraine dans les dépôts granulaires semble commune, notamment aux endroits où sont trouvées les imposantes accumulations sédimentaires d'origine deltaïque associées aux grandes rivières de la région;
- D'importantes variations de la topographie de surface suggèrent l'existence de zones de résurgences;
- Le roc présente des élévations très variables spatialement attestant d'une topographie accidentée dont les vallées profondes peuvent contenir des accumulations granulaires importantes confinées ou libres (l'interprétation des linéaments présentée dans cette étude pourrait aider à les localiser);
- L'étendue des shales et des calcaires ordoviciens a été modifiée dans cette étude et ces unités sont interprétées maintenant comme présentes au nord du lac Saint-Jean sous d'épais dépôts meubles (supérieurs à 50 m);
- La carte de vulnérabilité de l'eau souterraine montre des secteurs, généralement associés aux importantes accumulations de sable de surface, où des études locales sont requises pour préciser les risques de contamination anthropique;
- La carte de recharge montre des lacunes d'informations au droit des milieux humides et des tourbières communément associés aux dépôts granulaires deltaïques dont les valeurs de recharge calculées dans le cadre du PACES-SLSJ sont les plus importantes (avec celles des sables et graviers fluvioglaciers qui affleurent);
- Le portrait de la qualité de l'eau révèle globalement une eau souterraine douce de bonne qualité. Cependant, il révèle aussi qu'environ 25% des échantillons prélevés dépassent les critères esthétiques pour le manganèse, souvent en association avec des dépassements en fer; qu'environ 20% des échantillons dépassent la norme pour les fluorures; que les fluorures sont généralement plus concentrés dans les échantillons provenant du socle rocheux; qu'il existe localement une eau souterraine salée dont plusieurs occurrences ont été identifiées autour du lac Saint-Jean.

# Limites générales du PACES-SLSJ

---

Les cartes réalisées dans le cadre du PACES-SLSJ sont représentatives des conditions régionales à l'échelle 1/225 000 telles que définies à l'aide des données disponibles. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser les cartes, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, ces cartes ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée de ces cartes et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation de ces cartes, des conditions présentées par les cartes ou des données y étant rattachées.

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. Ces analyses sont destinées à des études régionales et ne doivent pas être interprétées comme des valeurs précises à l'échelle locale.

Les données de base (ex. : puits, forages, affleurements rocheux) utilisées pour la réalisation de la plupart des analyses hydrogéologiques ont une répartition non uniforme sur le territoire. L'incertitude des résultats 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-SLSJ, 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 résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Les valeurs des paramètres pourraient aussi varier temporellement (jours, saisons ou années).

# Deux zones aux contextes hydrogéologiques distincts : Les hautes terres et les basses terres

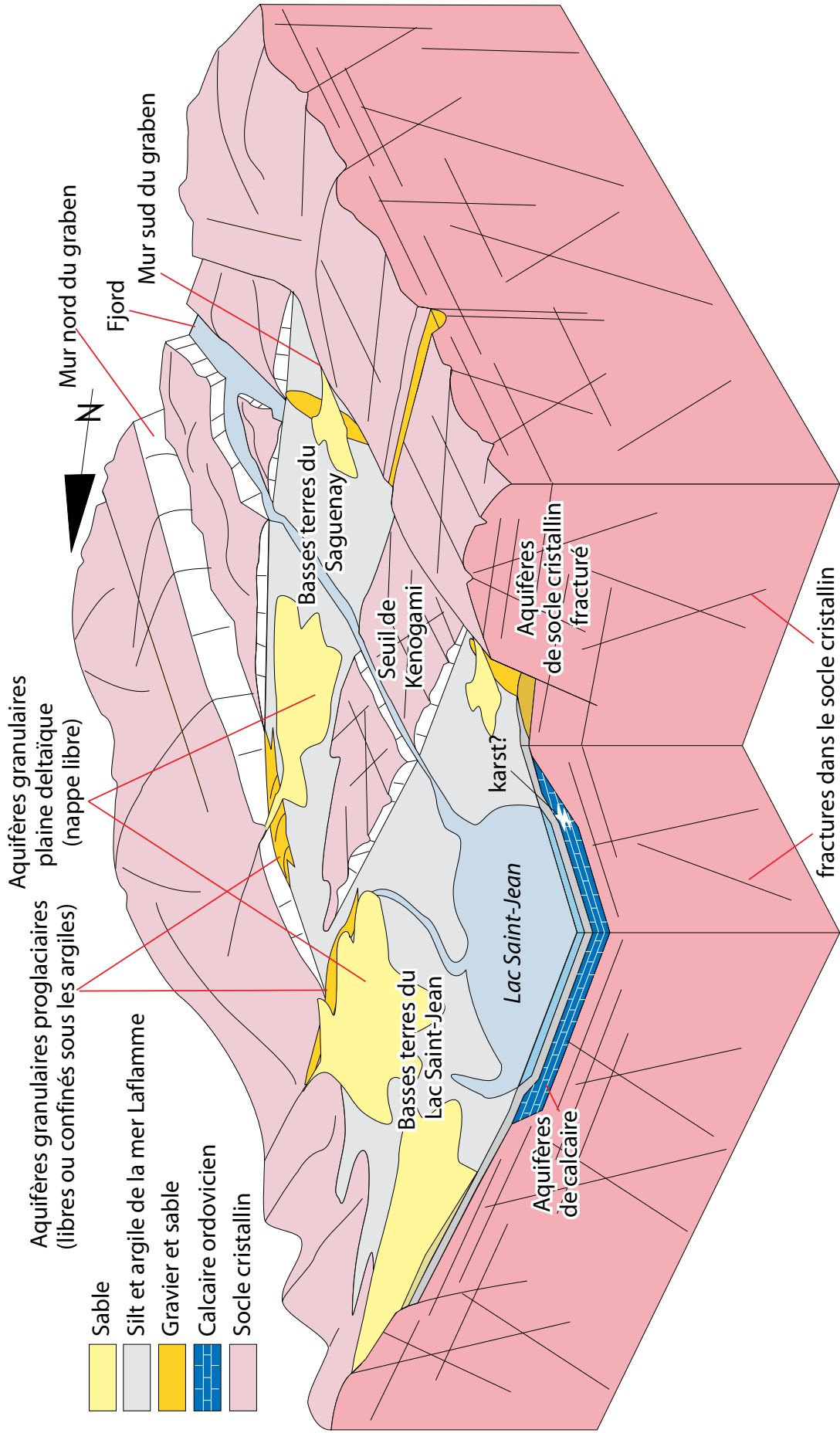
---

Le Graben du Saguenay est l'élément dominant de la physiographie de la région. Un effondrement tectonique le long de failles majeures orientées ONO-ESE a formé une grande dépression qui abrite aujourd'hui la plaine du Saguenay et du lac Saint-Jean, encaissée entre des terrains montagneux plus élevés. L'érosion glaciaire plus récente a poursuivi le surcreusage du socle rocheux, notamment dans le fjord du Saguenay.

Les murs sud et nord du Graben du Saguenay divisent la zone physiographique des hautes terres de celle des basses terres. Cette limite correspond approximativement à 200 m d'altitude. Ces deux zones physiographiques se distinguent aussi selon les contextes hydrogéologiques qu'on y retrouve :

- **Les hautes terres** correspondent au massif montagneux des Laurentides. Elles présentent un relief dominé par le roc affleurant ce qui le rend accidenté. L'eau souterraine y est surtout présente dans les milieux aquifères de roc cristallin (granite et anorthosite). Les quelques milieux aquifères granulaires qu'on y retrouve sont d'origine fluvioglaciaire (gravier et sable) et sont localisés dans les vallées encaissées. L'eau souterraine s'y écoule rapidement, depuis les sommets montagneux vers les vallées du réseau hydrographique de surface. La recharge se fait sur les plateaux, et des zones de suintement sont observées sur les falaises près de la rivière Saguenay et des murs nord et sud du graben. La vulnérabilité des aquifères y est relativement faible dû à la dominance des affleurements rocheux. Le faible nombre de dépassements de critère de potabilité ont tous été mesurés dans les milieux aquifères de roc fracturé. Leur origine est présumée naturelle, liée à la nature de la roche.
- **Les basses terres** ont une topographie relativement plane et sont dominées par d'importantes accumulations de dépôts meubles. Deux seuils topographiques et une ride rocheuse perpendiculaires à l'allongement du graben émergent des dépôts meubles (seuil de Kénogami, seuil du Cap Éternité et la ride rocheuse d'Alma). En plus du roc cristallin, on y retrouve du roc sédimentaire (calcaire) autour du lac Saint-Jean. De vastes milieux aquifères granulaires d'origine deltaïque (sables indifférenciés), associés spatialement avec les grandes rivières de la région, sont présents en surface. Ensuite viennent les argiles de la mer Laflamme, considérées continues à l'intérieur des basses terres. À la base des séquences de dépôts meubles, les milieux aquifères fluvioglaciaires reposent sur le roc. Ils sont souvent confinés par les sédiments fins de la mer Laflamme, mais affleurent parfois et contiennent alors une nappe libre. La vitesse d'écoulement de l'eau souterraine est moyenne à faible due à la faible pente. La rivière Saguenay et le lac Saint-Jean constituent les zones de décharge régionales. La recharge annuelle est considérée faible à intermédiaire dans les basses terres. Les grandes plaines deltaïques et les dépôts d'origine fluvioglaciaire qui se retrouvent à la surface du terrain apparaissent comme les plus vulnérables à la contamination de l'eau souterraine. À l'inverse, les dépôts de surface plus fins (argile et silt) et les affleurements rocheux présentent une vulnérabilité relativement faible. Les eaux souterraines du type chloruré, à salinité élevée, sont peu fréquentes, mais sont concentrées dans les basses terres, à proximité du lac Saint-Jean. Elles sont généralement accompagnées de fortes concentrations en sodium, en calcium, en magnésium (dureté) et en matière dissoute totale.

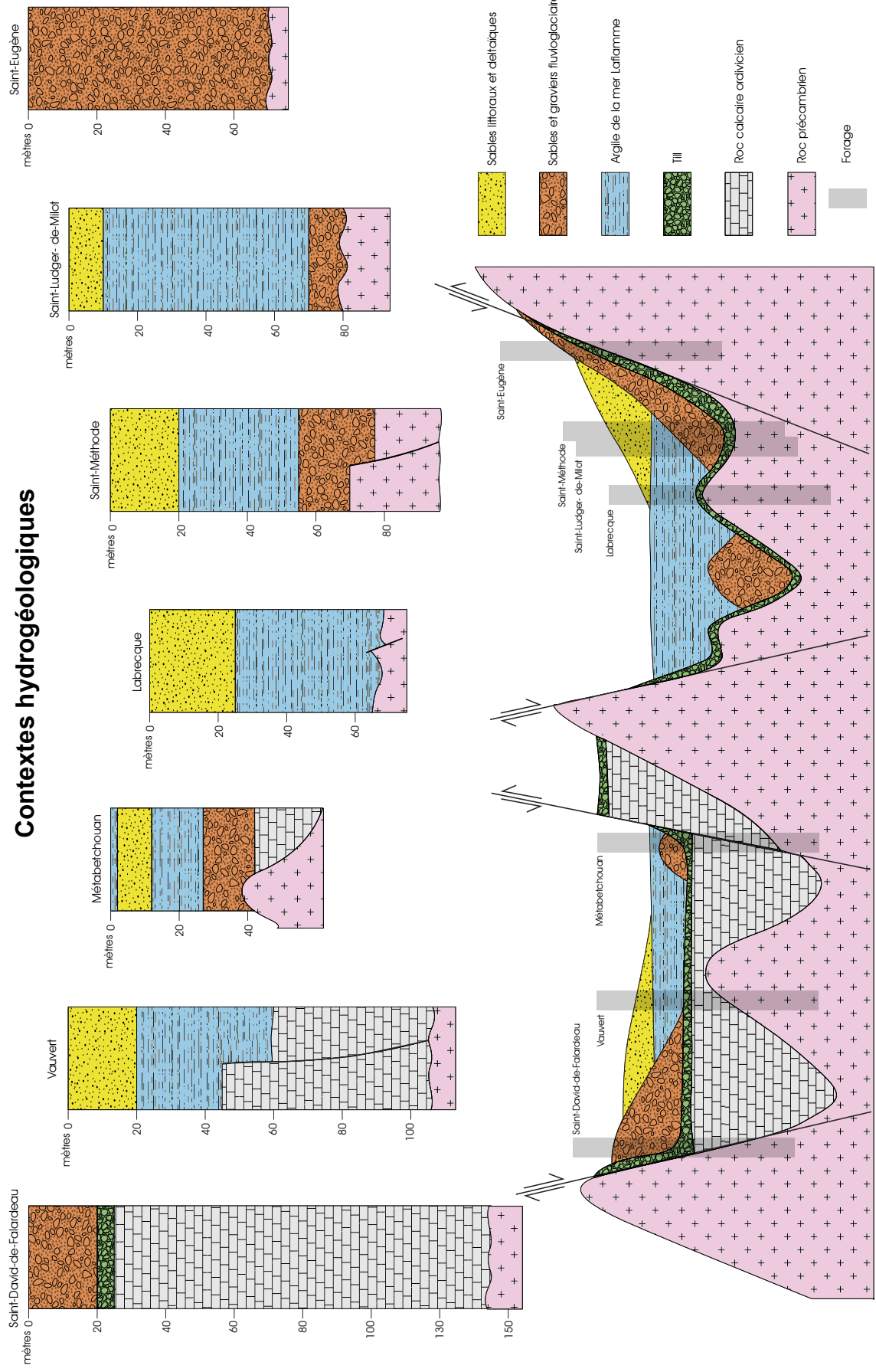
### Bloc-diagramme conceptuel des milieux aquifères du SLSJ





# Coupe conceptuelle des contextes aquifères régionaux du SLSJ

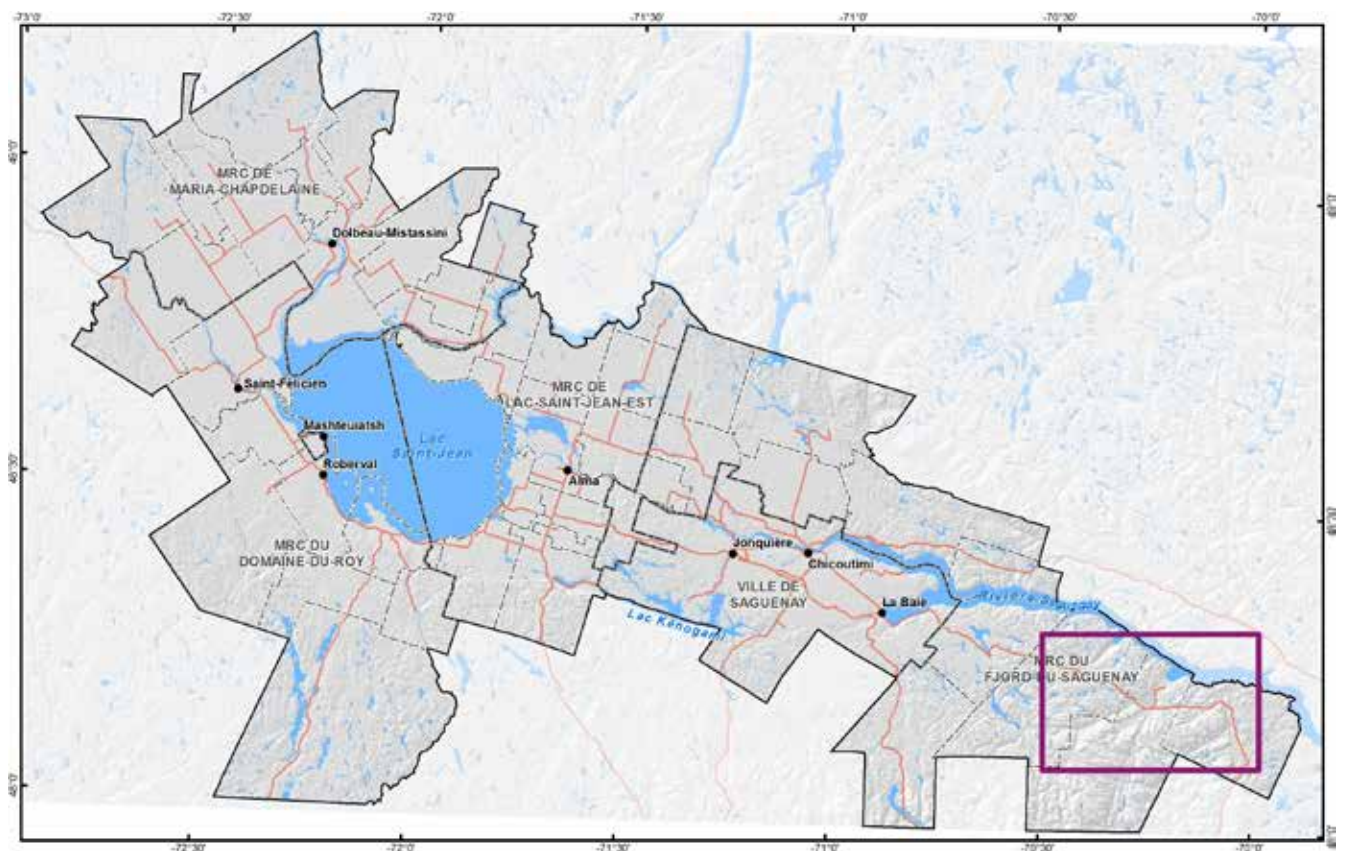
## Contextes hydrogéologiques





# 3. Les caractéristiques hydrogéologiques des hautes terres

## Cas du secteur du Bas-Saguenay



# Limites des milieux aquifères de roc fracturé

## Définition

- Lorsque la roche est suffisamment fracturée, elle constitue un milieu aquifère dans lequel des puits peuvent être aménagés pour exploiter l'eau souterraine. L'aptitude de ces aquifères à libérer de l'eau dépend donc de l'ouverture des fractures et de l'interconnexion entre les diverses fractures qui constituent le réseau.
- Les linéaments représentent des dépressions topographiques linéaires pouvant représenter des failles ou des zones de fractures. Ils sont dans certains cas accentués par l'érosion différentielle suite au passage du glacier. Les failles et leurs bordures fracturées peuvent contribuer à un écoulement plus efficace de l'eau souterraine. Le roc peut ainsi être localement un meilleur aquifère.



**AQUIFÈRE**, page 12,  
**ROC FRACTURÉ**,  
**AQUIFÈRE DE ROC**  
**FRACTURÉ**, page 14

## Méthode utilisée

- Les informations sur la lithologie (type de roche) et les failles proviennent d'une compilation de plusieurs cartes géologiques intégrées dans le Système d'information géominière du Québec (SIGEOM). Les différents types de roche ont été regroupés en grandes classes. La délimitation des calcaires a fait l'objet d'une réinterprétation à la lumière des résultats des données de forages du projet PACES-SLSJ.
- Les linéaments sont interprétés par analyse du relief à partir du modèle numérique d'altitude (MNA). Leur tracé, issu d'une interprétation visuelle, est dépendant du jugement et des connaissances de l'observateur.

## Interprétation pour le secteur du Bas-Saguenay

- Il n'y a qu'un seul type de milieux aquifères de roc fracturé : le roc cristallin.
- La valeur moyenne de transmissivité des milieux aquifères de roc cristallin est de l'ordre de  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s.
- Le potentiel aquifère des formations rocheuses du secteur a été en partie démontré par l'utilisation de l'eau souterraine à des fins d'alimentation en eau potable par la municipalité de Petit-Saguenay, qui possède des installations dans le roc cristallin.



**F** Le secteur du Bas-Saguenay contient deux types de milieux aquifères de roc fracturé.

Vrai  Faux

**F** Il est possible d'alimenter des systèmes de distributions en eau potable à partir du roc cristallin.

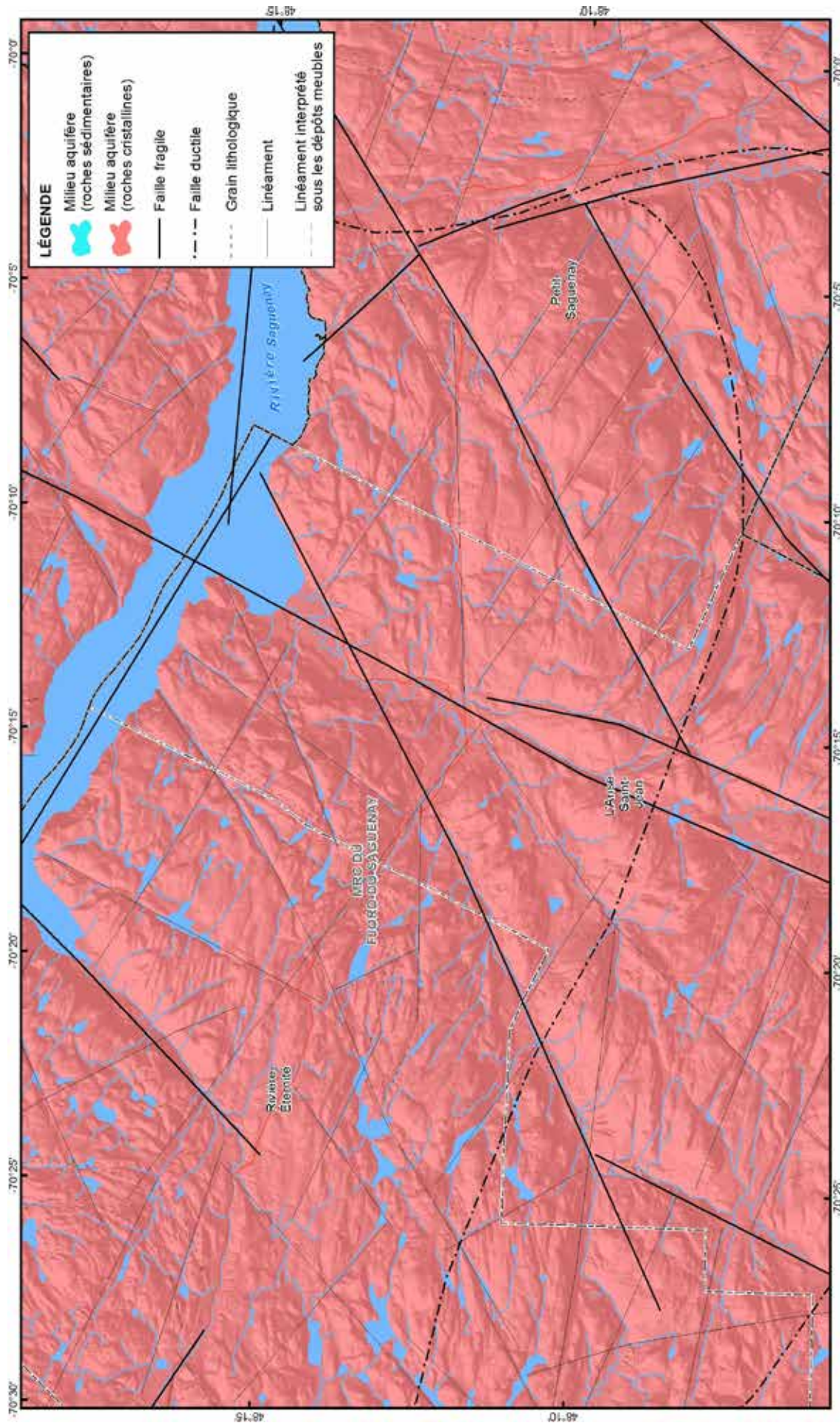
Vrai  Faux

**M** Les failles et linéaments sont liés aux dépressions topographiques dans lesquelles peuvent s'écouler les cours d'eau.

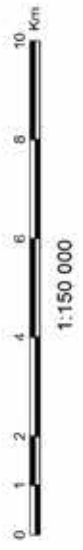
Vrai  Faux

**F** En quoi les failles et linéaments sont-ils utiles lors des travaux de recherche en eau souterraine?





**Limites régionales des milieux aquifères fracturés**  
**SECTEUR DU BAS-SAGUENAY**



## 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), peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un aquitard. Les informations sur l'épaisseur des dépôts meubles peuvent aussi s'avérer utiles dans d'autres domaines que l'hydrogéologie comme la construction d'infrastructures et le transport.



**DÉPÔTS  
MEUBLES**, page 14

## Méthode utilisée

- L'épaisseur totale des dépôts meubles a été estimée par interpolation sur des mailles de 250 m X 250 m. Les données d'épaisseur proviennent des forages virtuels issus des coupes stratigraphiques, celles-ci ayant été interprétées à partir des affleurements rocheux et des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de donnée géophysique. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la quantité et de la répartition des données à proximité.

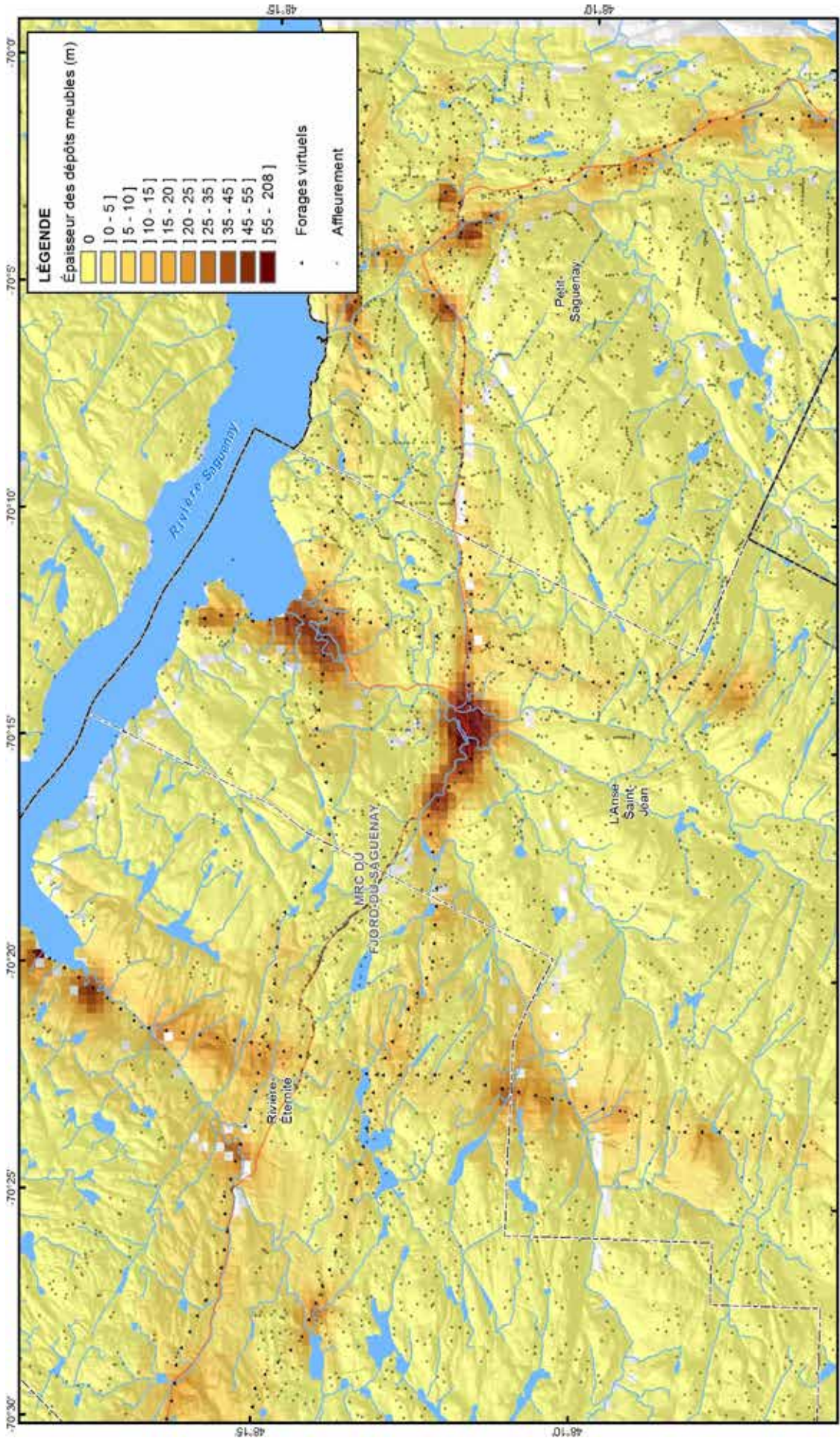
## Interprétation pour le secteur du Bas-Saguenay

- En générale, l'épaisseur des dépôts meubles est inférieure à 5 m.
- Localement, l'épaisseur des dépôts meubles peut atteindre plus de 25 m.

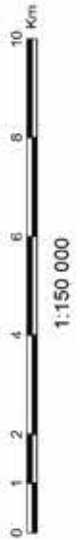


- F** Les dépôts meubles sont peu présents dans le secteur du Bas-Saguenay.    Vrai     Faux
- F** En général, les dépôts meubles sont accumulés dans les vallées.    Vrai     Faux
- F** L'épaisseur des dépôts meubles est la plus faible à l'embouchure des rivières Saint-Jean et Éternité.    Vrai     Faux
- M** Les forages virtuels sont répartis aléatoirement sur le territoire.    Vrai     Faux
- F** Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur du Bas-Saguenay et quelle est cette épaisseur approximative?
- M** Pourquoi les dépôts meubles sont-ils peu présents dans le secteur du Bas-Saguenay?





**Épaisseur des dépôts meubles  
 SECTEUR DU BAS-SAGUENAY**



# Limites des milieux aquifères de dépôts meubles

## Définition

- **Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules grossières** (sable et gravier), il forme un aquifère. Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable. Le pompage de débits importants devient alors possible.
- **Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules fines** (argile et silt), il forme un aquitard. Plus les pores sont petits, moins ils sont interconnectés et moins le dépôt meuble est perméable. L'aquitard agit comme barrière naturelle à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.
- La délimitation des milieux aquifères en lien avec celle des milieux imperméables (aquitard) permet de déterminer les **conditions de confinement**.

## Méthode utilisée

- Les unités sédimentaires qui composent les dépôts meubles ont été groupées selon leur granulométrie (sédiments fins, sables ou gravier) et leur position par rapport à l'unité d'argile de la mer Laflamme. L'interprétation en coupe des données stratigraphiques issues des affleurements rocheux et des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de levé géophysique, permet d'évaluer l'étendue verticale et horizontale des dépôts meubles et la superposition des milieux aquifères.
- Sur la carte, l'emploi de trames hachurées et pointillées permet de représenter, respectivement :
  - les unités de sédiments fins considérés imperméables (argile et silt de la mer Laflamme) interprétées sous d'autres dépôts;
  - les milieux aquifères fluvioglaciers interprétés sous d'autres dépôts.

## Interprétation pour le secteur du Bas-Saguenay

- Milieux aquifères de sédiments deltaïques (non différencié) :
  - Composés de sables hétérogènes,
  - Se retrouvent en surface, parfois superposées à l'argile marine,
  - Valeurs de transmissivité variables,
  - Peu ou pas exploités dans ce secteur.
- Milieux imperméables (aquitard) de sédiments glaciomarins :
  - Composés d'argile de la mer de Laflamme,
  - Peuvent se retrouver sous les sédiments deltaïques, séparant ainsi l'aquifère de surface de l'aquifère profond dans le roc fracturé,
  - Le till reposant parfois directement sur le socle rocheux agit souvent comme les sédiments fins marins et confine l'aquifère de roc.
- Milieux aquifères de sédiments fluvioglaciers :
  - Composés de sable, gravier et blocs,
  - Retrouvés à la base des séquences de dépôts meubles,
  - Couvrent généralement de petites portions du territoire,
  - Valeurs de transmissivité élevées,
  - Susceptibles de contenir des quantités appréciables d'eau.

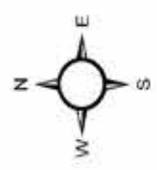
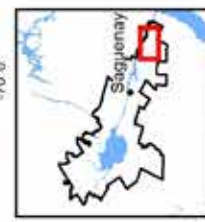
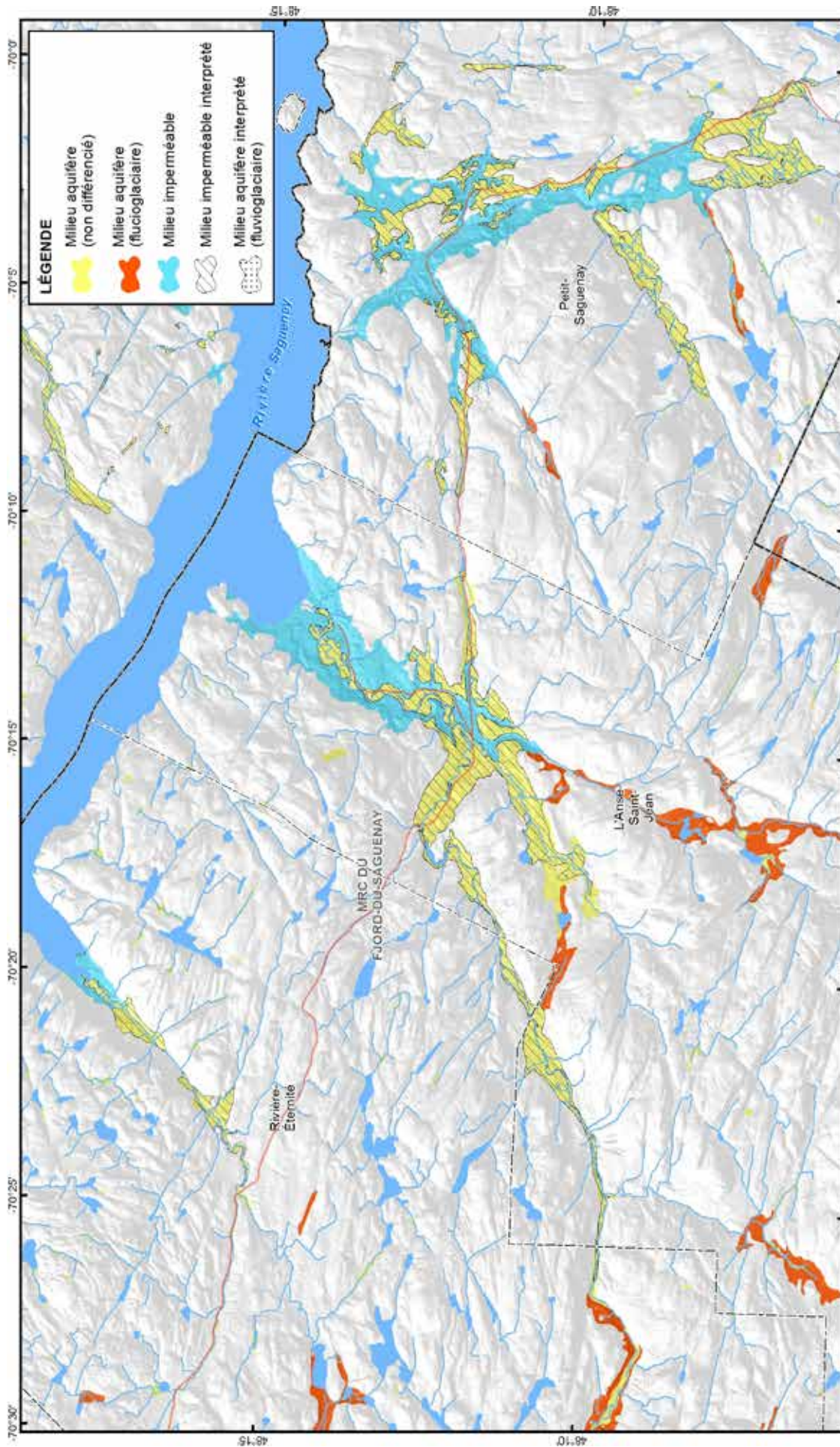


**AQUIFÈRE,**  
**AQUITARD,** page  
12, **AQUIFÈRE DE**  
**DÉPÔTS MEUBLES,**  
page 14, **TYPES DE**  
**DÉPÔTS MEUBLES,**  
page 15



- F** Les milieux aquifères de dépôts meubles sont situés dans les vallées.  
Vrai  Faux
- F** Les argiles de la mer Laflamme sont limitées aux vallées des rivières Éternité, Saint-Jean et Petit Saguenay.  
Vrai  Faux
- M** Il n'y a jamais de milieux imperméables sous les milieux aquifères.  
Vrai  Faux
- F** À quoi correspondent les zones où il n'y a pas de milieu aquifère de dépôts d'identifié?
- M** Quel type de dépôt meuble est le plus intéressant pour l'exploitation de l'eau souterraine?





**Limites régionales des milieux aquifères des dépôts meubles**  
**SECTEUR DU BAS-SAGUENAY**



## Définition

- Le niveau piézométrique correspond à l'élévation que le niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits atteint pour être en équilibre avec la pression atmosphérique.
- Tout comme la carte topographique l'est pour l'élévation du sol, la carte piézométrique représente l'élévation de la nappe dans un aquifère. 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.

## Méthode utilisée

- La densité spatiale des 2 634 puits où un niveau d'eau a été mesuré est jugée trop faible pour établir un portrait régional satisfaisant des niveaux d'eau. Puisque l'hydrographie est assimilée à un « affleurement » de la surface des nappes souterraines, la piézométrie indifférenciée entre les aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée en interpolant, sur de mailles de 250 m X 250 m, les élévations de l'hydrographie.
- Les courbes isopiézométriques (de même niveau) sont présentées avec une équidistance de 10 m dans les basses terres et 20 m dans les hautes terres.

## Interprétation pour le secteur du Bas-Saguenay

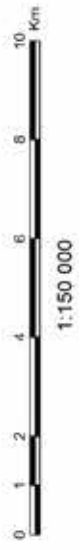
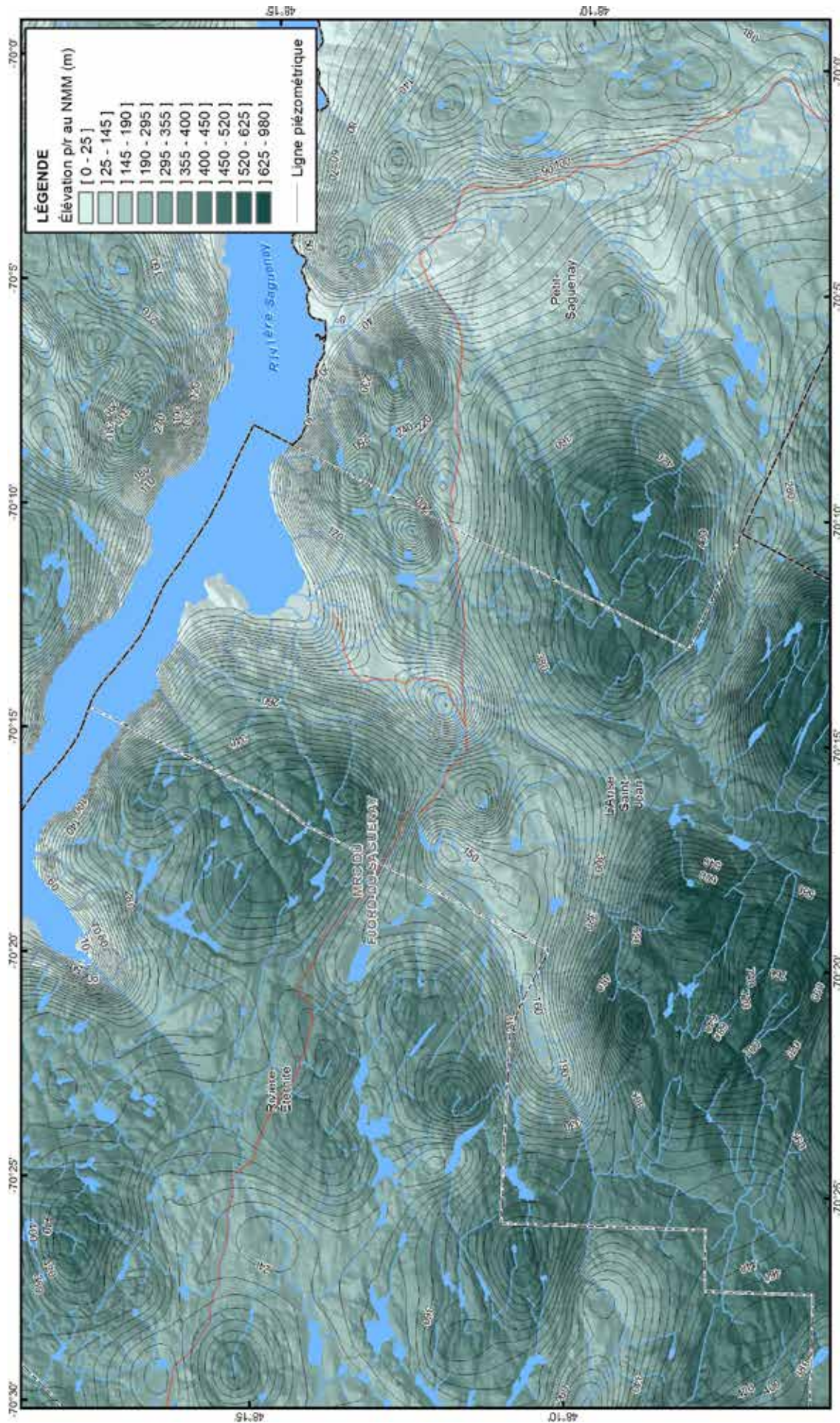
- 95 % des niveaux d'eau mesurés dans les puits sont inférieures à 20 m de profondeur par rapport à la surface.
- L'élévation des niveaux piézométriques varie de 0 à près de 800 m sur le secteur du Bas-Saguenay.
- Les niveaux piézométriques les plus bas sont observés en bordure de la rivière Saguenay.
- À l'échelle régionale, l'écoulement se fait généralement depuis les hauts topographiques vers les bas topographiques occupés par le réseau hydrographique de surface.
- La vitesse d'écoulement est élevée par endroits dans les hautes terres, particulièrement dans celles qui bordent le fjord du Saguenay.



- F** On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés dans la municipalité de L'Anse-Saint-Jean. Vrai  Faux
- F** L'eau souterraine s'écoule généralement du nord vers le sud sur le secteur du Bas-Saguenay. Vrai  Faux
- M** L'eau souterraine qui s'écoule sur le territoire de la municipalité de L'Anse-Saint-Jean provient exclusivement de son propre territoire. Vrai  Faux
- M** Les rivières Éternité, Saint-Jean et Petit-Saguenay constituent des exutoires de l'eau souterraine. Vrai  Faux
- F** Quelle est la variation maximale du niveau piézométrique observé sur ce secteur d'étude?







**Piézométrie régionale  
SECTEUR DU BAS-SAGUENAY**



## Définition

- La recharge correspond à la quantité d'eau qui alimente l'aquifère depuis l'infiltration de 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.
- Les résurgences sont des décharges en surface de l'eau souterraine dans les milieux humides, dans les cours d'eau, aux sources et aux faces de suintement. Les résurgences peuvent se produire lorsque le niveau de la nappe d'un aquifère dépasse le niveau de la surface du sol. Dans le cadre du PACES-SLSJ seules les sources d'origine naturelle sont considérées.



**RECHARGE,  
RÉSURGENCE,**  
page 16

## Méthode utilisée

- La recharge annuelle (mm/an) a été estimée en tous points sur le territoire par la méthode du bilan hydrique, sur des mailles de 250 m x 250 m, en soustrayant l'évapotranspiration et le ruissellement des précipitations (pluie et fonte de neige). Les précipitations ont été interpolées des données météorologiques tandis que les estimations de l'évapotranspiration et du ruissellement ont été calculées à partir d'équations empiriques intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés du sol.
- Seules les valeurs dans les zones préférentielles, soit les parties du territoire où l'on retrouve les plus grandes capacités d'infiltration de l'eau, sont illustrées sur la carte. Elles représentent les zones où le rapport de la recharge annuelle sur les précipitations est le plus élevé.
- L'absence de valeurs de recharge à l'endroit des « mares » n'exprime pas une recharge nulle, mais une lacune inhérente à la méthode de calcul utilisée.

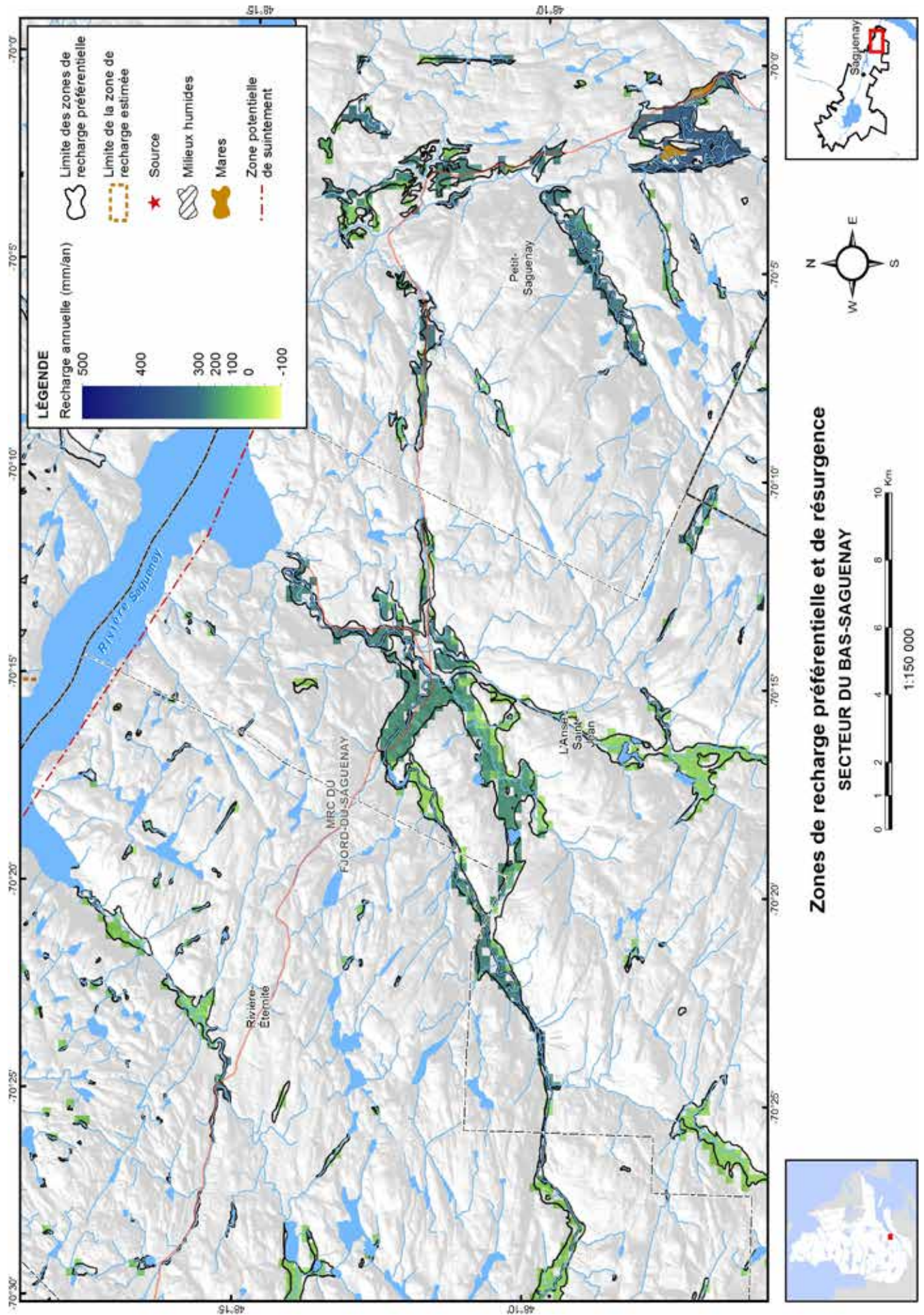
## Interprétation pour le secteur du Bas-Saguenay

- Les valeurs de recharge annuelle sont intermédiaires à élevées, de l'ordre de 100 à 400 mm/an.
- Aucun recensement des sources n'a été réalisé à ce jour et aucune source (naturelle) n'a été localisée lors des campagnes de terrain du PACES-SLSJ.
- Des zones de suintement ont été observées sur les falaises en bordure de la rivière Saguenay.



- F** Les valeurs de recharge les plus élevées sont situées sur le territoire de la municipalité de Petit-Saguenay. Vrai  Faux
- F** Quelques sources naturelles ponctuelles ont été localisées sur le secteur du Bas-Saguenay lors des travaux du PACES-SLSJ. Vrai  Faux
- F** La zone potentielle de suintement en bordure de la rivière Saguenay correspond à une zone de résurgence de l'eau souterraine. Vrai  Faux
- M** Les zones de recharge préférentielle correspondent au sommet des collines. Vrai  Faux
- M** Comment sont délimitées les zones de recharge préférentielles?





## 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.

## Méthode utilisée

- La vulnérabilité a été évaluée pour le premier milieu aquifère rencontré depuis la surface sur des mailles de 250 m x 250 m par 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, soit des degrés de vulnérabilité allant de faible à élevé selon la classification du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (MDDELCC, 2014) :
  - « Faible » : indice de 100 ou moins,
  - « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180,
  - « Élevé » : indice de 180 ou plus.

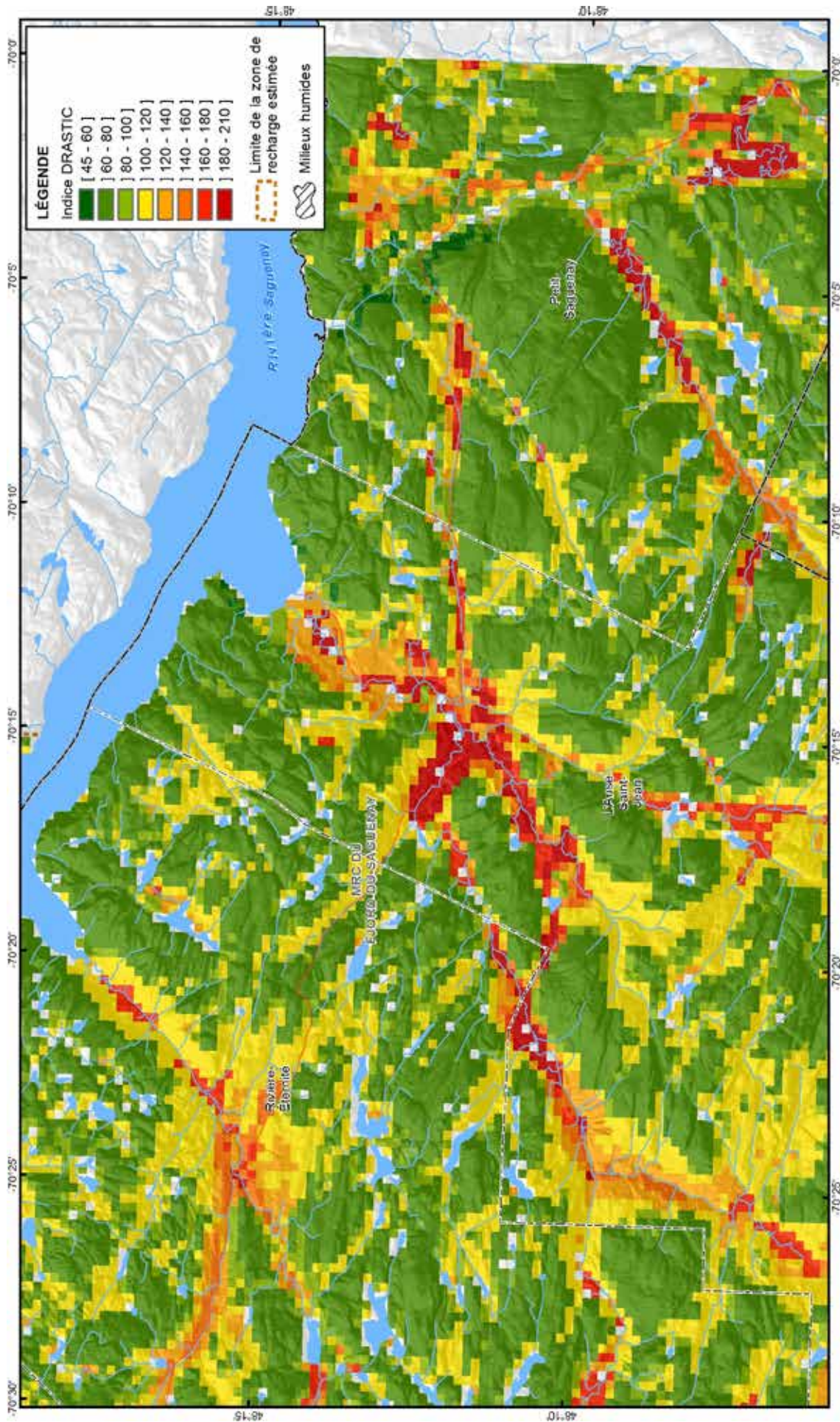
## Interprétation pour le secteur du Bas-Saguenay

- Les dépôts d'origine fluvioglaciaire qui se retrouvent à la surface du terrain apparaissent comme les plus vulnérables.
- À l'inverse, les dépôts de surface plus fins (argile et silt) et les affleurements rocheux présentent la vulnérabilité la plus faible.
- Les milieux humides présentent un indice de vulnérabilité très élevé qui est en partie attribué aux valeurs de la recharge maximale imposées par la méthode.

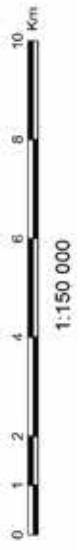


- F** Les zones de vulnérabilité « faible » coïncident avec les vallées et les zones de vulnérabilité « élevée » avec les sommets des collines.  
Vrai  Faux
- F** La route 170 est érigée majoritairement sur des zones à vulnérabilité « élevée ».  
Vrai  Faux
- M** Les milieux aquifères ayant un petit indice DRASTIC sont tout de même susceptibles de se voir affecter par une contamination.  
Vrai  Faux
- F** Pourquoi les zones de vulnérabilité « élevée » coïncident-elles avec les vallées?  
**M** Pourquoi la vulnérabilité est-elle généralement faible sur le secteur du Bas-Saguenay?





**Vulnérabilité de l'aquifère situé le plus près de la surface**  
**SECTEUR DU BAS-SAGUENAY**



## Définition

- La qualité de l'eau 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.

## Méthode utilisée

- Dans le cadre du PACES-SLSJ, 354 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 161 provenant d'aquifères de roc fracturé et 193 de dépôts meubles. Les paramètres suivants ont été analysés :

- Antimoine (Sb)
- Arsenic (As)
- Baryum (Ba)
- Bore (B)
- Cadmium (Cd)
- Chrome (Cr)
- Fluorures (F)
- Nitrites/Nitrates (NO<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>)
- Plomb (Pb)
- Sélénium (Se)
- Uranium (U)

## Interprétation pour la région du SLSJ

- Sur l'ensemble du territoire du SLSJ, les dépassements de CMA suivants ont été relevés :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nb de dépassements de la CMA	Proportion des échantillons	Norme fondée sur :
Baryum (Ba)	1,0 mg/L	1	< 1 %	Maladies cardiovasculaires et augmentation de la pression artérielle
Fluorures (F)	1,5 mg/L	52	16 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)

- Le dépassement en baryum provient d'un milieu aquifère de roc fracturé. Son origine est présumée naturelle.
- Les concentrations en fluorures sont plus fortes et plus nombreuses dans les milieux aquifères de roc cristallin. Leur origine est présumée naturelle.



**F** Aucun dépassement en baryum n'a été observé dans le secteur du Bas-Saguenay.

Vrai  Faux

**M** Globalement, l'eau souterraine du SLSJ est potable et présente peu de risque pour la santé humaine.

Vrai  Faux

**F** Des dépassements en fluorures n'ont été observés que dans la municipalité de Petit-Saguenay.

Vrai  Faux

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

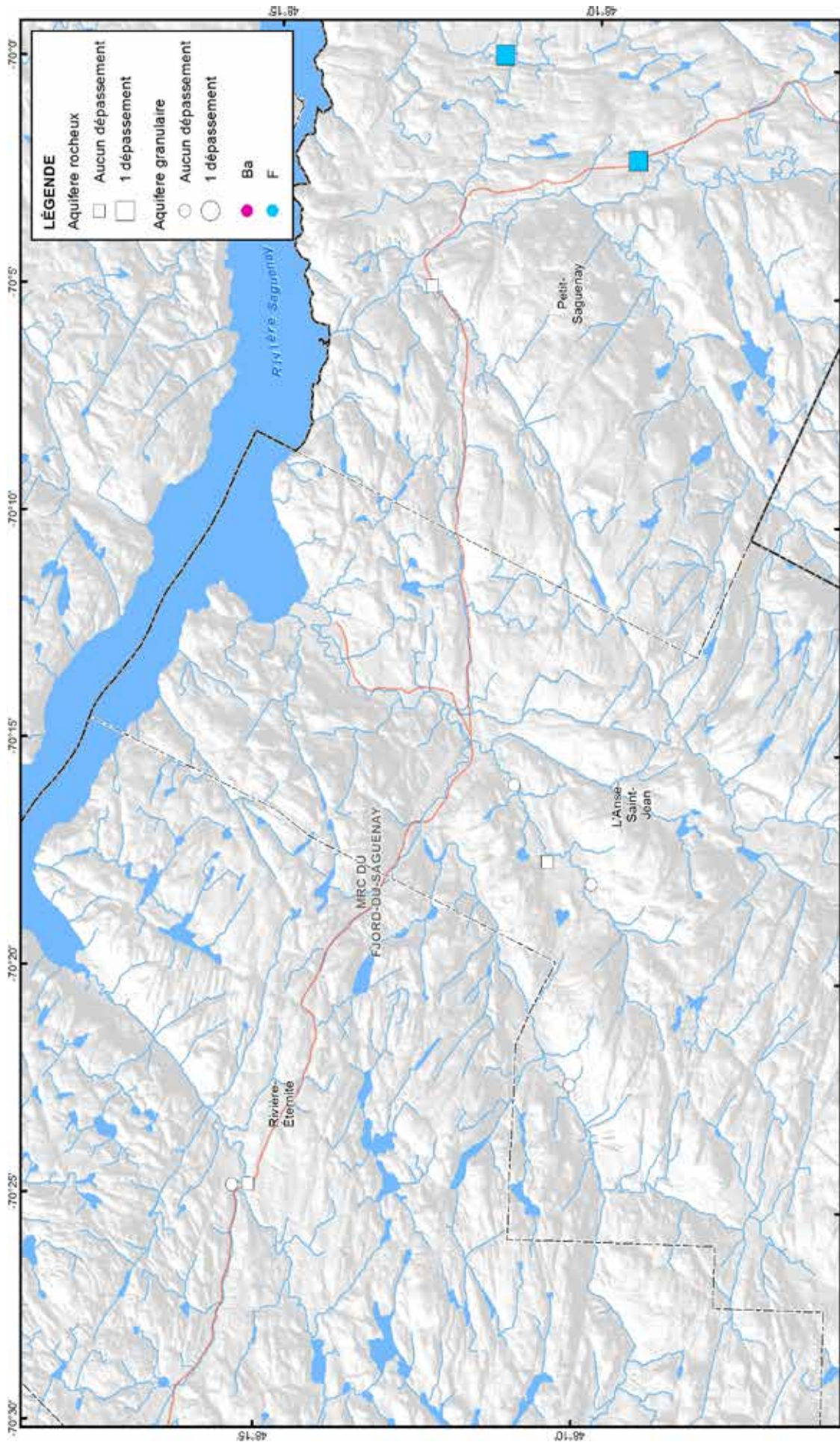
**M** Pourquoi les dépassements en baryum sont-ils problématiques?

**M** Les activités humaines seraient responsables des dépassements des normes pour l'eau potable.

Vrai  Faux







**Qualité de l'eau en fonction des concentrations maximales acceptables (CMA)**  
**SECTEUR DU BAS-SAGUENAY**



# 42 Qualité de l'eau – Critères esthétiques

## Définition

- Les objectifs esthétiques (OE) sont des recommandations concernant les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus 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.



**OBJECTIFS  
ETHÉTIQUES,**  
page 18

## Méthode utilisée

- Dans le cadre du PACES-SLSJ, 354 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 161 provenant d'aquifères de roc fracturé et 193 de dépôts meubles. Les paramètres suivants ont été analysés :
  - Aluminium (Al)
  - Chlorures (Cl)
  - Cuivre (Cu)
  - Dureté totale (CaCO<sub>3</sub>)
  - Fer (Fe)
  - Manganèse (Mn)
  - Matière dissoute totale (MDT)
  - pH
  - Sodium (Na)
  - Sulfates (SO<sub>4</sub>)
  - Sulfures (H<sub>2</sub>S)
  - Température
  - Zinc (Zn)

## Interprétation pour la région du SLSJ

- Sur l'ensemble du territoire du SLSJ, les dépassements d'OE suivants ont été relevés :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nb de dépassements de l'OE	Proportion des échantillons	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/L	6	2 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/l	23	7 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale (CaCO <sub>3</sub> )	≤ 200 mg/l	51	17 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/L	44	14 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/L	73	25 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	≤ 500 mg/L	40	13 %	Goût et entartrage
Sodium (Na)	≤ 200 mg/L	20	6 %	Goût
pH	entre 6,5 et 8,5	110	35 %	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	≤ 0,05 mg/L	11	73 %*	Goût et odeur
Température	≤ 15 °C	5	2 %	Effets sur la désinfection, la corrosion et la formation de films biologiques dans le réseau

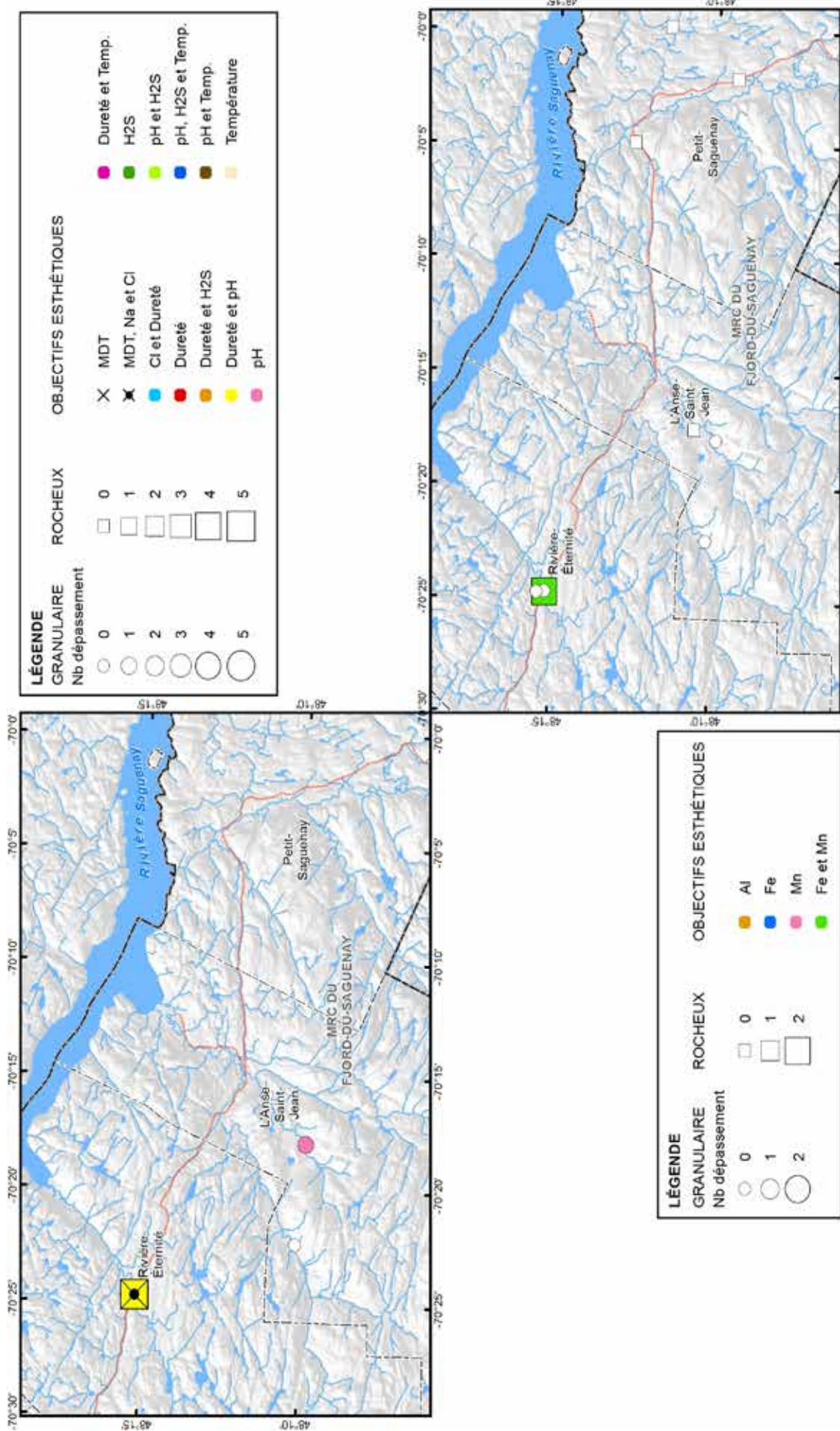
\* Les sulfures n'ont été analysés que pour 15 échantillons qui avaient de fortes odeurs de soufre (œuf pourri). C'est pourquoi la proportion des échantillons présentant un dépassement d'OE est si élevée.

- Leau souterraine de la région est majoritairement du type bicarbonaté et correspond généralement à une eau douce de très bonne qualité.
- Leau souterraine du type chloruré, à salinité élevée, est plus marginale et est concentrée dans les basses terres, à proximité du lac Saint-Jean. Elle est accompagnée de dépassements en sodium, en calcium en dureté et en matière dissoute totale.
- Leau souterraine est légèrement acide dans les milieux aquifères granulaires (pH < 6,5 pour 1 échantillon sur 4) et légèrement basique dans les milieux aquifères fracturés (pH > 8,5 pour 1 échantillon sur 4).
- Les dépassements pour le fer et le manganèse sont souvent associés et sont observés un peu partout sur le territoire.
- Leau douce est plus propice à contenir des sulfures, notamment dans le milieu aquifère de roc fracturé.



- F** Un seul dépassement d'OE est observé par puits.  Vrai  Faux
- F** Tous les paramètres ayant un objectif esthétique ont été mesurés pour chacun des échantillons.  Vrai  Faux
- F** L'aluminium n'est pas un paramètre problématique dans le secteur du Bas-Saguenay.  Vrai  Faux
- M** Les dépassements d'OE proviennent tous du milieu aquifère de roc fracturé.  Vrai  Faux
- M** Quel est le nombre maximal de dépassements d'OE pour un seul échantillon parmi tous ceux récoltés?
- M** Pourquoi les dépassements en dureté sont-ils problématiques?





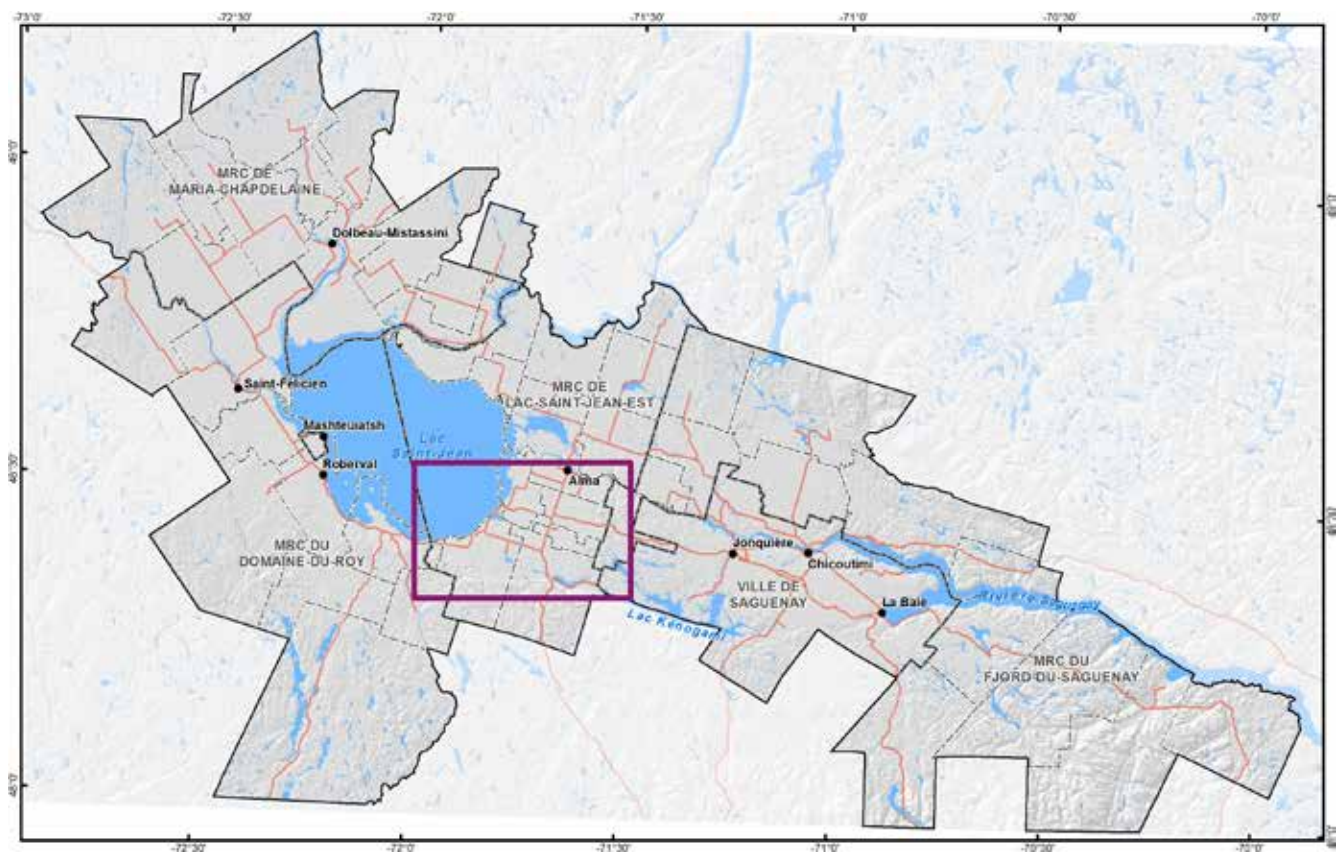
1:300 000





# 4. Les caractéristiques hydrogéologiques des basses terres

## 4.1 Cas du secteur Lac-Saint-Jean Est



# Limites des milieux aquifères de roc fracturé

## Définition

- Lorsque la roche est suffisamment fracturée, elle constitue un milieu aquifère dans lequel des puits peuvent être aménagés pour exploiter l'eau souterraine. L'aptitude de ces aquifères à libérer de l'eau dépend donc de l'ouverture des fractures et de l'interconnexion entre les diverses fractures qui constituent le réseau.
- Les linéaments représentent des dépressions topographiques linéaires pouvant représenter des failles ou des zones de fractures. Ils sont dans certains cas accentués par l'érosion différentielle suite au passage du glacier. Les failles et leurs bordures fracturées peuvent contribuer à un écoulement plus efficace de l'eau souterraine. Le roc peut ainsi être localement un meilleur aquifère.



**AQUIFÈRE**, page 12,  
**ROC FRACTURÉ**,  
**AQUIFÈRE DE ROC**  
**FRACTURÉ**, page 14

## Méthode utilisée

- Les informations sur la lithologie (type de roche) et les failles proviennent d'une compilation de plusieurs cartes géologiques intégrées dans le Système d'information géominière du Québec (SIGEOM). Les différents types de roche ont été regroupés en grandes classes. La délimitation des calcaires a fait l'objet d'une réinterprétation à la lumière des résultats des données de forages du projet PACES-SLSJ.
- Les linéaments sont interprétés par analyse du relief à partir du modèle numérique d'altitude (MNA). Leur tracé, issu d'une interprétation visuelle, est dépendant du jugement et des connaissances de l'observateur.

## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Est

- Il y a deux types de milieux aquifères de roc fracturé : le roc sédimentaire (calcaire) et le roc cristallin.
- Les valeurs de transmissivité des milieux aquifères de roc calcaire sont faibles ( $10^{-5}$  à  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s), mais demeurent parmi les plus élevées des milieux aquifères de roc fracturé.
- La valeur moyenne de transmissivité des milieux aquifères de roc cristallin est de l'ordre de  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s.
- Le calcaire enfoui sous d'importantes accumulations de dépôts meubles est moins sujet à développer des structures karstiques contrairement aux roches calcaires exposées en surface, comme par exemple dans les environs de la municipalité de Chambord.



**F** Le secteur Lac-Saint-Jean Est contient deux types de milieux aquifères de roc fracturé.

Vrai  Faux

**F** Le calcaire domine le secteur Lac-Saint-Jean Est.

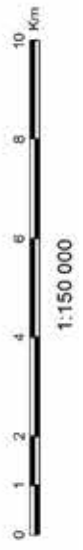
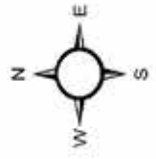
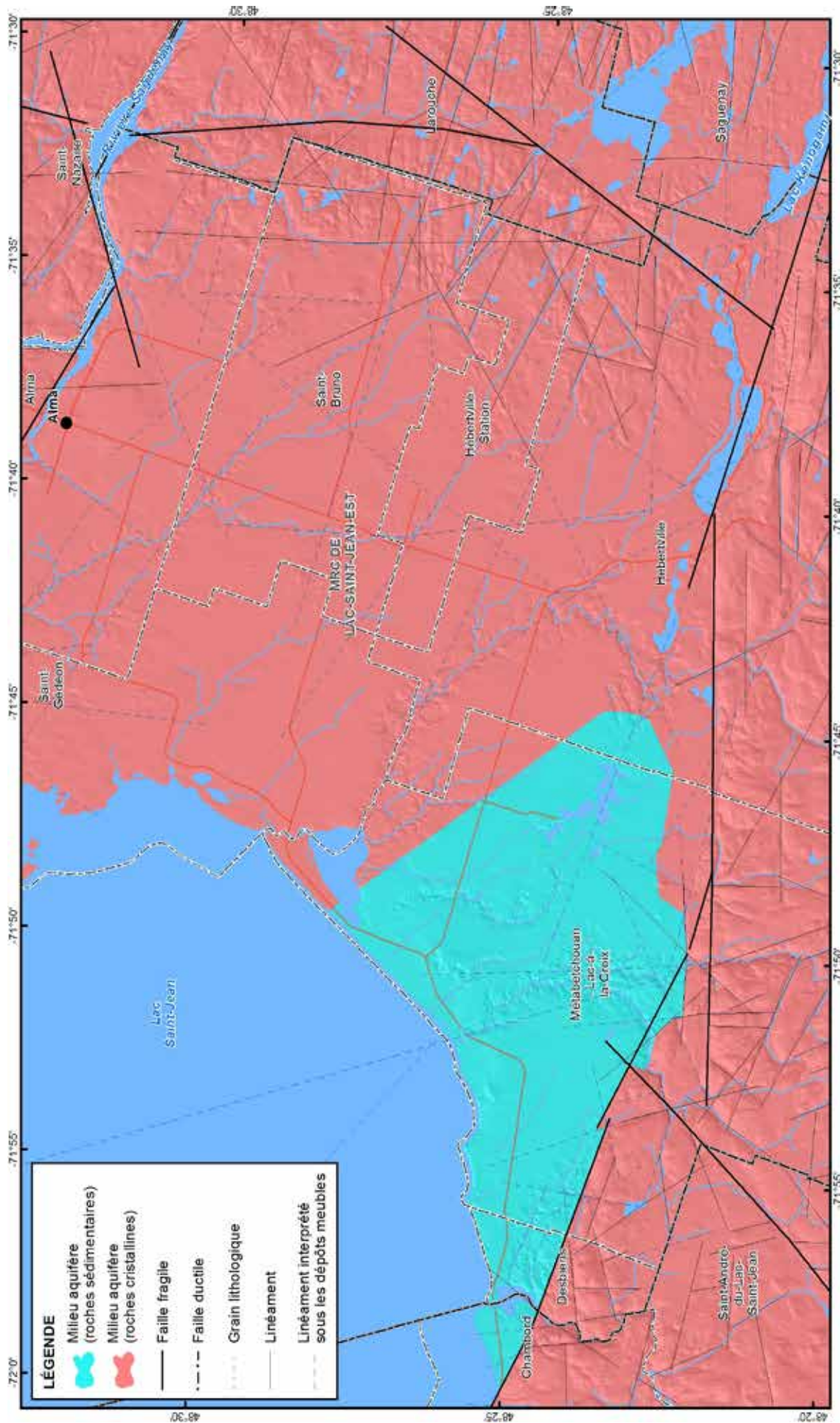
Vrai  Faux

**D** À l'aide de cette carte, il est possible de déterminer quel type de roche (sédimentaire ou cristallin) constitue le milieu aquifère ayant le meilleur potentiel aquifère.

Vrai  Faux

**M** À quelle structure physiographique est associée la suite de failles orientées ONO-ESE au sud du secteur Lac-Saint-Jean Est?





**Limites régionales des milieux aquifères fracturés  
SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**



# 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), peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un aquitard. Les informations sur l'épaisseur des dépôts meubles peuvent aussi s'avérer utiles dans d'autres domaines que l'hydrogéologie comme la construction d'infrastructures et le transport.

## Méthode utilisée

- L'épaisseur totale des dépôts meubles a été estimée par interpolation sur des mailles de 250 m X 250 m. Les données d'épaisseur proviennent des forages virtuels issus des coupes stratigraphiques, celles-ci ayant été interprétées à partir des affleurements rocheux et des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de donnée géophysique. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la quantité et de la répartition des données à proximité.

## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Est

- D'importantes accumulations de dépôts meubles, communément supérieures à 25 m d'épaisseur, sont observées dans les basses terres.
- La limite du mur sud Graben du Saguenay est bien marquée par la zone allongée d'accumulations de 55 m et plus, entre les lacs Kénogami et Saint-Jean.



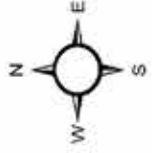
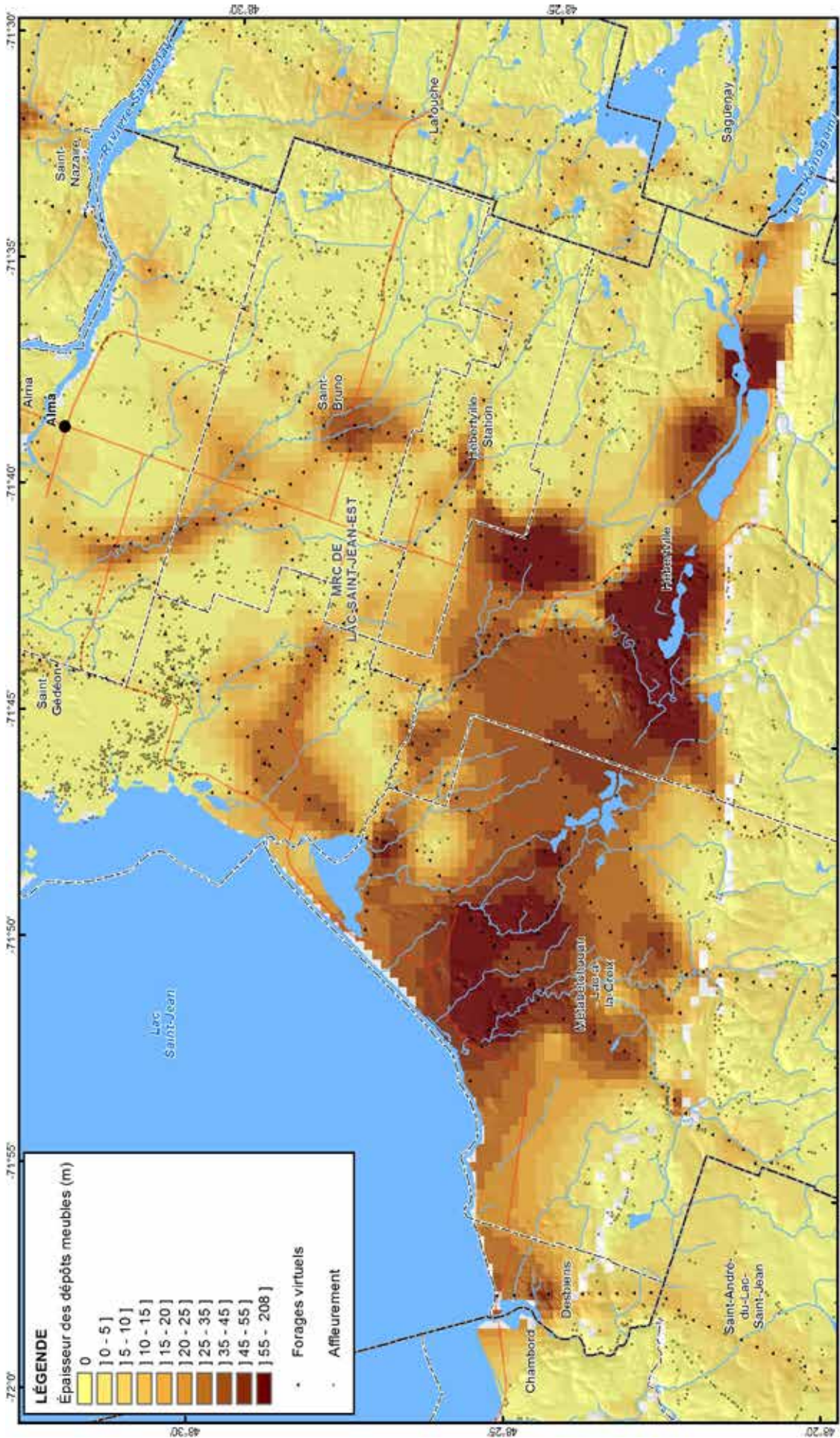
**DÉPÔTS  
MEUBLES**, page 14



- F** On retrouve des dépôts meubles très épais dans la municipalité de Saint-Bruno. Vrai  Faux
- F** La ville d'Alma repose sur peu de dépôts meubles. Vrai  Faux
- D** Les données de forages virtuels ayant servi à estimer l'épaisseur des dépôts meubles sont réparties uniformément sur le territoire. La fiabilité de l'estimation de l'épaisseur des dépôts meubles est donc partout très bonne. Vrai  Faux

- F** Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur du Lac-Saint-Jean Est et quelle est cette épaisseur approximative?
- M** Est-ce que la carte de l'épaisseur des dépôts meubles permet de localiser les milieux aquifères de dépôts meubles (expliquez votre raisonnement)?
- D** Est-ce que la topographie de surface influence de manière importante l'épaisseur des dépôts meubles dans le secteur du Lac-Saint-Jean Est (expliquez votre raisonnement)?





**Épaisseur des dépôts meubles  
SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**



## Définition

- **Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules grossières** (sable et gravier), il forme un aquifère. Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable. Le pompage de débits importants devient alors possible.
- **Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules fines** (argile et silt), il forme un aquitard. Plus les pores sont petits, moins ils sont interconnectés et moins le dépôt meuble est perméable. L'aquitard agit comme barrière naturelle à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.
- La délimitation des milieux aquifères en lien avec celle des milieux imperméables permet de déterminer les **conditions de confinement**.



**AQUIFÈRE,**  
**AQUITARD,** page  
12, **AQUIFÈRE DE**  
**DÉPÔTS MEUBLES,**  
page 14, **TYPES DE**  
**DÉPÔTS MEUBLES,**  
page 15

## Méthode utilisée

- Les unités sédimentaires qui composent les dépôts meubles ont été groupées selon leur granulométrie (sédiments fins, sables ou gravier) et leur position par rapport à l'unité d'argile de la mer Laflamme. L'interprétation en coupe des données stratigraphiques issues des affleurements rocheux et des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de levé géophysique, permet d'évaluer l'étendue verticale et horizontale des dépôts meubles et la superposition des milieux aquifères.

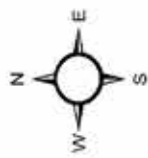
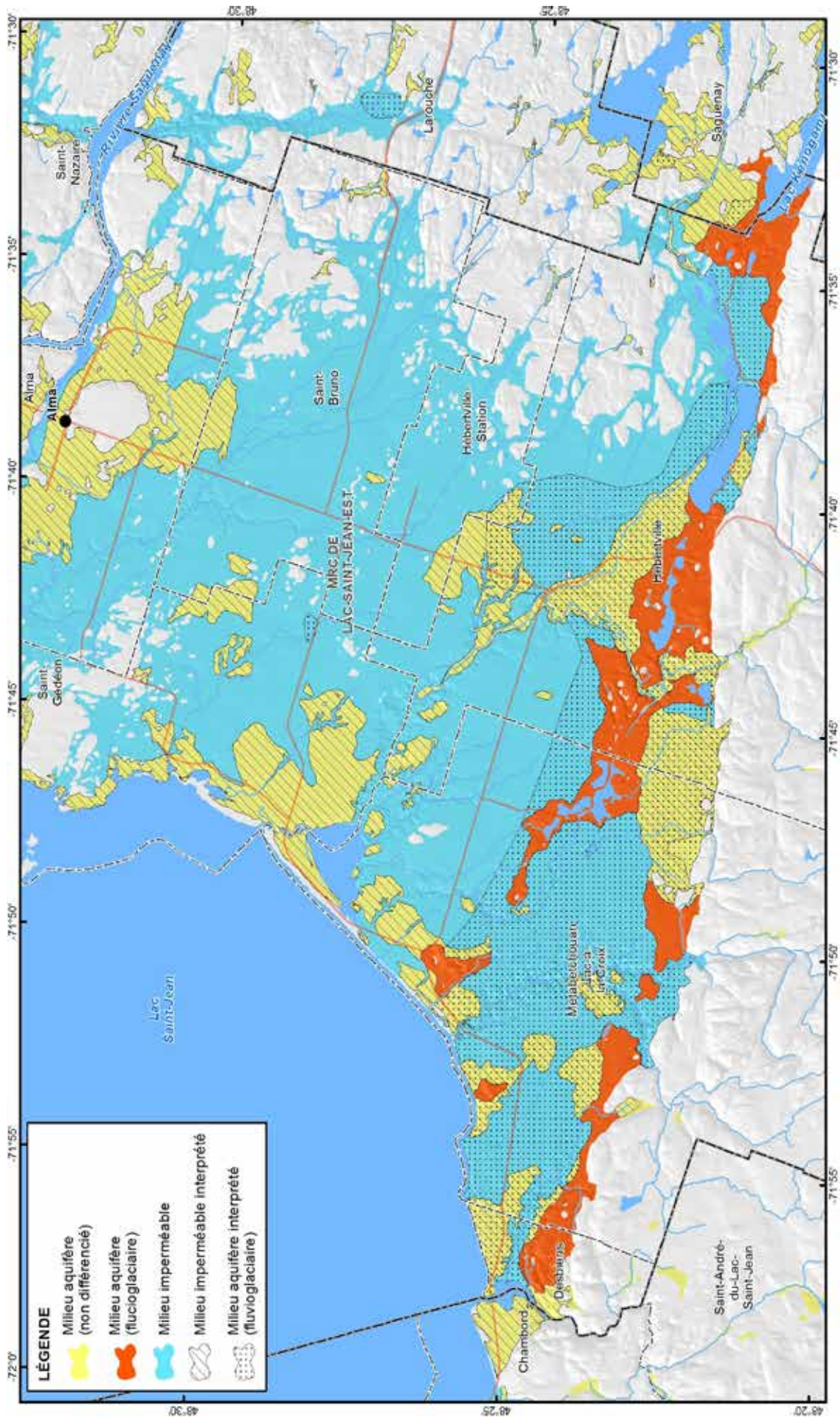
## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Est

- Milieux aquifères de sédiments deltaïques (non différencié) :
  - Composés de sables hétérogènes,
  - Se retrouvent en surface, parfois superposées à l'argile marine,
  - Comprennent toujours une nappe libre,
  - Valeurs de transmissivité variables,
  - Peu ou pas exploités dans ce secteur.
- Milieux imperméables (aquitard) de sédiments glaciomarins :
  - Composés d'argile de la mer de Laflamme,
  - Considérés continus à l'intérieur des basses terres,
  - Peuvent séparer l'aquifère superficiel de sédiments deltaïques de l'aquifère enfoui de sédiments fluvioglaciaires,
  - Le till reposant parfois directement sur le socle rocheux agit souvent comme les sédiments fins marins et confine l'aquifère de roc.
- Milieux aquifères de sédiments fluvioglaciaires :
  - Composés de sable, gravier et blocs,
  - Retrouvés à la base des séquences de dépôts meubles,
  - Souvent confinés par les sédiments fins de la mer marins, présentant alors des conditions artésiennes,
  - Affleurent parfois et contiennent une nappe libre pouvant accueillir une recharge préférentielle,
  - Valeurs de transmissivité élevées,
  - Susceptibles de contenir des quantités appréciables d'eau,
  - La plupart des municipalités y puisent leur eau.

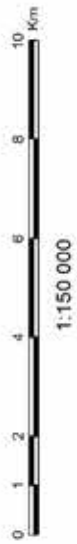


- F** Les argiles de la mer Laflamme recouvrent majoritairement les basses terres et confinent les milieux aquifères sous-jacents.  
Vrai  Faux
- F** La municipalité d' Hébertville-Station comprend de vastes aquifères granulaires.  
Vrai  Faux
- M** On ne retrouve pas de milieux imperméables sous les milieux aquifères de sédiments non différenciés.  
Vrai  Faux
- D** On retrouve des aquifères doubles contenant deux nappes distinctes dans la municipalité de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix.  
Vrai  Faux
- M** Pourquoi la présence d'un milieu aquifère interprété sur la carte n'assure-t-elle pas la présence d'un aquifère ayant un bon potentiel d'exploitation?
- D** Quelle séquence verticale de dépôts meubles peut-on reconstituer à partir de cette carte?





**Limites régionales des milieux aquifères des dépôts meubles**  
**SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**



## Définition

- Le niveau piézométrique correspond à l'élévation que le niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits atteint pour être en équilibre avec la pression atmosphérique.
- Tout comme la carte topographique l'est pour l'élévation du sol, la carte piézométrique représente l'élévation de la nappe dans un aquifère. 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.

## Méthode utilisée

- La densité spatiale des 2 634 puits où un niveau d'eau a été mesuré est jugée trop faible pour établir un portrait régional satisfaisant des niveaux d'eau. Puisque l'hydrographie est assimilée à un « affleurement » de la surface des nappes souterraines, la piézométrie indifférenciée entre les aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée en interpolant, sur de mailles de 250 m X 250 m, les élévations de l'hydrographie.
- Les courbes isopiézométriques (de même niveau) sont présentées avec une équidistance de 10 m dans les basses terres et 20 m dans les hautes terres.

## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Est

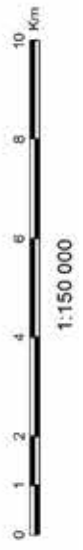
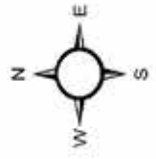
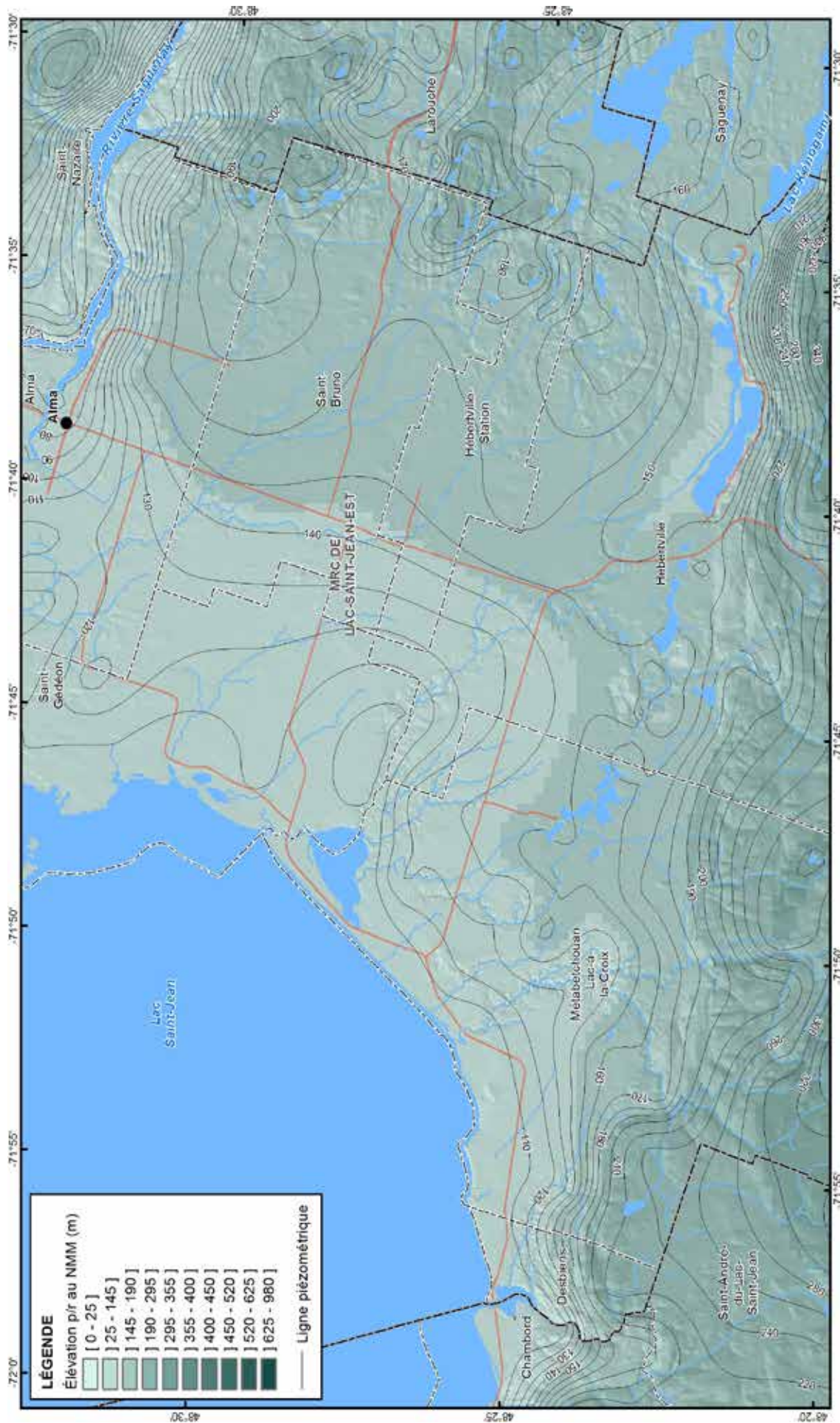
- 95 % des niveaux d'eau mesurés dans les puits sont inférieures à 20 m de profondeur par rapport à la surface.
- L'élévation des niveaux piézométriques fluctue entre 100 et 340 m sur le secteur Lac-Saint-Jean Est.
- Les niveaux piézométriques les plus bas sont observés au niveau de la plaine argileuse, à des altitudes inférieures à 300 m.
- À l'échelle régionale, l'écoulement se fait généralement depuis les hauts topographiques vers les bas topographiques occupés par la plaine argileuse et le réseau hydrographique de surface.



- F** On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés dans la municipalité de Saint-Gédéon. Vrai  Faux
- F** L'eau souterraine qui s'écoule sur le territoire de la municipalité de Saint-Bruno provient généralement de la municipalité de Larouche. Vrai  Faux
- F** Plus on s'approche du lac Saint-Jean et plus les pentes sont fortes. Vrai  Faux
- M** Le lac Saint-Jean, le lac Kénogami et la rivière Saguenay constituent l'exutoire de l'eau souterraine dans le secteur Lac-Saint-Jean Est. Vrai  Faux
- F** Quelle est la variation maximale du niveau piézométrique observé sur ce secteur d'étude?
- 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  
SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**

1:150 000



# Recharge préférentielle et résurgence

## Définition

- La **recharge** correspond à la quantité d'eau qui alimente l'aquifère depuis l'infiltration de 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.
- Les **résurgences** sont des décharges en surface de l'eau souterraine dans les milieux humides, dans les cours d'eau, aux sources et aux faces de suintement. Les résurgences peuvent se produire lorsque le niveau de la nappe d'un aquifère dépasse le niveau de la surface du sol. Dans le cadre du PACES-SLSJ seules les sources d'origine naturelle sont considérées.



**RECHARGE,  
RÉSURGENCE,**  
page 16

## Méthode utilisée

- La recharge annuelle (mm/an) a été estimée en tous points sur le territoire sur des mailles de 250 m x 250 m, par la méthode du bilan hydrique, en soustrayant l'évapotranspiration et le ruissellement des précipitations (pluie et fonte de neige). Les précipitations ont été interpolées des données météorologiques tandis que les estimations de l'évapotranspiration et du ruissellement ont été calculées à partir d'équations empiriques intégrant plusieurs donneurs sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés du sol.
- Seules les valeurs de recharge dans les zones préférentielles, soit les parties du territoire où l'on retrouve les plus grandes capacités d'infiltration de l'eau, sont illustrées sur la carte. Elles représentent les zones où le rapport de la recharge annuelle sur les précipitations est le plus élevé.
- L'absence de valeurs de recharge à l'endroit des « mares » n'exprime pas une recharge nulle, mais une lacune inhérente à la méthode de calcul utilisée.

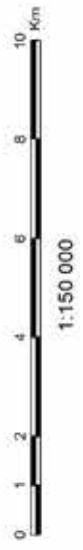
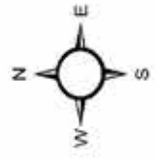
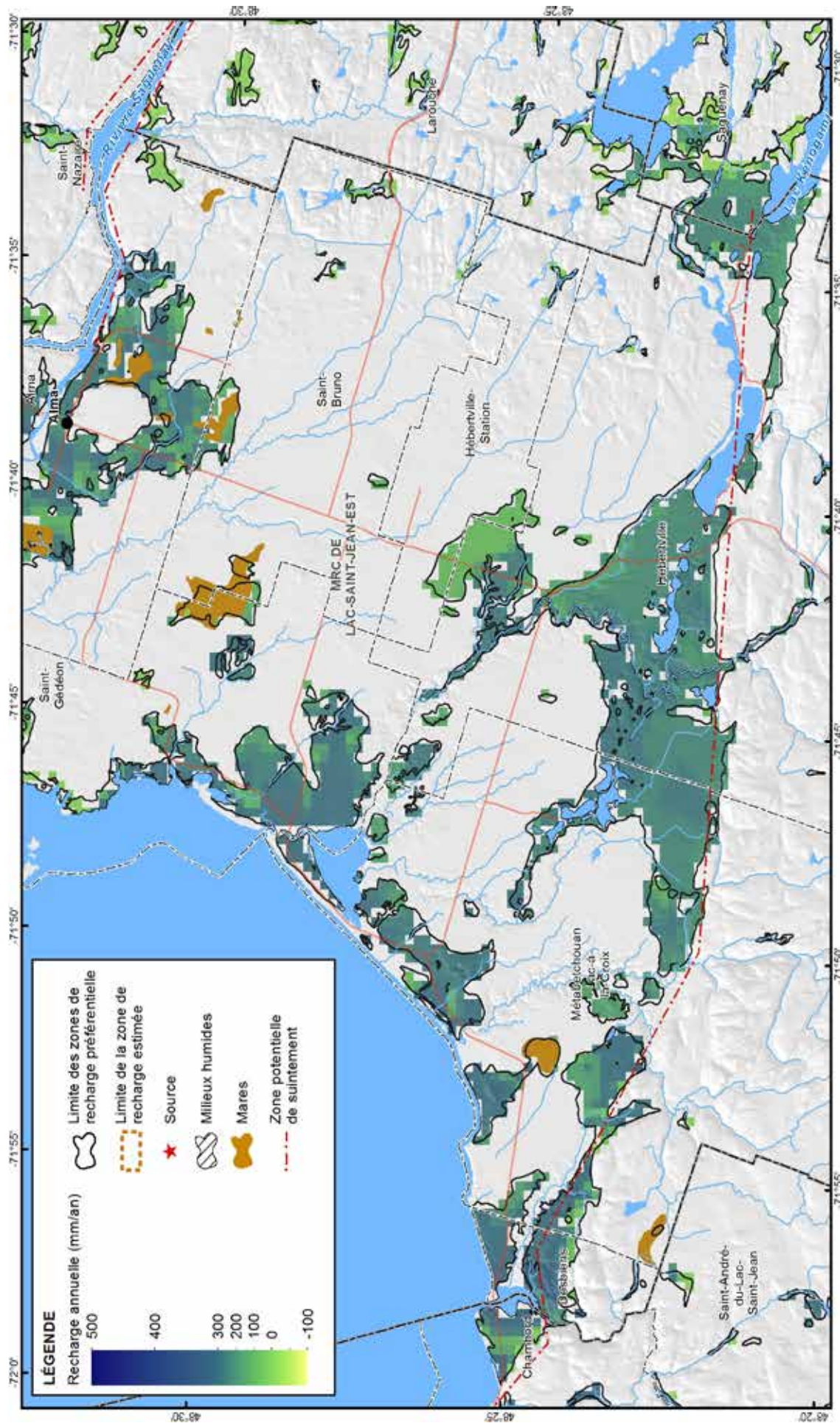
## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Est

- Les valeurs de recharge annuelle sont intermédiaires, de l'ordre de 100 à 300 mm/an.
- Aucun recensement des sources n'a été réalisé à ce jour et aucune source (naturelle) n'a été localisée lors des campagnes de terrain du PACES-SLSJ.
- Des zones de suintement ont été observées sur des falaises près de la rivière Saguenay et près du mur sud du Graben du Saguenay.



- F** La municipalité de Saint-Bruno repose majoritairement sur des zones préférentielles de recharge. Vrai  Faux
- M** Les mares identifiées en orange sur la carte correspondent à des zones où la recharge est maximale. Vrai  Faux
- M** Les zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont localisées où l'argile marine ou bien le socle rocheux affleurent en surface. Vrai  Faux
- M** Les zones de suintement sont localisées à la base de pentes fortes, là où il y a rupture de pente. Vrai  Faux
- M** Les milieux aquifères situés au droit des zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont-ils tout de même alimentés par l'infiltration de surface?
- D** Comment les eaux souterraines sont-elles en lien avec les milieux humides?





**Zones de recharge préférentielle et de résurgence  
SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**



## 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.

## Méthode utilisée

- La vulnérabilité a été évaluée pour le premier milieu aquifère rencontré depuis la surface sur des mailles de 250 m x 250 m par 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, soit des degrés de vulnérabilité allant de faible à élevé selon la classification du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (MDDELCC, 2014) :
  - « Faible » : indice de 100 ou moins,
  - « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180,
  - « Élevé » : indice de 180 ou plus.

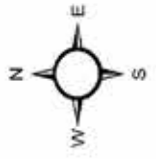
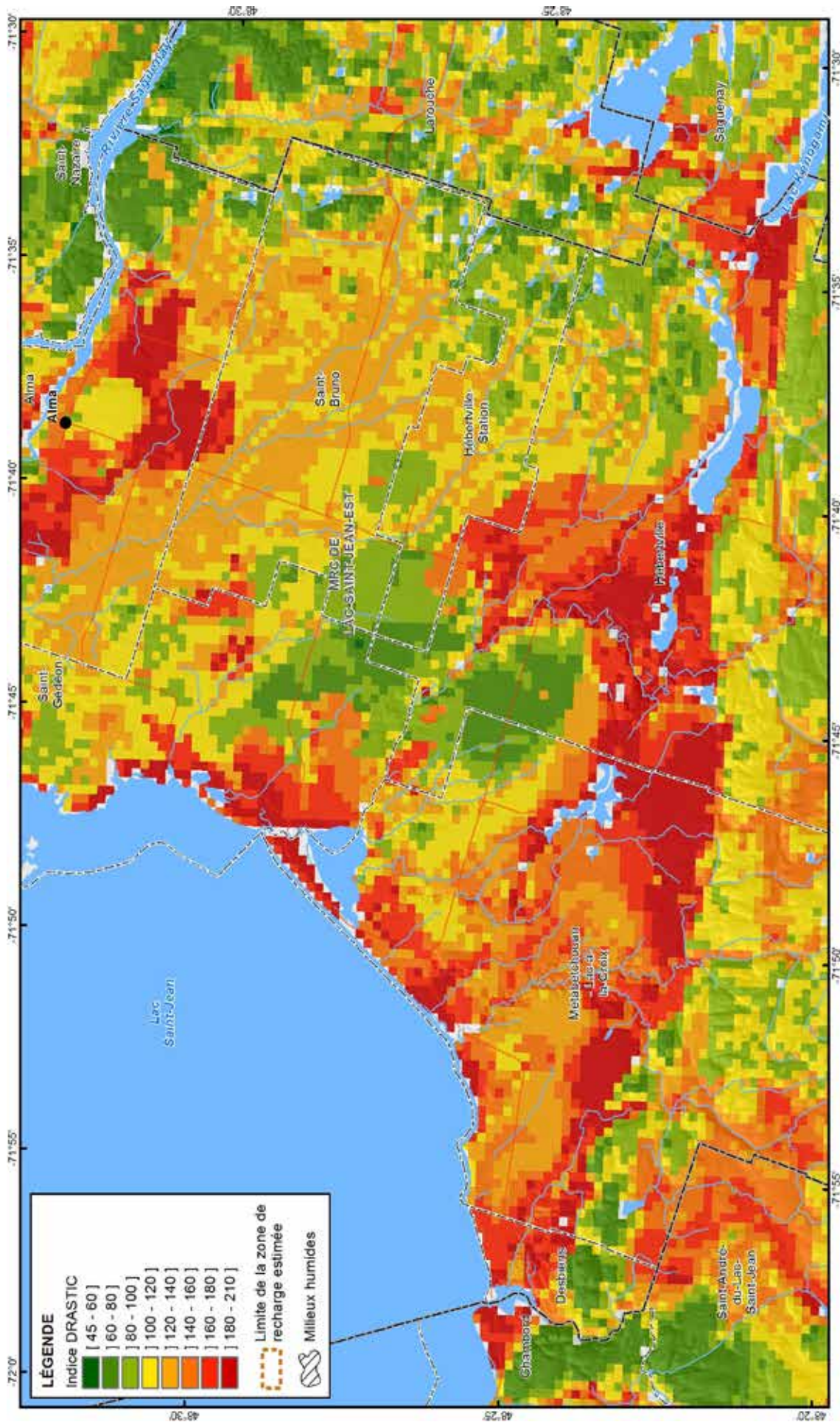
## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Est

- Les dépôts d'origine fluvioglacière qui se retrouvent à la surface du terrain, entre les lacs Kénogami et Saint-Jean, apparaissent comme les plus vulnérables.
- À l'inverse, les dépôts de surface plus fins (argile et silt) et les affleurements rocheux présentent la vulnérabilité la plus faible.
- Les milieux humides présentent un indice de vulnérabilité très élevé qui est en partie attribué aux valeurs de la recharge maximale imposées par la méthode.



- F** La vulnérabilité est très variée pour l'ensemble des municipalités du secteur Lac-Saint-Jean Est.  
Vrai  Faux
- F** Les secteurs de vulnérabilité « élevée » sont très rares sur le secteur Lac-Saint-Jean Est.  
Vrai  Faux
- M** Les zones aux vulnérabilités les plus faibles correspondent exclusivement à des zones ayant une épaisse couverture d'argiles imperméables.  
Vrai  Faux
- D** Cette carte permet de déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits.  
Vrai  Faux
- M** Pourquoi est-ce que la vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé est peu connue sur le secteur Lac-Saint-Jean Est?
- D** Qu'est-ce qui semble le plus influencer la vulnérabilité sur le secteur Lac-Saint-Jean Est et dans la région en général?





**Vulnérabilité de l'aquifère situé le plus près de la surface**  
**SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**



## Définition

- La qualité de l'eau 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.

## Méthode utilisée

- Dans le cadre du PACES-SLSJ, 354 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 161 provenant d'aquifères de roc fracturé et 193 de dépôts meubles. Les paramètres suivants ont été analysés :

- Antimoine (Sb)
- Bore (B)
- Arsenic (As)
- Cadmium (Cd)
- Baryum (Ba)
- Chrome (Cr)
- Fluorures (F)
- Sélénium (Se)
- Nitrites/Nitrates (NO<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>)
- Uranium (U)
- Plomb (Pb)

## Interprétation pour la région du SLSJ

- Sur l'ensemble du territoire du SLSJ, les dépassements de CMA suivants ont été relevés :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nb de dépassements de la CMA	Proportion des échantillons	Norme fondée sur :
Baryum (Ba)	1,0 mg/L	1	< 1 %	Maladies cardiovasculaires et augmentation de la pression artérielle
Fluorures (F)	1,5 mg/L	52	16 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)

- Le dépassement en baryum provient d'un milieu aquifère de roc fracturé. Son origine est présumée naturelle.
- Les concentrations en fluorures sont plus fortes et plus nombreuses dans les milieux aquifères de roc cristallin. Leur origine est présumée naturelle.



- F** Aucun dépassement en baryum n'a été observé dans le secteur Lac-Saint-Jean Est.  
 Vrai  Faux
- F** D'après la carte, l'eau souterraine de la municipalité de Saint-Bruno semble particulièrement de bonne qualité.  
 Vrai  Faux
- M** Les dépassements en fluorures du secteur Lac-Saint-Jean Est proviennent tous des milieux aquifères rocheux.  
 Vrai  Faux

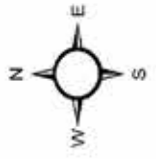
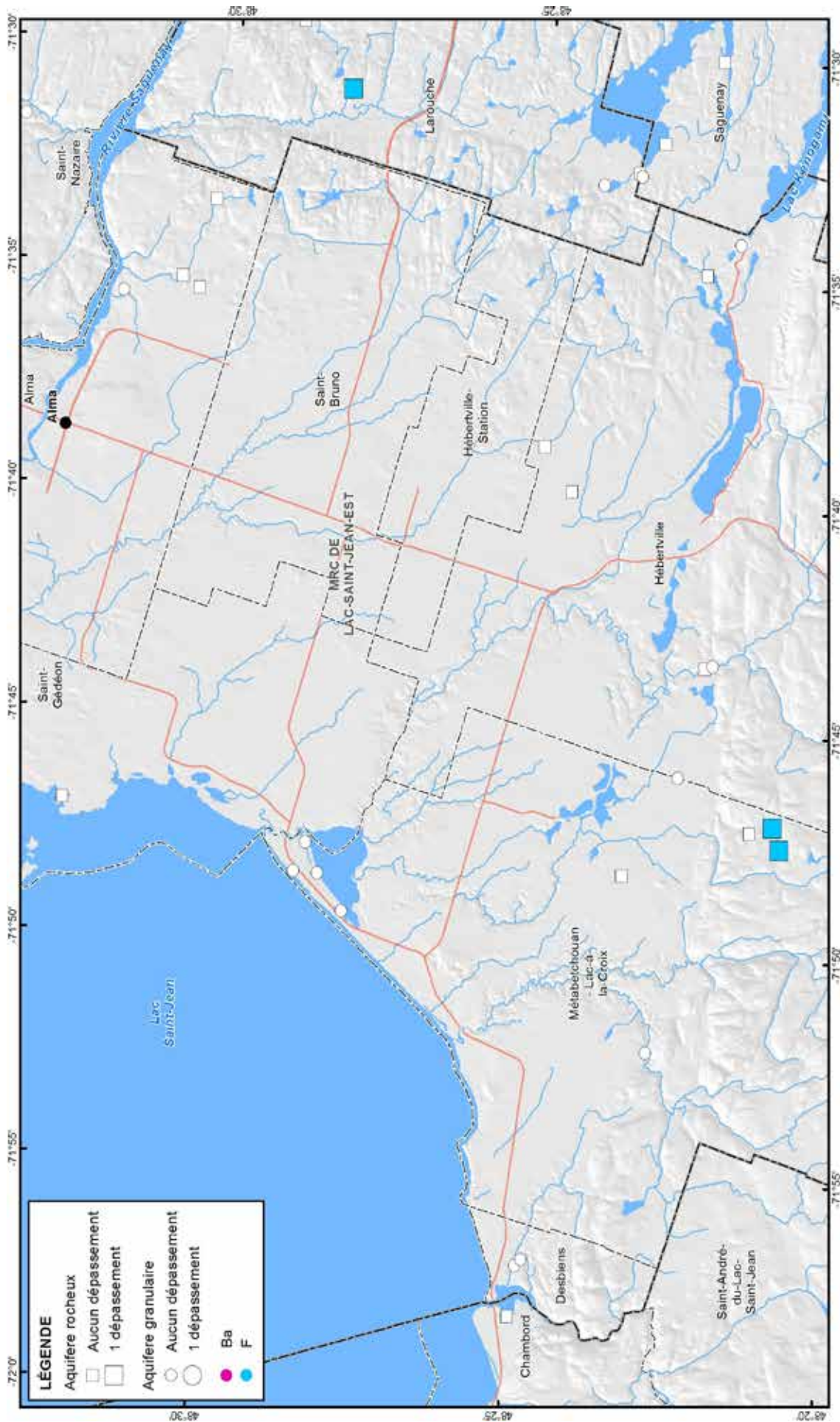
- M** Les échantillons d'eau analysés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique, de pesticide ou d'hydrocarbure n'existe sur le territoire.  
 Vrai  Faux

- D** Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits, est-ce que l'eau peut être consommée sans subir de traitement?

- D** Bien qu'aucune ou très peu de problématiques liées à l'eau potable n'aient été identifiées, est-il approprié de recommander un suivi de la qualité de l'eau potable dans les puits utilisés pour l'alimentation en eau potable?







**Qualité de l'eau en fonction des concentrations maximales acceptables (CMA)**

**SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**



# Qualité de l'eau – Critères esthétiques

## Définition

- Les objectifs esthétiques (OE) sont des recommandations concernant les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus 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.



**OBJECTIFS  
ETHÉTIQUES,**  
page 18

## Méthode utilisée

- Dans le cadre du PACES-SLSJ, 354 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 161 provenant d'aquifères de roc fracturé et 193 de dépôts meubles. Les paramètres suivants ont été analysés :
  - Aluminium (Al)
  - Chlorures (Cl)
  - Cuivre (Cu)
  - Dureté totale (CaCO<sub>3</sub>)
  - Fer (Fe)
  - Manganèse (Mn)
  - Matière dissoute totale (MDT)
  - pH
  - Sodium (Na)
  - Sulfates (SO<sub>4</sub>)
  - Sulfures (H<sub>2</sub>S)
  - Température
  - Zinc (Zn)

## Interprétation pour la région du SLSJ

- Sur l'ensemble du territoire du SLSJ, les dépassements d'OE suivants ont été relevés :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nb de dépassements de l'OE	Proportion des échantillons	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/L	6	2 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/l	23	7 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale (CaCO <sub>3</sub> )	≤ 200 mg/l	51	17 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/L	44	14 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/L	73	25 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	≤ 500 mg/L	40	13 %	Goût et entartrage
Sodium (Na)	≤ 200 mg/L	20	6 %	Goût
pH	entre 6,5 et 8,5	110	35 %	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	≤ 0,05 mg/L	11	73 %*	Goût et odeur
Température	≤ 15 °C	5	2 %	Effets sur la désinfection, la corrosion et la formation de films biologiques dans le réseau

\* Les sulfures n'ont été analysés que pour 15 échantillons qui avaient de fortes odeurs de soufre (œuf pourri). C'est pourquoi la proportion des échantillons présentant un dépassement d'OE est si élevée.

- Leau souterraine de la région est majoritairement du type bicarbonaté et correspond généralement à une eau douce de très bonne qualité.
- Leau souterraine du type chloruré, à salinité élevée, est plus marginale et est concentrée dans les basses terres, à proximité du lac Saint-Jean. Elle est accompagnée de dépassements en sodium, en calcium en dureté et en matière dissoute totale.
- Leau souterraine est légèrement acide dans les milieux aquifères granulaires (pH < 6,5 pour 1 échantillon sur 4) et légèrement basique dans les milieux aquifères fracturés (pH > 8,5 pour 1 échantillon sur 4).
- Les dépassements pour le fer et le manganèse sont souvent associés et sont observés un peu partout sur le territoire.
- Leau douce est plus propice à contenir des sulfures, notamment dans le milieu aquifère de roc fracturé.



**F** Tous les échantillons récoltés présentent un dépassement d'OE.

**M** Les aquifères granulaires semblent présenter nettement plus de problématiques d'OE que les aquifères de roc fracturé.

**M** Le secteur présente plusieurs dépassements de Fe.

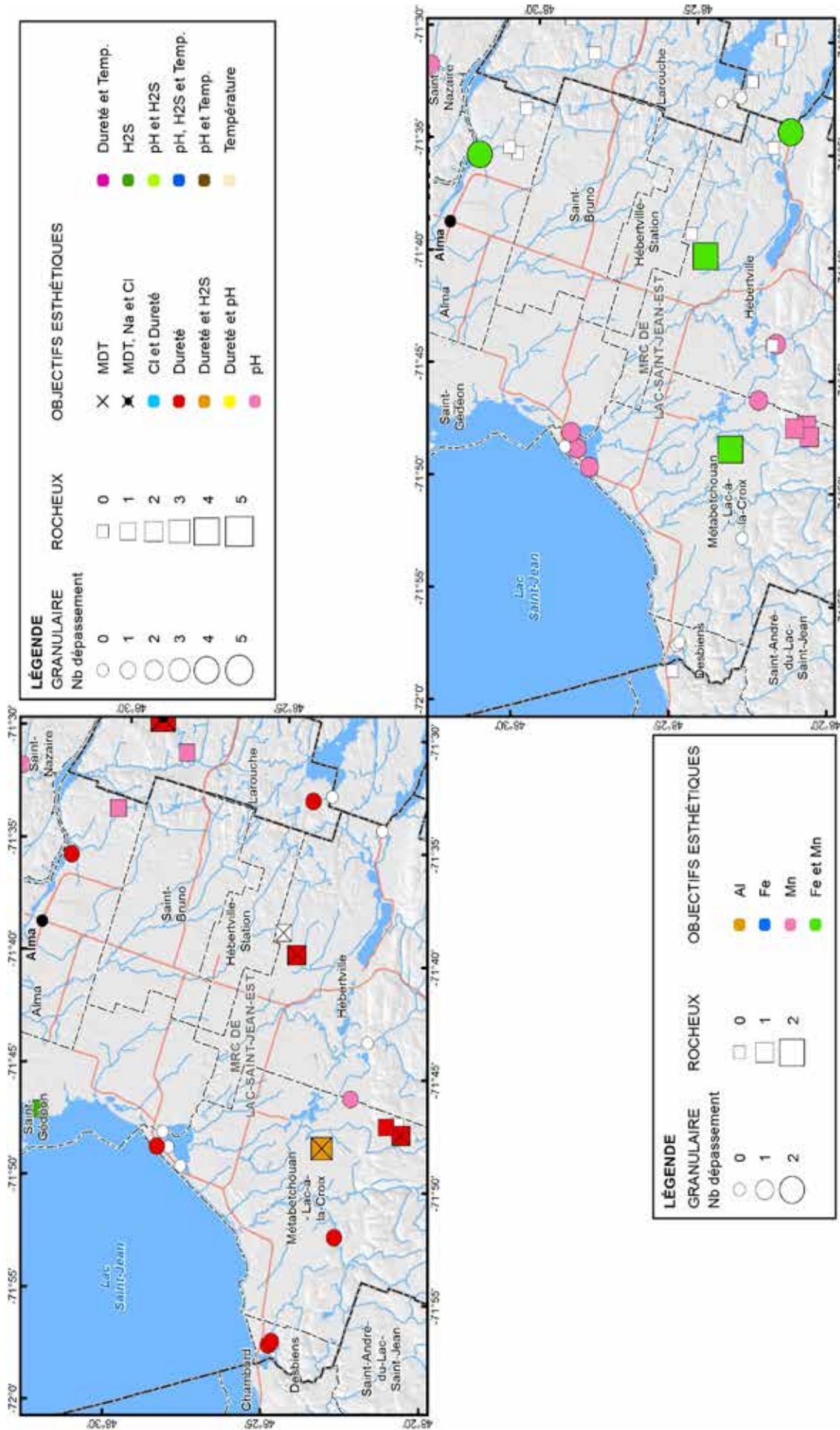
**D** Le secteur présente un échantillon d'eau de type chloruré, à salinité élevée.

**D** Le quart des échantillons d'eau analysés au SLSJ présentent un dépassement en manganèse. Quel(s) problème(s) cela représente-t-il pour la consommation en eau potable?

**D** Pourquoi retrouve-t-on parfois des eaux à salinité élevée dans les basses terres, près du lac Saint-Jean?

Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>
Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>
Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>
Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>





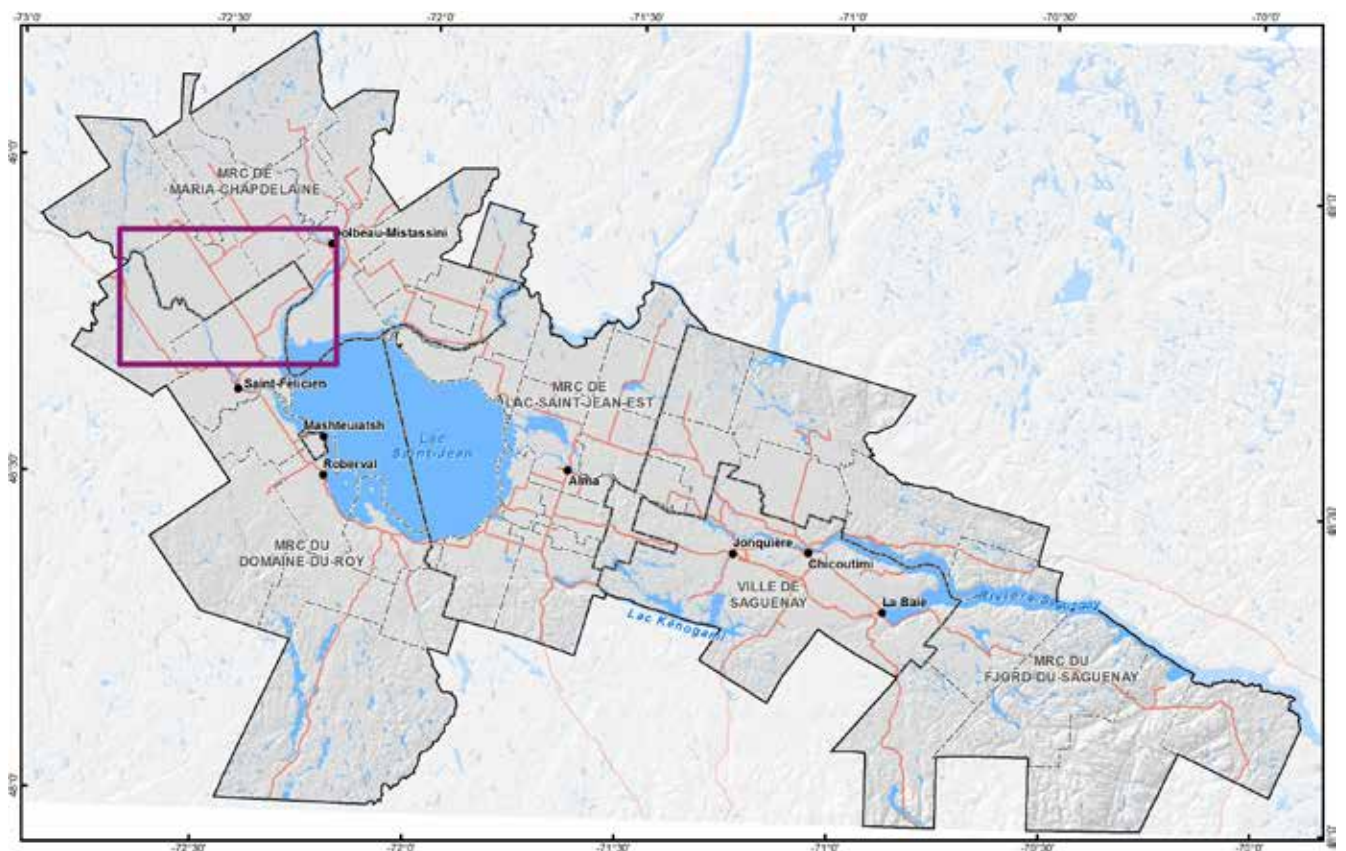
### Qualité de l'eau en fonction des objectifs esthétiques (OE)





# 4. Les caractéristiques hydrogéologiques des basses terres

## 4.2 Cas du secteur Lac-Saint-Jean Ouest



# Limites des milieux aquifères de roc fracturé

## Définition

- Lorsque la roche est suffisamment fracturée, elle constitue un milieu aquifère dans lequel des puits peuvent être aménagés pour exploiter l'eau souterraine. L'aptitude de ces aquifères à libérer de l'eau dépend donc de l'ouverture des fractures et de l'interconnexion entre les diverses fractures qui constituent le réseau.
- Les linéaments représentent des dépressions topographiques linéaires pouvant représenter des failles ou des zones de fractures. Ils sont dans certains cas accentués par l'érosion différentielle suite au passage du glacier. Les failles et leurs bordures fracturées peuvent contribuer à un écoulement plus efficace de l'eau souterraine. Le roc peut ainsi être localement un meilleur aquifère.



**AQUIFÈRE**, page 12,  
**ROC FRACTURÉ**,  
**AQUIFÈRE DE ROC**  
**FRACTURÉ**, page 14

## Méthode utilisée

- Les informations sur la lithologie (type de roche) et les failles proviennent d'une compilation de plusieurs cartes géologiques intégrées dans le Système d'information géominière du Québec (SIGEOM). Les différents types de roche ont été regroupés en grandes classes. La délimitation des calcaires a fait l'objet d'une réinterprétation à la lumière des résultats des données de forages du projet PACES-SLSJ.
- Les linéaments sont interprétés par analyse du relief à partir du modèle numérique d'altitude (MNA). Leur tracé, issu d'une interprétation visuelle, est dépendant du jugement et des connaissances de l'observateur.

## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest

- Il y a deux types de milieux aquifères de roc fracturé : le roc sédimentaire (calcaire) et le roc cristallin.
- Les valeurs de transmissivité des milieux aquifères de roc calcaire sont faibles ( $10^{-5}$  à  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s), mais demeurent parmi les plus élevées des milieux aquifères de roc fracturé.
- La valeur moyenne de transmissivité des milieux aquifères de roc cristallin est de l'ordre de  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s.
- Le potentiel aquifère des formations rocheuses du secteur a été en partie démontré par l'utilisation de l'eau souterraine à des fins d'alimentation en eau potable par la Ville de Saint-Félicien, qui possède un puits captant l'eau dans les roches calcaires.



**F** Le secteur Lac-Saint-Jean Ouest contient deux types de milieux aquifères de roc fracturé.

Vrai  Faux

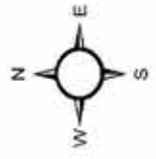
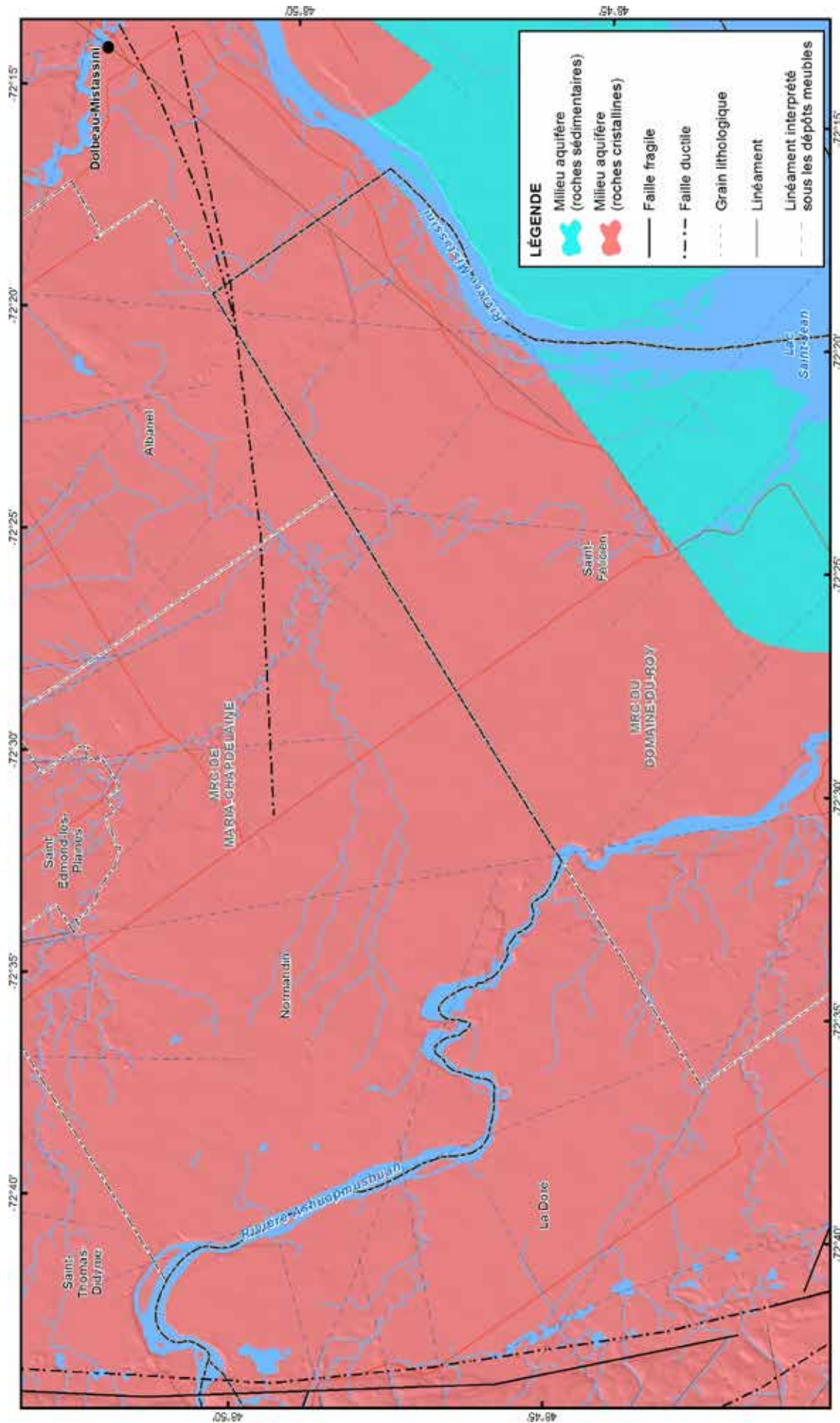
**F** Le territoire de la Ville de Saint-Félicien repose exclusivement sur du roc cristallin.

Vrai  Faux

**D** À l'aide de cette carte, il est possible de déterminer quel type de roche (sédimentaire ou cristallin) constitue le milieu aquifère ayant le meilleur potentiel aquifère.

Vrai  Faux

**M** Souvent, le milieu aquifère de roc fracturé n'est suffisamment perméable que pour permettre l'exploitation de l'eau souterraine par des puits domestiques alimentant des résidences privées. Est-ce le cas pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest?



**Limites régionales des milieux aquifères fracturés  
SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST**





## 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), peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un aquitard. Les informations sur l'épaisseur des dépôts meubles peuvent aussi s'avérer utiles dans d'autres domaines que l'hydrogéologie comme la construction d'infrastructures et le transport.

## Méthode utilisée

- L'épaisseur totale des dépôts meubles a été estimée par interpolation sur des mailles de 250 m X 250 m. Les données d'épaisseur proviennent des forages virtuels issus des coupes stratigraphiques, celles-ci ayant été interprétées à partir des affleurements rocheux et des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de donnée géophysique. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la quantité et de la répartition des données à proximité.

## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest

- D'importantes accumulations de dépôts meubles, communément supérieures à 25 m d'épaisseur, sont observées dans les basses terres.



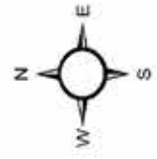
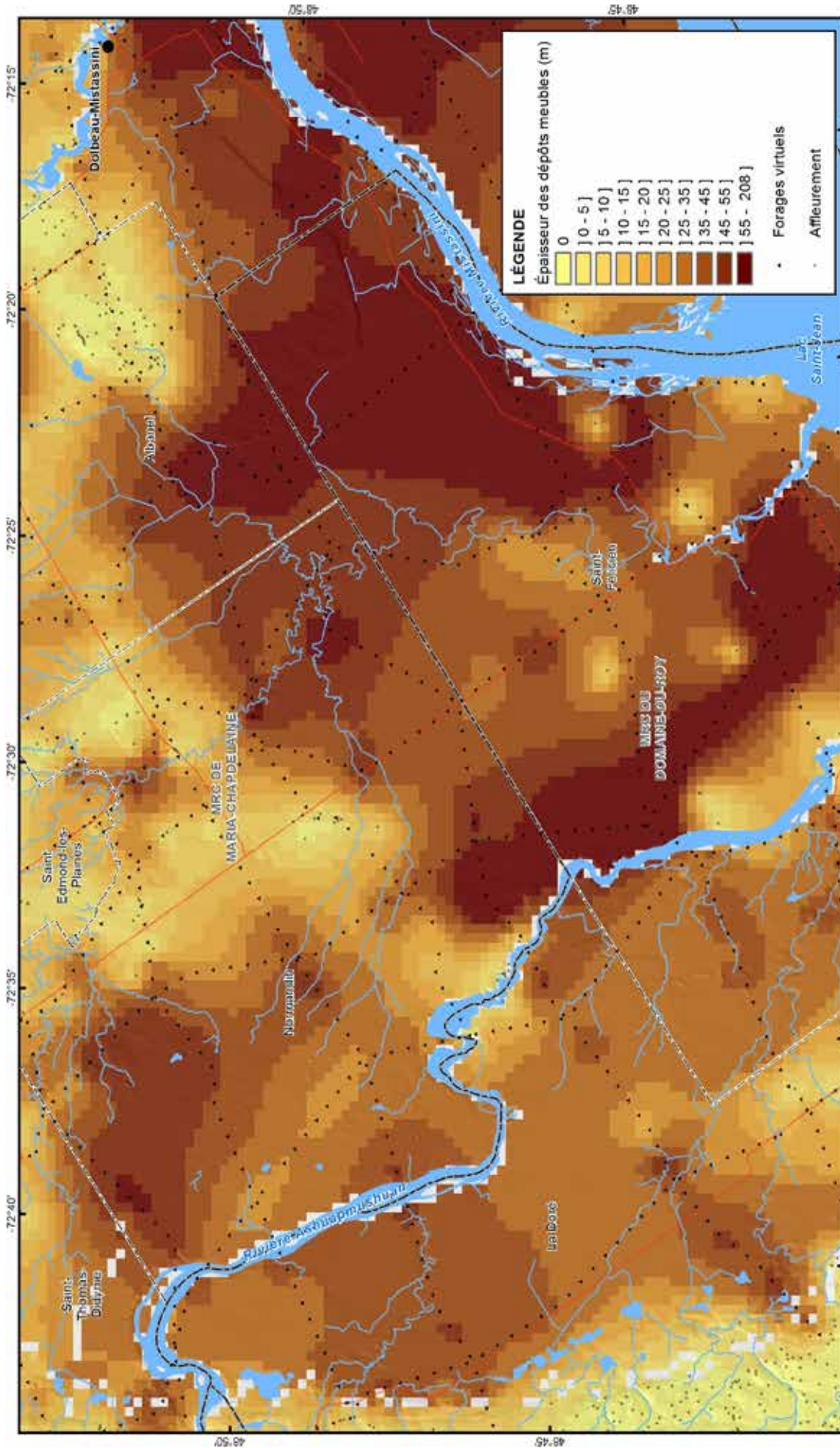
**DÉPÔTS  
MEUBLES**, page 14



- F** La variabilité de l'épaisseur des dépôts meubles est faible sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest. Vrai  Faux
- F** On retrouve les dépôts meubles les plus épais dans la municipalité de La Doré. Vrai  Faux
- D** Les données de forages virtuels ayant servi à estimer l'épaisseur des dépôts meubles sont réparties uniformément sur le territoire. La fiabilité de l'estimation de l'épaisseur des dépôts meubles est donc partout très bonne. Vrai  Faux

- F** Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur du Lac-Saint-Jean Ouest et quelle est cette épaisseur approximative?
- M** Est-ce que la carte de l'épaisseur des dépôts meubles permet de localiser les milieux aquifères de dépôts meubles (expliquez votre raisonnement)?
- D** Est-ce que la topographie de surface influence de manière importante l'épaisseur des dépôts meubles dans le secteur du Lac-Saint-Jean Ouest (expliquez votre raisonnement)?





**Épaisseur des dépôts meubles**  
**SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST**



## Limites des milieux aquifères de dépôts meubles

### Définition

- **Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules grossières** (sable et gravier), il forme un aquifère. Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable. Le pompage de débits importants devient alors possible.
- **Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules fines** (argile et silt), il forme un aquitard. Plus les pores sont petits, moins ils sont interconnectés et moins le dépôt meuble est perméable. L'aquitard agit comme barrière naturelle à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.
- La délimitation des milieux aquifères en lien avec celle des milieux imperméables permet de déterminer les **conditions de confinement**.



**AQUIFÈRE, AQUITARD**, page 12, **AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES**, page 14, **TYPES DE DÉPÔTS MEUBLES**, page 15

### Méthode utilisée

- Les unités sédimentaires qui composent les dépôts meubles ont été groupées selon leur granulométrie (sédiments fins, sables ou gravier) et leur position par rapport à l'unité d'argile de la mer Laflamme. L'interprétation en coupe des données stratigraphiques issues des affleurements rocheux et des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de levé géophysique, permet d'évaluer l'étendue verticale et horizontale des dépôts meubles et la superposition des milieux aquifères.

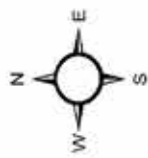
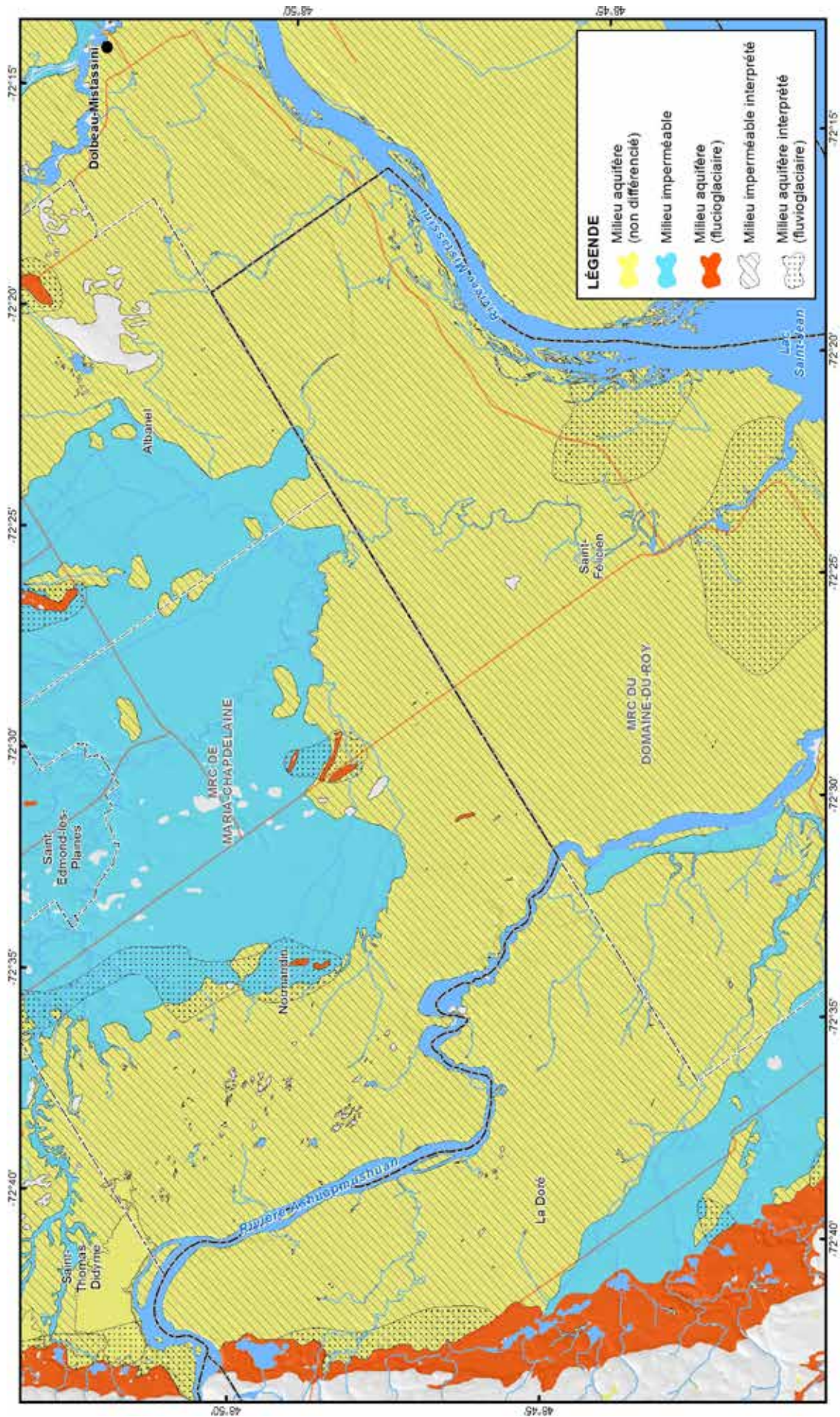
### Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest

- Milieux aquifères de sédiments deltaïques (non différencié) :
  - Composés de sables hétérogènes,
  - Se retrouvent en surface, parfois superposées à l'argile marine,
  - Comprennent toujours une nappe libre,
  - Valeurs de transmissivité variables,
  - Peu ou pas exploités dans ce secteur.
- Milieux imperméables (aquitard) de sédiments glaciomarins :
  - Composés d'argile de la mer de Laflamme,
  - Considérés continus à l'intérieur des basses terres,
  - Peuvent séparer l'aquifère superficiel de sédiments deltaïques de l'aquifère enfoui de sédiments fluvioglaciaux,
  - Le till reposant parfois directement sur le socle rocheux agit souvent comme les sédiments fins marins et confine l'aquifère de roc.
- Milieux aquifères de sédiments fluvioglaciaux :
  - Composés de sable, gravier et blocs,
  - Retrouvés à la base des séquences de dépôts meubles,
  - Souvent confinés par les sédiments fins de la mer marins, présentant alors des conditions artésiennes,
  - Affleurent parfois et contiennent une nappe libre pouvant accueillir une recharge préférentielle,
  - Valeurs de transmissivité élevées,
  - Susceptibles de contenir des quantités appréciables d'eau,
  - La plupart des municipalités y puisent leur eau.

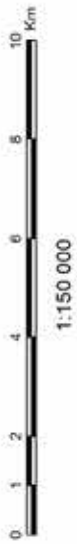


- F** Les argiles de la mer Laflamme recouvrent presque totalement le secteur Lac-Saint-Jean Ouest et confinent les milieux aquifères sous-jacents.
- Vrai  Faux
- F** Le territoire de la municipalité de Normandin est environ à moitié recouvert par les milieux aquifères de sables deltaïques.
- Vrai  Faux
- M** Les milieux aquifères fluvioglaciaux sont toujours en nappe libre dans le secteur Lac-Saint-Jean-Ouest.
- Vrai  Faux
- D** On retrouve des aquifères doubles contenant deux nappes distinctes sur le territoire de la Ville de Saint-Félicien.
- Vrai  Faux
- M** Pourquoi la présence d'un milieu aquifère interprété sur la carte n'assure-t-elle pas la présence d'un aquifère ayant un bon potentiel d'exploitation?
- D** Quelle séquence verticale de dépôts meubles peut-on reconstituer à partir de cette carte?





**Limites régionales des milieux aquifères des dépôts meubles**  
**SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST**





## Définition

- Le niveau piézométrique correspond à l'élévation que le niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits atteint pour être en équilibre avec la pression atmosphérique.
- Tout comme la carte topographique l'est pour l'élévation du sol, la carte piézométrique représente l'élévation de la nappe dans un aquifère. 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.

## Méthode utilisée

- La densité spatiale des 2 634 puits où un niveau d'eau a été mesuré est jugée trop faible pour établir un portrait régional satisfaisant des niveaux d'eau. Puisque l'hydrographie est assimilée à un « affleurement » de la surface des nappes souterraines, la piézométrie indifférenciée entre les aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée en interpolant, sur de mailles de 250 m X 250 m, les élévations de l'hydrographie.
- Les courbes isopiézométriques (de même niveau) sont présentées avec une équidistance de 10 m dans les basses terres et 20 m dans les hautes terres.

## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest

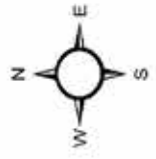
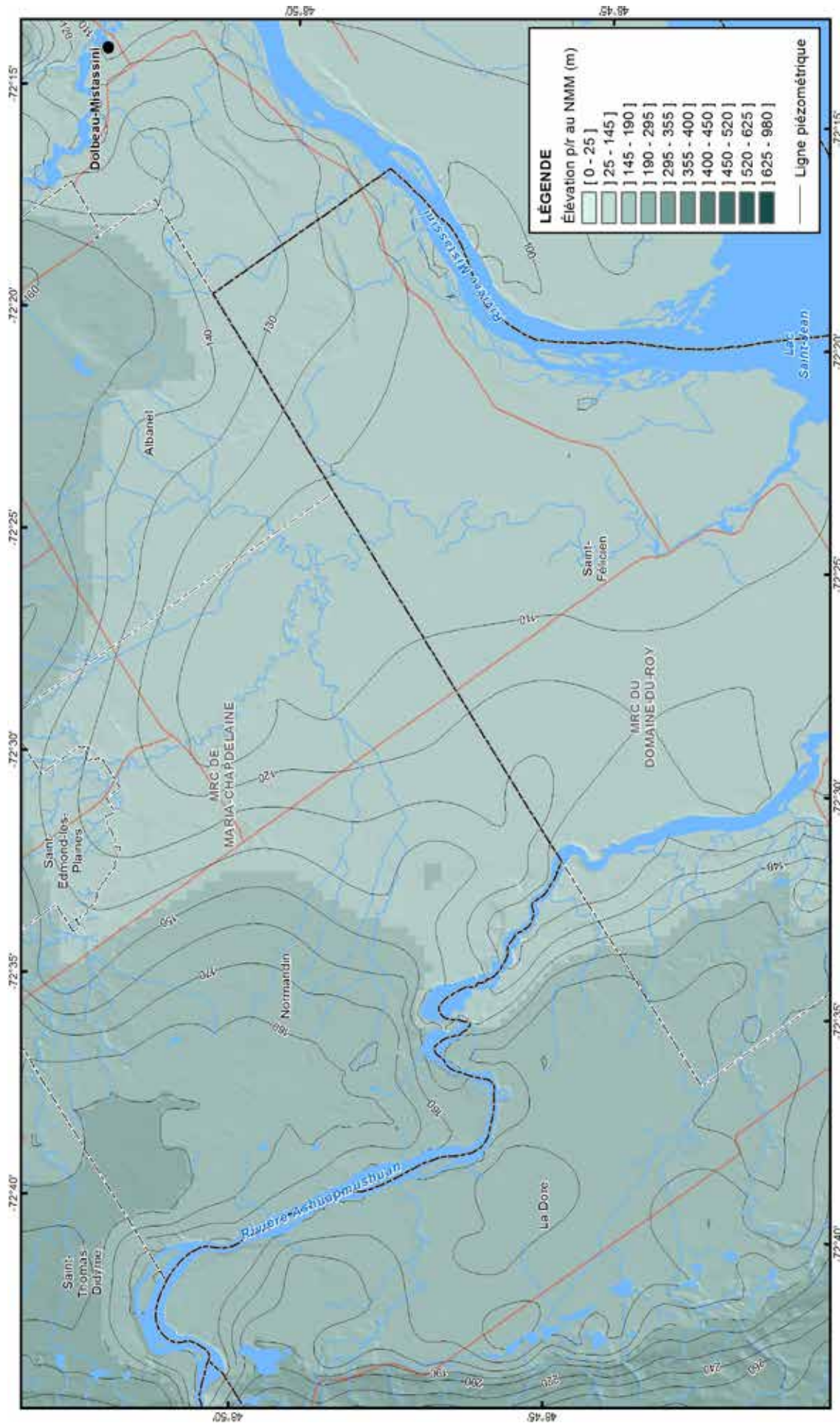
- 95 % des niveaux d'eau mesurés dans les puits sont inférieures à 20 m de profondeur par rapport à la surface.
- L'élévation des niveaux piézométriques fluctue entre 100 et 260 m sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.
- Les niveaux piézométriques les plus bas sont observés au niveau de la plaine argileuse, à des altitudes inférieures à 300 m.
- À l'échelle régionale, l'écoulement se fait généralement depuis les hauts topographiques vers les bas topographiques occupés par la plaine argileuse et le réseau hydrographique de surface.



- F** On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés dans la municipalité d'Albanel. Vrai  Faux
- F** L'eau souterraine qui s'écoule sur le territoire de la Ville de Saint-Félicien provient de plusieurs municipalités environnantes, dont La Doré, Normandin et Albanel. Vrai  Faux
- F** Plus on s'approche du lac Saint-Jean et plus les pentes sont fortes. Vrai  Faux
- M** Les rivières Ashuapmushuan et Mistassini constituent les exutoires de l'eau souterraine dans le secteur Lac-Saint-Jean Ouest. Vrai  Faux
- F** Quelle est la variation maximale du niveau piézométrique observé sur ce secteur d'étude?
- M** Pour une municipalité s'approvisionnant en eau souterraine, pourquoi est-ce important de déterminer le sens d'écoulement de l'eau souterraine?



**NIVEAU  
PIEZOMETRIQUE,  
PIEZOMETRIE,**  
page 16



**Piezométrie régionale**  
**SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST**



# Recharge préférentielle et résurgence

## Définition

- La **recharge** correspond à la quantité d'eau qui alimente l'aquifère depuis l'infiltration de 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.
- Les **résurgences** sont des décharges en surface de l'eau souterraine dans les milieux humides, dans les cours d'eau, aux sources et aux faces de suintement. Les résurgences peuvent se produire lorsque le niveau de la nappe d'un aquifère dépasse le niveau de la surface du sol. Dans le cadre du PACES-SLSJ seules les sources d'origine naturelle sont considérées.



**RECHARGE,**  
**RÉSURGENCE,**  
page 16

## Méthode utilisée

- La recharge annuelle (mm/an) a été estimée en tous points sur le territoire sur des mailles de 250 m x 250 m, par la méthode du bilan hydrique, en soustrayant l'évapotranspiration et le ruissellement des précipitations (pluie et fonte de neige). Les précipitations ont été interpolées des données météorologiques tandis que les estimations de l'évapotranspiration et du ruissellement ont été calculées à partir d'équations empiriques intégrant plusieurs paramètres tels que le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés du sol.
- Seules les valeurs de recharge dans les zones préférentielles, soit les parties du territoire où l'on retrouve les plus grandes capacités d'infiltration de l'eau, sont illustrées sur la carte. Elles représentent les zones où le rapport de la recharge annuelle sur les précipitations est le plus élevé.
- L'absence de valeurs de recharge à l'endroit des « mares » n'exprime pas une recharge nulle, mais une lacune inhérente à la méthode de calcul utilisée.

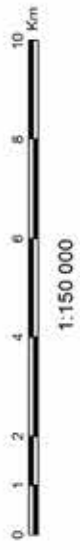
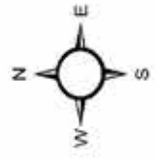
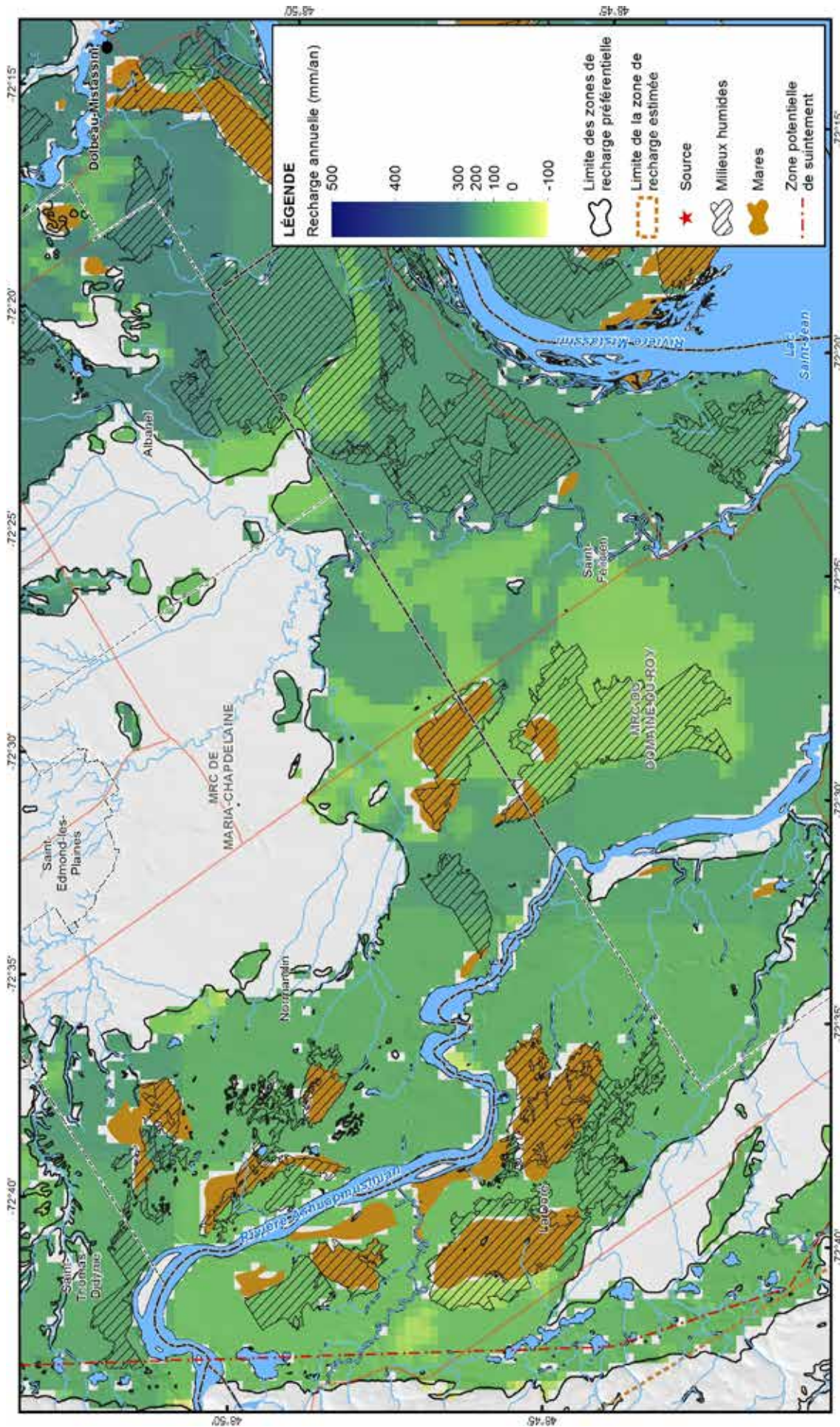
## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest

- Les valeurs de recharge annuelle sont intermédiaires, de l'ordre de 0 à 300 mm/an.
- Aucun recensement des sources n'a été réalisé à ce jour et aucune source (naturelle) n'a été localisée lors des campagnes de terrain du PACES-SLSJ.
- Des zones de suintement ont été observées au droit des fortes pentes délimitant les hautes terres des basses terres.



- F** La portion du territoire de Saint-Edmond-les-Plaines apparaissant sur la carte repose majoritairement sur des zones préférentielles de recharge.  
Vrai  Faux
- M** Les mares identifiées en orange sur la carte correspondent à des zones où la recharge est maximale.  
Vrai  Faux
- M** Les zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont localisées où l'argile marine ou bien le socle rocheux affleurent en surface.  
Vrai  Faux
- M** Les zones de suintement sont localisées à la base de pentes fortes, là où il y a rupture de pente.  
Vrai  Faux
- M** Les milieux aquifères situés au droit des zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont-ils tout de même alimentés par l'infiltration de surface?
- D** Comment les eaux souterraines sont-elles en lien avec les milieux humides?





**Zones de recharge préférentielle et de résurgence**  
**SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST**



## 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.

## Méthode utilisée

- La vulnérabilité a été évaluée pour le premier milieu aquifère rencontré depuis la surface sur des mailles de 250 m x 250 m par 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, soit des degrés de vulnérabilité allant de faible à élevé selon la classification du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (MDDELCC, 2014) :
  - « Faible » : indice de 100 ou moins,
  - « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180,
  - « Élevé » : indice de 180 ou plus.

## Interprétation pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest

- Les grandes plaines deltaïques et les dépôts d'origine fluvioglacière qui se retrouvent à la surface du terrain apparaissent comme les plus vulnérables.
- À l'inverse, les dépôts de surface plus fins (argile et silt) et les affleurements rocheux présentent la vulnérabilité la plus faible.
- Les milieux humides présentent un indice de vulnérabilité très élevé qui est en partie attribué aux valeurs de la recharge maximale imposées par la méthode.



**VULNÉRABILITÉ,**  
**DRASTIC,** page 17



- F** La vulnérabilité est particulièrement élevée sur la portion du territoire de Saint-Edmond-les-Plaines apparaissant sur la carte.  
Vrai  Faux
- F** Les secteurs de vulnérabilité « élevée » sont très rares sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.  
Vrai  Faux
- M** Les milieux humides sont toujours associés à des vulnérabilités relativement élevées.  
Vrai  Faux
- D** Cette carte permet de déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits.  
Vrai  Faux
- M** Pourquoi est-ce que la vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé est peu connue sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest?
- D** Qu'est-ce qui semble le plus influencer la vulnérabilité sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest et dans la région en général?







## Définition

- La qualité de l'eau 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.

## Méthode utilisée

- Dans le cadre du PACES-SLSJ, 354 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 161 provenant d'aquifères de roc fracturé et 193 de dépôts meubles. Les paramètres suivants ont été analysés :

- Antimoine (Sb)
- Arsenic (As)
- Baryum (Ba)
- Bore (B)
- Cadmium (Cd)
- Chrome (Cr)
- Fluorures (F)
- Nitrites/Nitrates (NO<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>)
- Plomb (Pb)
- Sélénium (Se)
- Uranium (U)

## Interprétation pour la région du SLSJ

- Sur l'ensemble du territoire du SLSJ, les dépassements de CMA suivants ont été relevés :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nb de dépassements de la CMA	Proportion des échantillons	Norme fondée sur :
Baryum (Ba)	1,0 mg/L	1	< 1 %	Maladies cardiovasculaires et augmentation de la pression artérielle
Fluorures (F)	1,5 mg/L	52	16 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)

- Le dépassement en baryum provient d'un milieu aquifère de roc fracturé. Son origine est présumée naturelle.
- Les concentrations en fluorures sont plus fortes et plus nombreuses dans les milieux aquifères de roc cristallin. Leur origine est présumée naturelle.



**F** Aucun dépassement en baryum n'a été observé dans le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.

Vrai  Faux

**F** Tous les échantillons de la portion du territoire de la municipalité d'Albanel apparaissant sur la carte semblent présenter un problème de potabilité.

Vrai  Faux

**M** Les dépassements en fluorures du secteur Lac-Saint-Jean Ouest proviennent tous des milieux aquifères rocheux.

Vrai  Faux

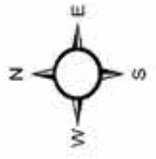
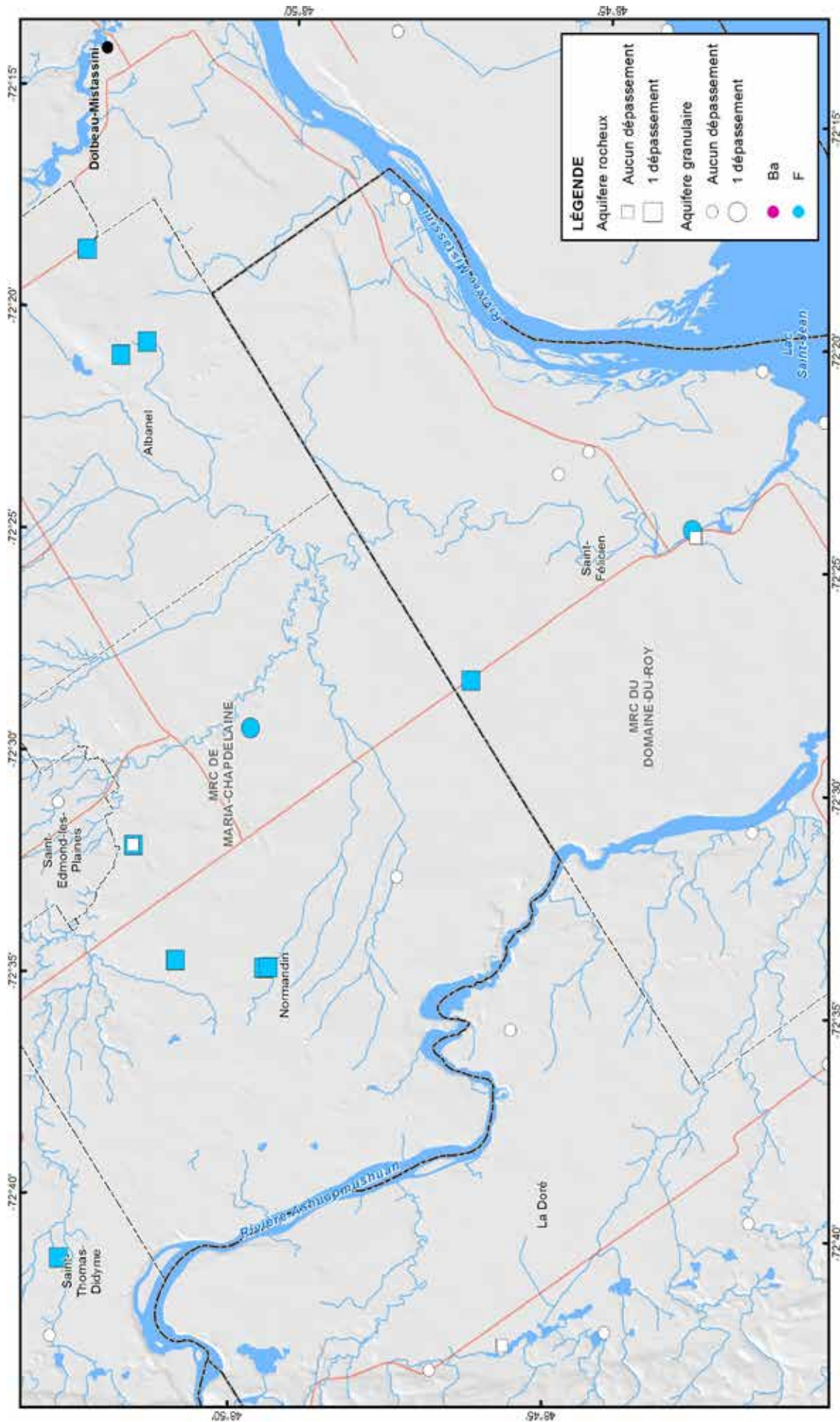
**M** Les échantillons d'eau analysés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique, de pesticide ou d'hydrocarbure n'existe sur le territoire.

Vrai  Faux

**D** Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits, est-ce que l'eau peut être consommée sans subir de traitement?

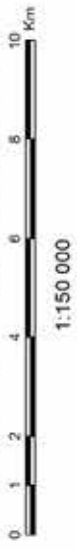
**D** Bien qu'aucune ou très peu de problématiques liées à l'eau potable n'aient été identifiées, est-il approprié de recommander un suivi de la qualité de l'eau potable dans les puits utilisés pour l'alimentation en eau potable?





**Qualité de l'eau en fonction des concentrations maximales acceptables (CMA)**

**SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST**



## Définition

- Les objectifs esthétiques (OE) sont des recommandations concernant les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus 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.



**OBJECTIFS  
ETHÉTIQUES,**  
page 18

## Méthode utilisée

- Dans le cadre du PACES-SLSJ, 354 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 161 provenant d'aquifères de roc fracturé et 193 de dépôts meubles. Les paramètres suivants ont été analysés :
  - Aluminium (Al)
  - Chlorures (Cl)
  - Cuivre (Cu)
  - Dureté totale (CaCO<sub>3</sub>)
  - Fer (Fe)
  - Manganèse (Mn)
  - Matière dissoute totale (MDT)
  - pH
  - Sodium (Na)
  - Sulfates (SO<sub>4</sub>)
  - Sulfures (H<sub>2</sub>S)
  - Température
  - Zinc (Zn)

## Interprétation pour la région du SLSJ

- Sur l'ensemble du territoire du SLSJ, les dépassements d'OE suivants ont été relevés :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nb de dépassements de l'OE	Proportion des échantillons	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/L	6	2 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/l	23	7 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale (CaCO <sub>3</sub> )	≤ 200 mg/l	51	17 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/L	44	14 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/L	73	25 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	≤ 500 mg/L	40	13 %	Goût et entartrage
Sodium (Na)	≤ 200 mg/L	20	6 %	Goût
pH	entre 6,5 et 8,5	110	35 %	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	≤ 0,05 mg/L	11	73 %*	Goût et odeur
Température	≤ 15 °C	5	2 %	Effets sur la désinfection, la corrosion et la formation de films biologiques dans le réseau

\* Les sulfures n'ont été analysés que pour 15 échantillons qui avaient de fortes odeurs de soufre (œuf pourri). C'est pourquoi la proportion des échantillons présentant un dépassement d'OE est si élevée.

- Leau souterraine de la région est majoritairement du type bicarbonaté et correspond généralement à une eau douce de très bonne qualité.
- Leau souterraine du type chloruré, à salinité élevée, est plus marginale et est concentrée dans les basses terres, à proximité du lac Saint-Jean. Elle est accompagnée de dépassements en sodium, en calcium en dureté et en matière dissoute totale.
- Leau souterraine est légèrement acide dans les milieux aquifères granulaires (pH < 6,5 pour 1 échantillon sur 4) et légèrement basique dans les milieux aquifères fracturés (pH > 8,5 pour 1 échantillon sur 4).
- Les dépassements pour le fer et le manganèse sont souvent associés et sont observés un peu partout sur le territoire.
- Leau douce est plus propice à contenir des sulfures, notamment dans le milieu aquifère de roc fracturé.



**F** Tous les échantillons récoltés présentent un dépassement d'OE.

**M** Les aquifères granulaires semblent présenter nettement plus de problématiques d'OE que les aquifères de roc fracturé.

**M** Le secteur présente au moins un dépassement de température.

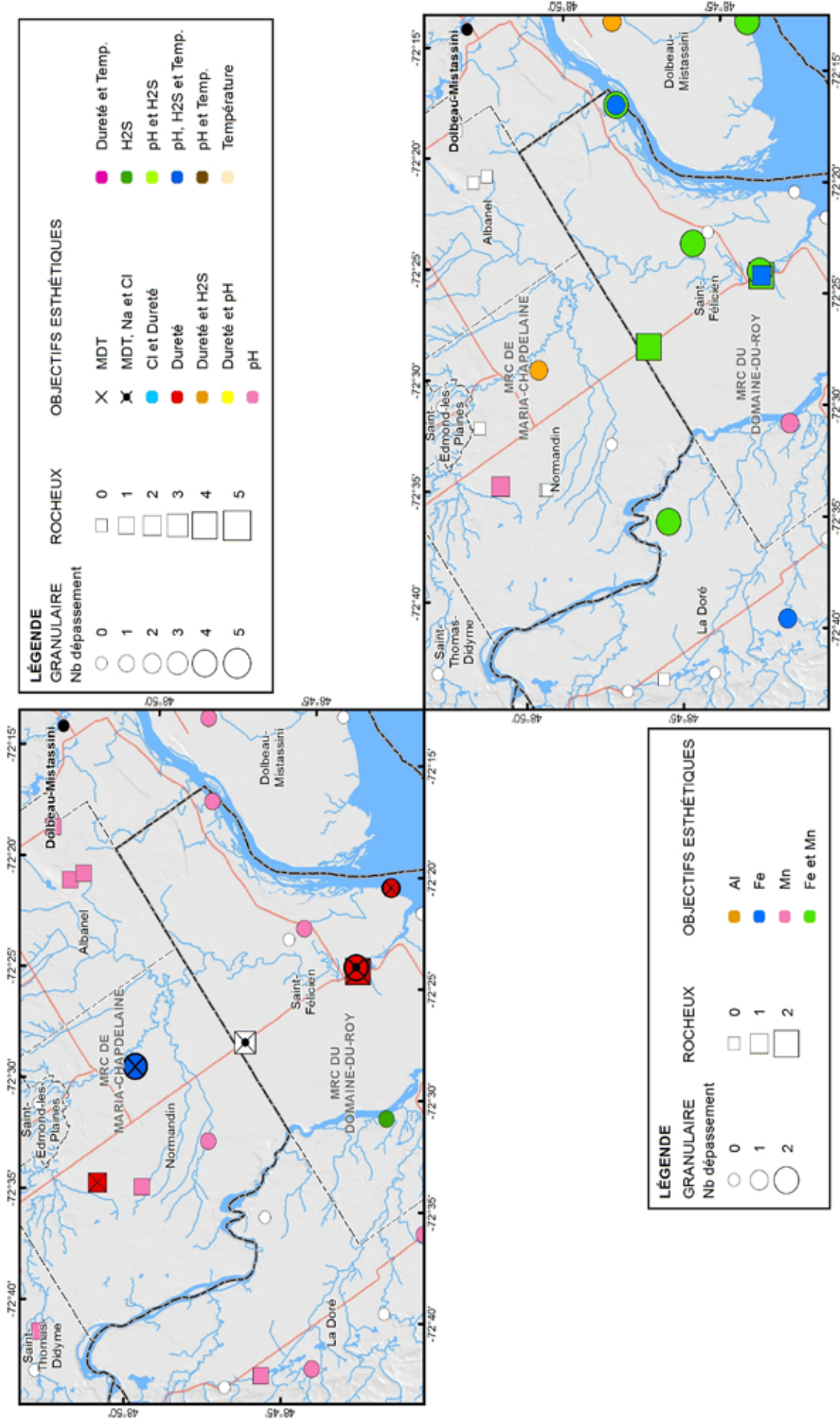
**D** Un seul échantillon d'eau de type chloruré, à salinité élevée, a été observé.

**D** Le quart des échantillons d'eau analysés au SLSJ présentent un dépassement en manganèse. Quel(s) problème(s) cela représente-t-il pour la consommation en eau potable?

**D** Pourquoi retrouve-t-on parfois des eaux à salinité élevée dans les basses terres, près du lac Saint-Jean?

Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>
Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>
Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>
Vrai	<input type="checkbox"/>	Faux	<input type="checkbox"/>





Qualité de l'eau en fonction des objectifs esthétiques (OE)

SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST



1:300 000





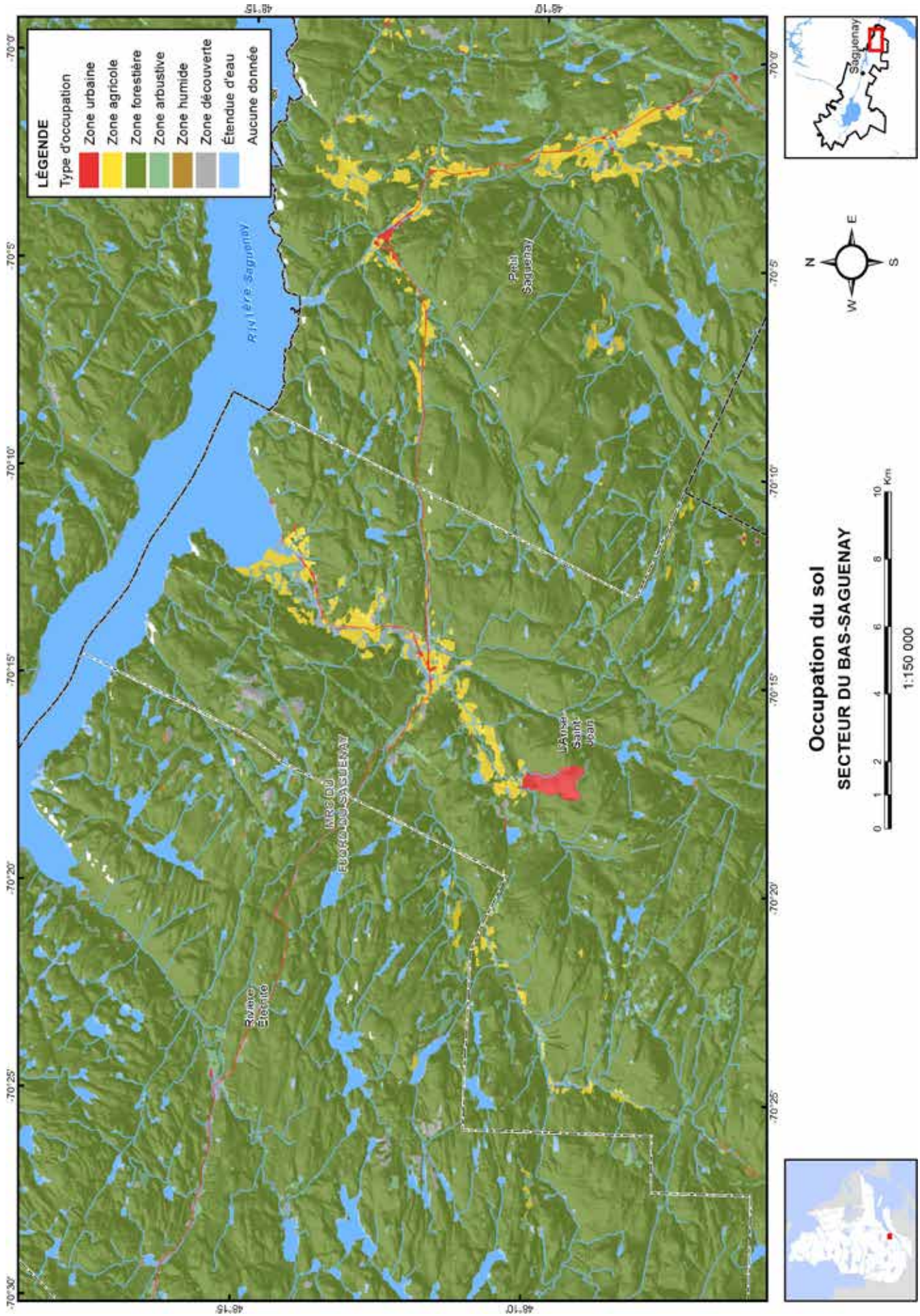
# 5. Exercices de synthèse



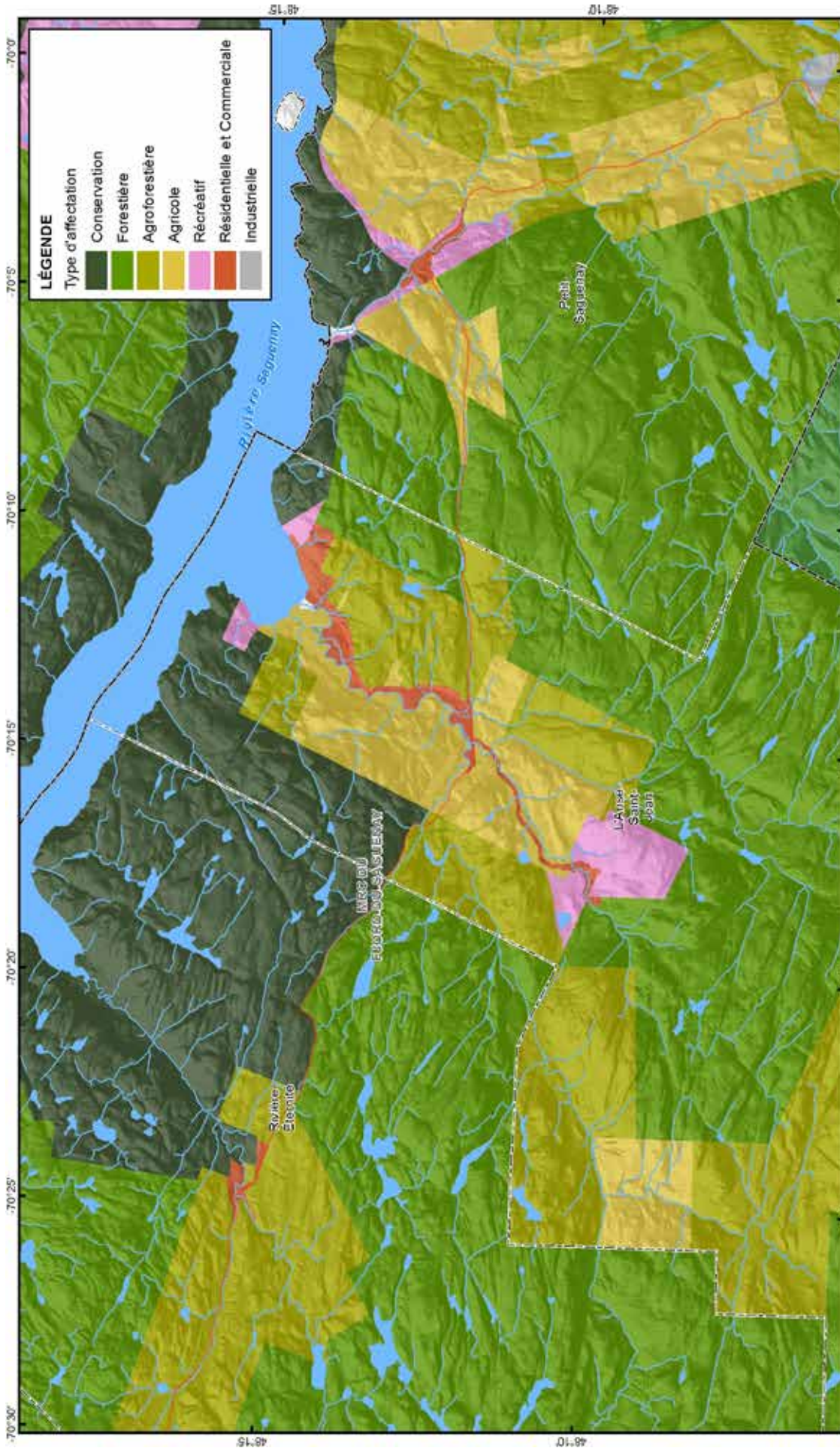
Exercice 1 : Si demain la municipalité de L'Anse-Saint-Jean devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice dans le secteur du Bas-Saguenay?

---









**LÉGENDE**

Type d'affectation

- Conservation
- Forestière
- Agro forestière
- Agricole
- Récréatif
- Résidentielle et Commerciale
- Industrielle



**Affectation du territoire**  
**SECTEUR DU BAS-SAGUENAY**

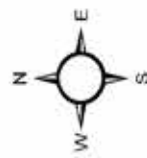
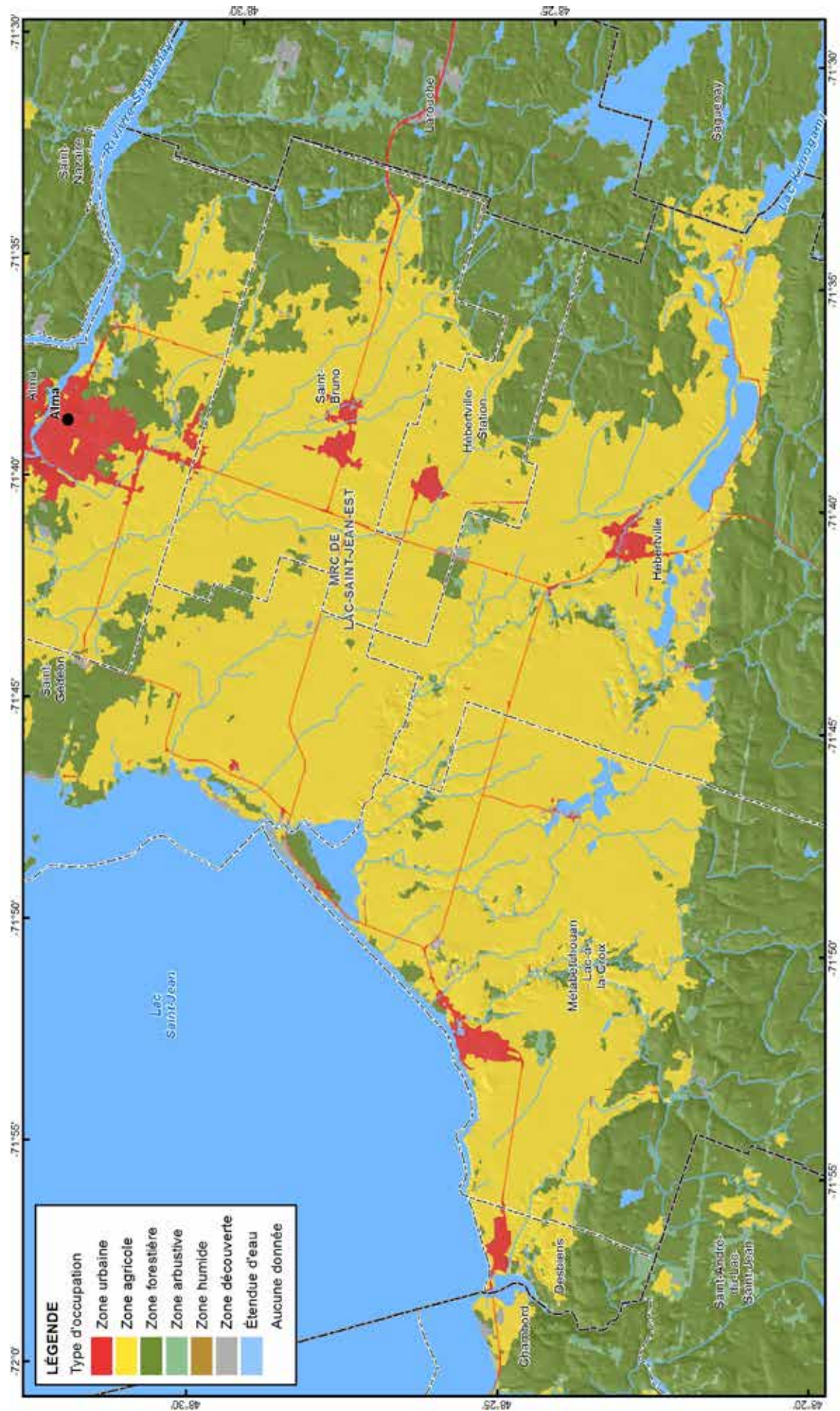


Exercice 2 : Dans le secteur Lac-Saint-Jean Est, quelle zone de recharge devrait être protégée en priorité?

---



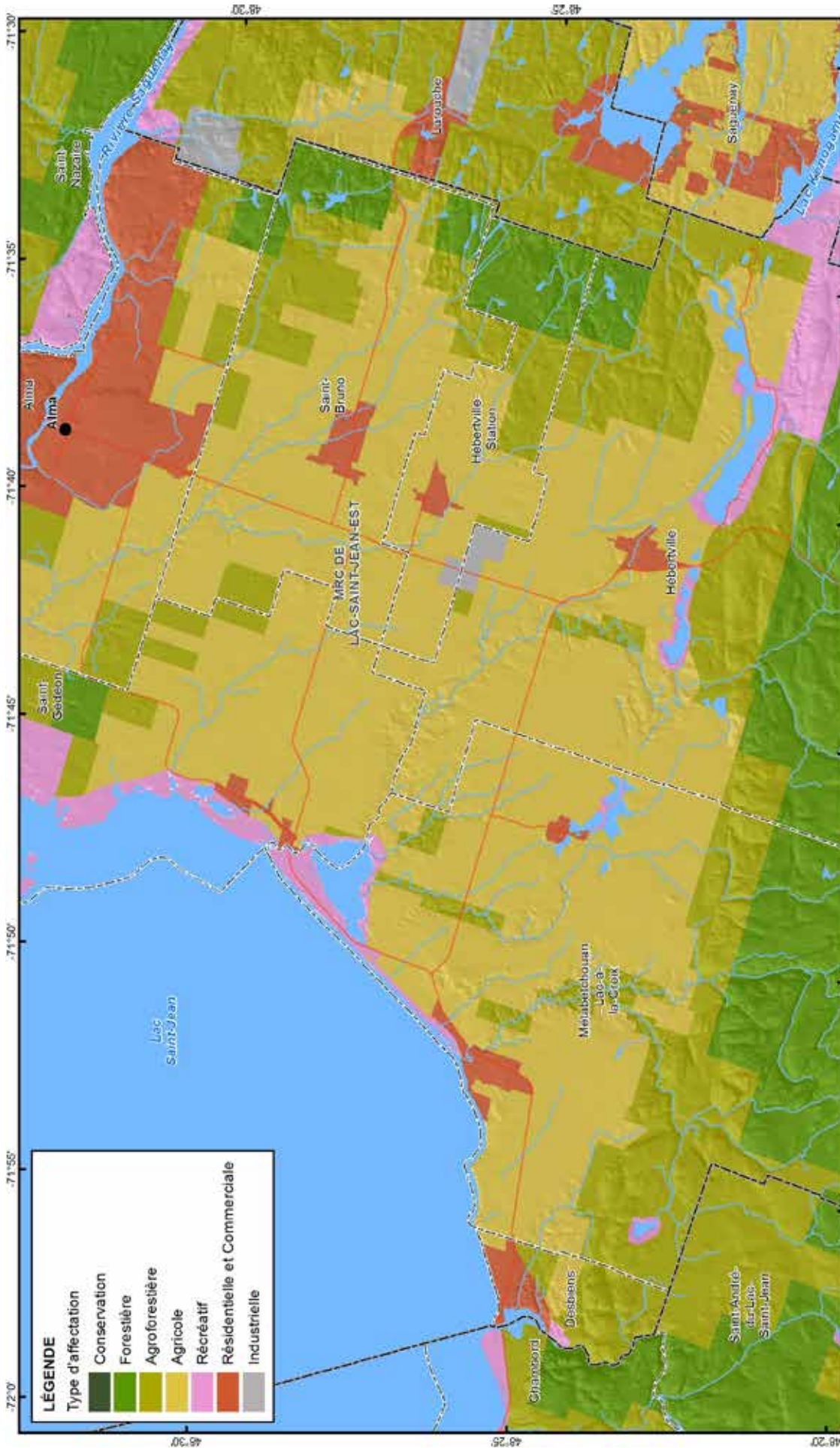




**Occupation du sol  
SECTEUR LAC SAINT-JEAN EST**



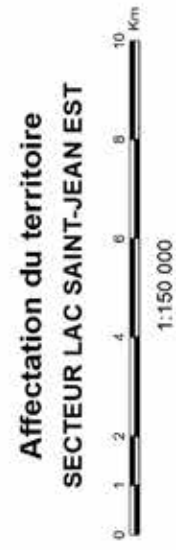




**LÉGENDE**

Type d'affectation

	Conservation
	Forestière
	Agroforestière
	Agricole
	Récréatif
	Résidentielle et Commerciale
	Industrielle



Exercice 3 : Dans le secteur Lac-Saint-Jean-Ouest, où devrait-on chercher à implanter en priorité une nouvelle activité potentiellement polluante pour les eaux souterraines?

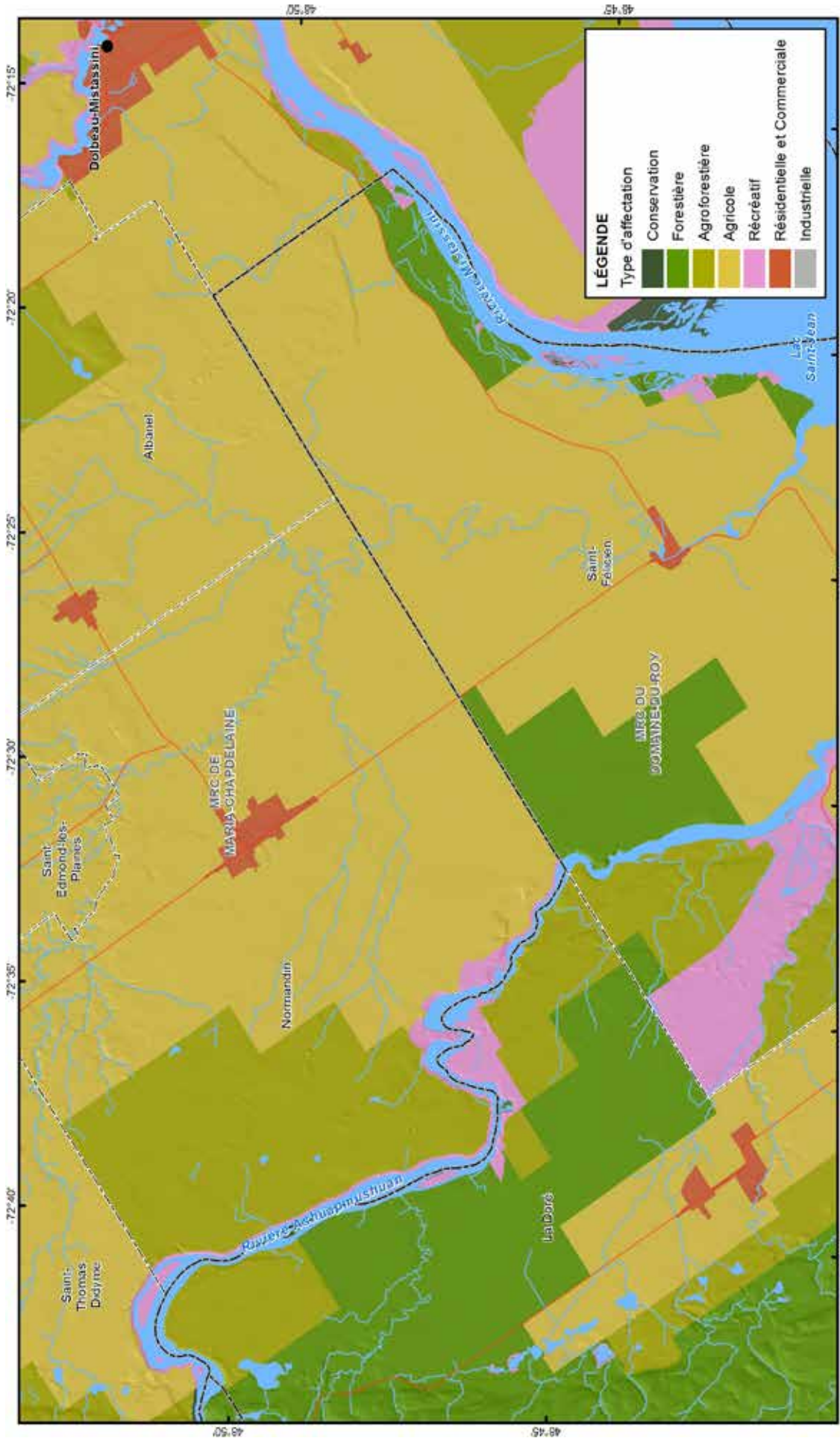
---











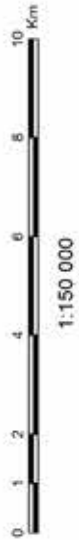
**LÉGENDE**

Type d'affectation

- Conservation
- Forestière
- Agroforestière
- Agricole
- Récréatif
- Résidentielle et Commerciale
- Industrielle



**Affectation du territoire**  
**SECTEUR LAC SAINT-JEAN OUEST**





# Bibliographie

---

- Bouchard M.F., Sauvé S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M. E., Bouffard T., Limoges E., Bellinger D. C. et Mergler D. (2011). Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environmental Health Perspectives*, 119(1):138-43.
- 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.
- 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.
- Gouvernement du Québec (2015a). Règlement sur le prélèvement des sources et leur protection. Loi sur la qualité de l’environnement. Q-2, r. 35.2. [En ligne], ([http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q\\_2/Q2R35\\_2.HTM](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R35_2.HTM)). Page consultée le 27 janvier 2015.
- Gouvernement du Québec (2015b). Règlement sur la qualité de l’eau potable. Loi sur la qualité de l’environnement. Q-2, r. 40. [En ligne], ([http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q\\_2/Q2R40.HTM](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R40.HTM)). Page consultée le 27 janvier 2015.
- 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](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/index-fra.php)). Page consultée le 27 janvier 2015.
- Siim Sepp (2005). Wikipédia – Argile. Argilite en Estonie. [En ligne], (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Argile>). Page consultée le 7 avril 2014.

# Mes notes personnelles

---

**Les partenaires financiers du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay-Lac-Saint-Jean**



*Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques*

