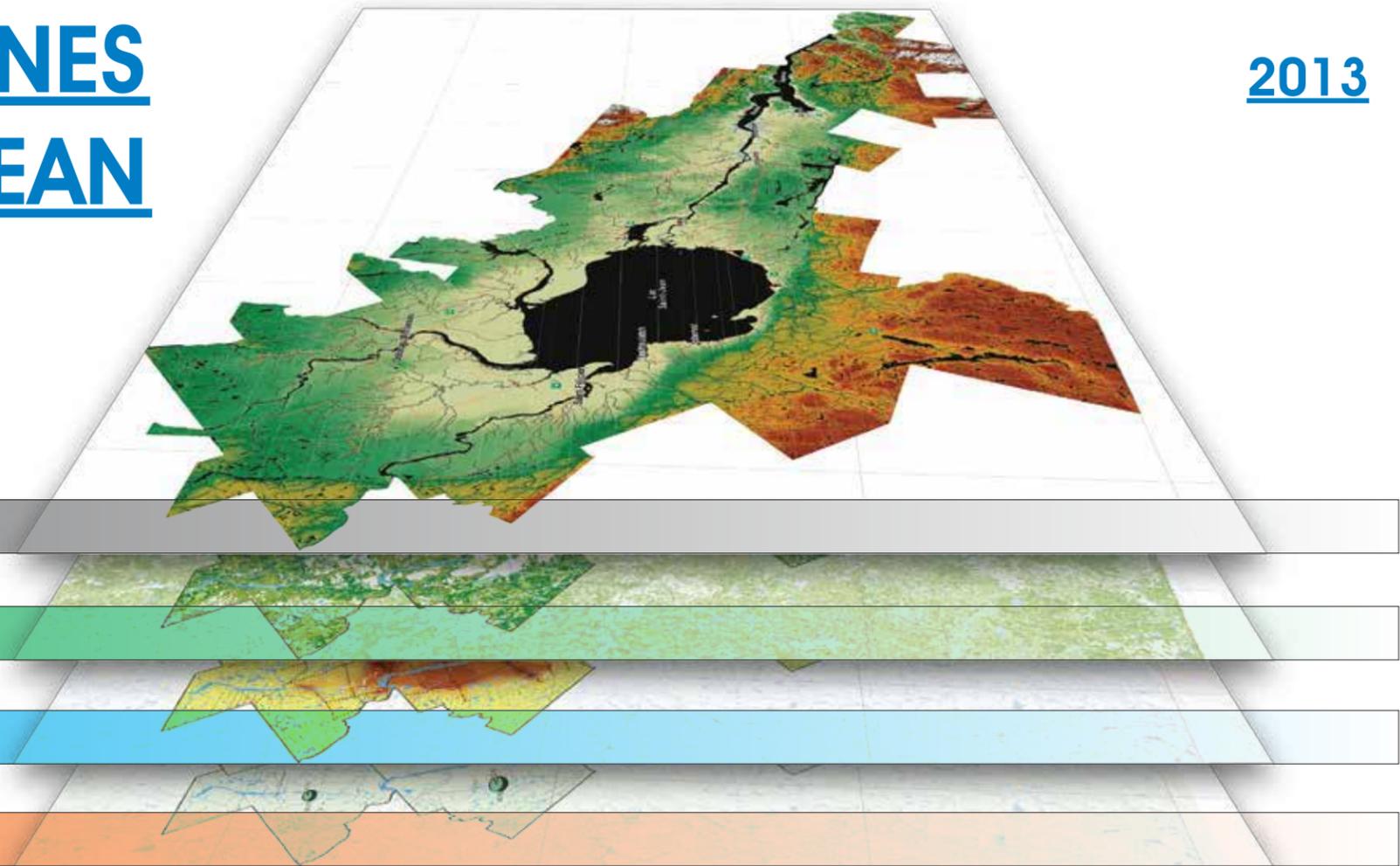


ATLAS DES EAUX SOUTERRAINES DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

2013



TERRITOIRE

MILIEU NATUREL

EAU SOUTERRAINE

ALIMENTATION EN EAU POTABLE



Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines



PARTENAIRES RÉGIONAUX



LE PACES

Le Centre d'études sur les ressources minérales (CERM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) a obtenu en 2009 une subvention du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) pour caractériser les eaux souterraines du territoire municipalisé du Saguenay - Lac-Saint-Jean (SLSJ).

À partir d'une base de données à références spatiales, près de 30 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.

POUR ALLER PLUS LOIN

Le présent rapport vise à présenter de façon **résumée et simplifiée** les livrables cartographiques réalisés dans le cadre du PACES-SLSJ. Nous recommandons aux lecteurs avertis de consulter le rapport complet du PACES-SLSJ, 2013 pour obtenir des informations supplémentaires. Les cartes présentées dans ce document sont disponibles en format A0.

CITATION DE L'ATLAS

CERM-PACES 2013 – Atlas des eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été rendu possible par la contribution financière du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), ainsi que des partenaires suivants : la Conférence régionale des Élus du Saguenay-Lac-Saint-Jean (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'Université du Québec à Chicoutimi. 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 des Ressources naturelles (MRN), du ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), 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.

Le comité CONCERT'EAU a été présidé par Madame Ursula Larouche (CRRNT – CRÉ-SLSJ) et comprenait les membres suivants: Nathalie Audet (MRC Lac Saint-Jean Est), Danny Bouchard (MRC Domaine du Roy), Jacques Potvin (MRC Maria-Chapdelaine), Steeve Lemyre (MRC Fjord du Saguenay), Luc Desbiens (Ville de Saguenay), David Cleary (Pekuakamiulnuatsh Takuhikan), Anne Guilbert (MAPAQ), Omer Gauthier (MRN), David Dufour et Pierre A. Gauthier (MAMROT), Michel Savard (ASSS) ainsi que l'équipe du CERM/UQAC.

Des données importantes ont été fournies par les partenaires mentionnés plus haut et par plusieurs autres organismes gouvernementaux et paragonnementaux, notamment le ministère des Transports du Québec et l'Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement (IRDA). Il faut aussi souligner la collaboration précieuse des municipalités de la région qui ont fourni des données riches en informations hydrogéologiques.

Notons que l'ensemble du projet a été réalisé dans un cadre de collaboration étroite avec tous les autres représentants des projets PACES au Québec regroupés au sein du GRIES (Groupe de recherche interuniversitaire sur les eaux souterraines) et du RQES (Réseau québécois sur les eaux souterraines) ainsi que les experts du MDDEFP. De plus, il faut souligner l'excellente collaboration offerte par le Centre de géomatique du Québec (CGQ) dans la réalisation de plusieurs livrables.

Les auteurs de ce rapport tiennent à remercier les professeurs Jacques Carignan de l'UQAC et Robert-André Daigneault de l'UQAM, ainsi que Jean Roy (consultant en géophysique), Amélia J. Fernandes (IG-SP, Brésil) et Roger H. Morin (USGS-Denver, CO) pour leur contribution scientifique au projet. Le personnel du CERM, Michel Tremblay et Sonia Dorval ont assuré la gestion financière du projet. Nous tenons à souligner également la contribution de plusieurs personnes au projet soit les stagiaires, Cécile Baudement, Vianney Dugrain, Ugo Fillastre et Jacques Gautier; les étudiants de cycles supérieurs, Sandra Richard, Annie-Pier Elliott, Étienne Hudon-Gagnon, Daphne Silva Pino; les étudiants de 1er cycle, Marie-France Beaulieu, Emmanuelle B. Gagné, Kaïssa-Loriane Blessy, Mario Bolduc, Maxime Bouchard, Martine Chabot, Gabriel Dalpé, François-Joseph Eteta'a Tchoungui, Samuel Gagnon, Hugues Guérin-Tremblay, Viviane Lavoie, Sophie Maltais, Marie-Eve Parr, Léo Poignant-Molina, Christophe Potvin-Doucet et Cynthia Vigneault.

ÉQUIPE PACES-SLSJ

Coordination : Alain Rouleau et Réal Daigneault

Professionnels en hydrogéologie : Julien Walter, Denis Germaneau, Marie-Line Tremblay

Coordination du rapport scientifique : Julien Walter

Responsable de la géomatique et des bases de données : Mélanie Lambert

Coordination de l'Atlas : Denis Germaneau

Graphisme: Claude Dallaire

Supervision des étudiants et stagiaires : Romain Chesnaux, Alain Rouleau, Pierre A. Cousineau et Denis W. Roy

Géophysique : David Noel et Patrick Simard

Assistants de recherche : Annie Moisan, Nicolas Thouvignon

TERRITOIRE

| | |
|--|---|
| LOCALISATION, SUPERFICIE ET POPULATION | 1 |
| ROUTES, LIMITES MUNICIPALES ET TOPONYMIE | 2 |

MILIEU NATUREL

| | |
|---------------------------|---|
| TOPOGRAPHIE | 3 |
| HYDROGRAPHIE | 5 |
| COUVERTURE VÉGÉTALE | 7 |
| MILIEUX HUMIDES | 8 |
| PÉDOLOGIE | 9 |

EAU SOUTERRAINE

| | |
|---|----|
| MILIEUX AQUIFÈRES | 10 |
| MILIEUX AQUIFÈRES FRACTURÉS | 11 |
| MILIEUX AQUIFÈRES GRANULAIRES | 13 |
| PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES | 17 |
| PIÉZOMÉTRIE | 19 |
| RECHARGE | 21 |
| VULNÉRABILITÉ SELON L'INDICE <i>DRASTIC</i> | 23 |

ALIMENTATION EN EAU POTABLE

| | |
|--|----|
| UTILISATION DE L'EAU | 25 |
| UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE | 27 |
| USAGES ET ACTIVITÉS | 29 |
| QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE | 33 |

| | |
|--|----|
| REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES AQUIFÈRES DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN | 39 |
|--|----|

Superficie

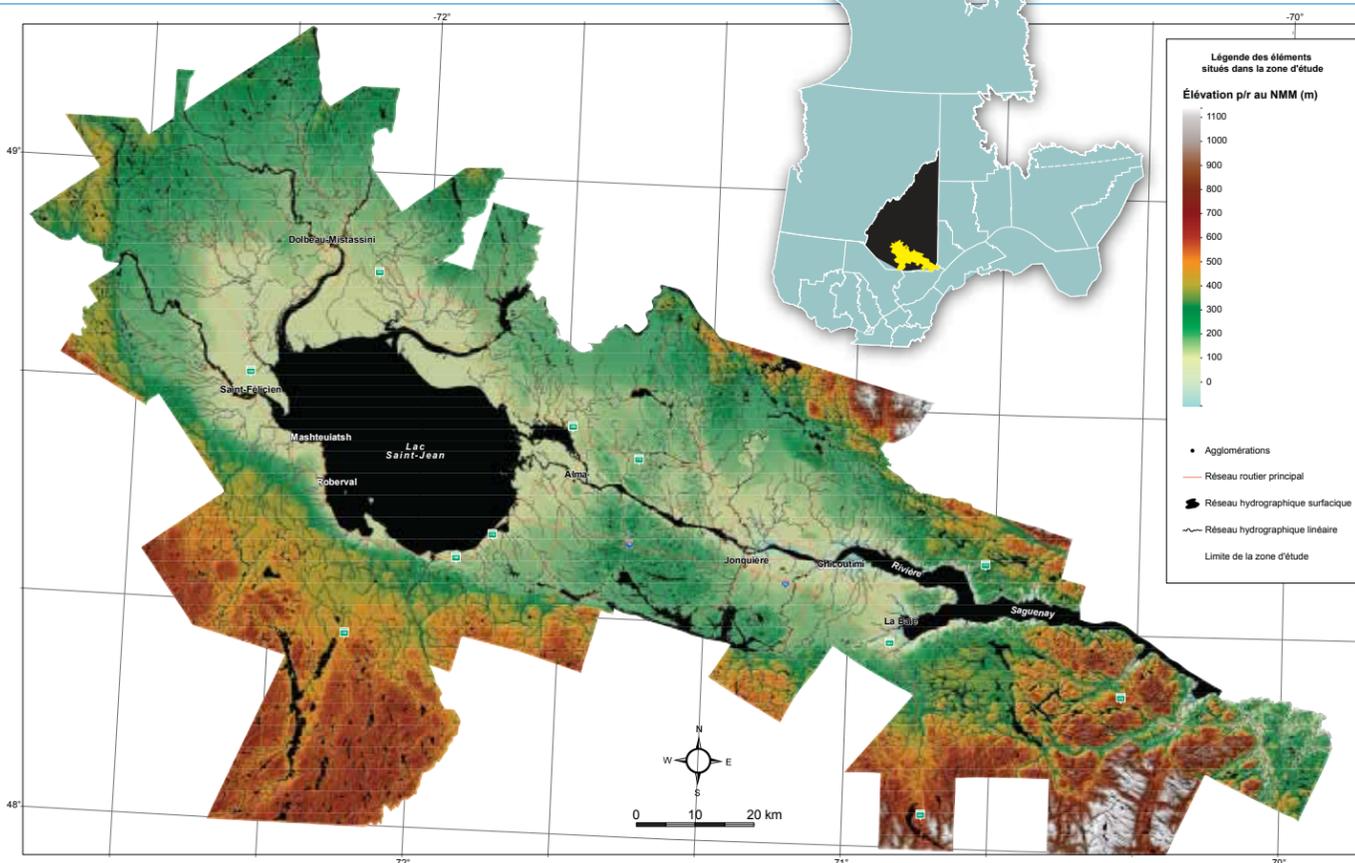
Le territoire du Saguenay-Lac-Saint-Jean (SLSJ) est situé à environ 200 km au nord-est de la ville de Québec. Il correspond à la région administrative 02 qui couvre une superficie de 106 508 km² (Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire du Saguenay-Lac-St-Jean, 2011)¹. C'est sur la portion municipalisée d'une superficie de 13 210 km² que l'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines a été menée. Le territoire comprend la Ville de Saguenay, les quatre municipalités régionales de comté (MRC), Domaine-du-Roy, Fjord-du-Saguenay, Lac-Saint-Jean-Est et Maria-Chapdelaine, et la com-

Population

Au total, le territoire municipalisé du SLSJ possède une population de 271 512 habitants (Statistiques Canada, 2011). La MRC la plus peuplée correspond à celle de la Ville de Saguenay, avec 144 746 habitants. La MRC du Fjord-du-Saguenay est la plus grande en superficie, elle couvre 3 731,4 km².

Le secteur municipalisé de la région se divise en 49 municipalités et 1 territoire autochtone. Cette carte présente également le réseau routier du SLSJ qui se compose d'une autoroute et de 7 routes nationales. De plus, une voie ferrée relie les villes de Saguenay, Roberval, Saint-Félicien et Dolbeau-Mistassini.

Localisation



(1) Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire du Saguenay - Lac-St-Jean, 2011. Portrait du territoire du Saguenay - Lac-St-Jean. Préparé par Groupe Conseil Nutshimit inc., 322 pages et une annexe.

MRC du Fjord-du-Saguenay

| Municipalités | SUPERFICIE (km ²) | POPULATION |
|--------------------------|-------------------------------|---------------|
| Bégin | 195,6 | 868 |
| Ferland-et-Boilleau | 407,3 | 583 |
| L'Anse-Saint-Jean | 530,2 | 1 208 |
| Larouche | 89,6 | 1 277 |
| Petit-Saguenay | 337,1 | 727 |
| Rivière-Éternité | 524,5 | 484 |
| Saint-Ambroise | 150,2 | 3 546 |
| Saint-Charles-de-Bourget | 62,5 | 690 |
| Saint-David-de-Falardeau | 418,3 | 2 657 |
| Sainte-Rose-du-Nord | 156,4 | 413 |
| Saint-Félix-d'Otis | 278,1 | 801 |
| Saint-Fulgence | 390,7 | 1 949 |
| Saint-Honoré | 190,9 | 5 257 |
| Total | 3 731,4 | 20 460 |

MRC de Lac-Saint-Jean-Est

| Municipalités | SUPERFICIE (km ²) | POPULATION |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Alma | 230,3 | 30 904 |
| Desbiens | 10,9 | 1 053 |
| Hébertville | 268,8 | 2 441 |
| Hébertville-Station | 32,7 | 1 216 |
| Labrecque | 157,3 | 1 215 |
| Lamarche | 92,6 | 557 |
| L'Ascension-de-Notre-Seigneur | 132,5 | 1 983 |
| Métabetchouan - Lac-à-la-Croix | 193,8 | 4 097 |
| Saint-Bruno | 76,5 | 2 636 |
| Sainte-Monique | 160,4 | 865 |
| Saint-Gédéon | 82,8 | 2 001 |
| Saint-Henri-de-Taillon | 62,2 | 760 |
| Saint-Ludger-de-Milot | 111,2 | 678 |
| Saint-Nazaire | 144,8 | 2 114 |
| Total | 1 756,8 | 52 520 |

MRC de Maria-Chapdelaine

| Municipalités | SUPERFICIE (km ²) | POPULATION |
|---------------------------|-------------------------------|---------------|
| Albanel | 203 | 2 293 |
| Dolbeau-Mistassini | 355,6 | 14 384 |
| Girardville | 133,1 | 1 100 |
| Normandin | 216,2 | 3 137 |
| Notre-Dame-de-Lorette | 339,5 | 189 |
| Péribonka | 129,1 | 464 |
| Saint-Augustin | 104 | 400 |
| Saint-Edmond-les-Plaines | 85,9 | 390 |
| Sainte-Jeanne-d'Arc | 273,3 | 1 089 |
| Saint-Eugène-d'Argentenay | 86,4 | 546 |
| Saint-Stanislas | 162,1 | 353 |
| Saint-Thomas-Didyme | 357,3 | 677 |
| Total | 2 445,5 | 25 022 |

MRC du Domaine-du-Roy

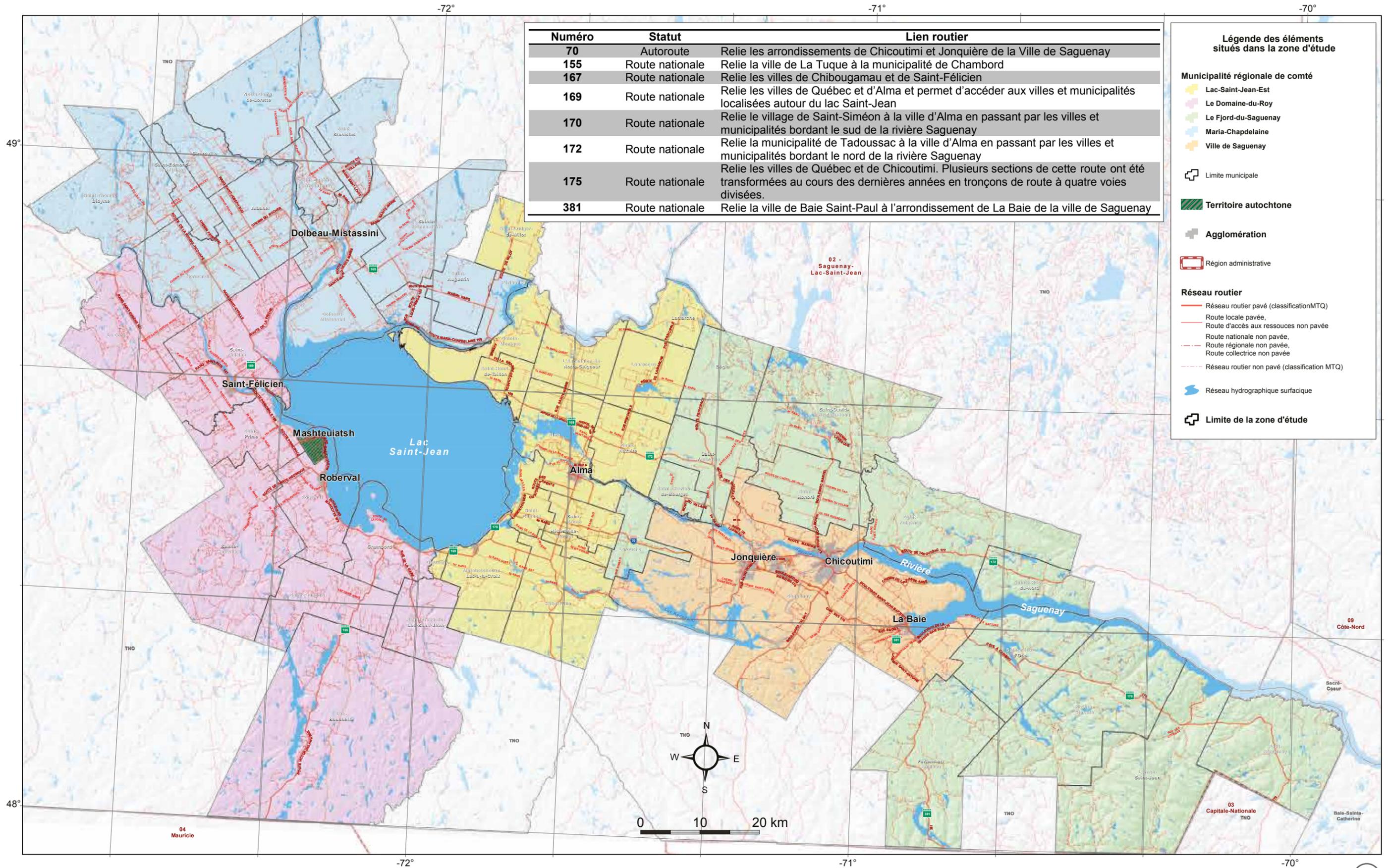
| Municipalités | SUPERFICIE (km ²) | POPULATION |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Chambord | 170,7 | 1 773 |
| La Doré | 297,1 | 1 453 |
| Lac-Bouchette | 972,2 | 1 174 |
| Roberval | 200,3 | 10 227 |
| Saint-André-du-Lac-Saint-Jean | 146,5 | 488 |
| Sainte-Hedwidge | 476,1 | 824 |
| Saint-Félicien | 383,6 | 7 165 |
| Saint-François-de-Sales | 202 | 654 |
| Saint-Prime | 160,5 | 2 758 |
| Total | 3 009,0 | 26 516 |

Pekuakamiulnuatsh

| Territoire | SUPERFICIE (km ²) | POPULATION |
|--------------|-------------------------------|------------|
| Mashteuiatsh | 15,5 | 2 248 |

Ville de Saguenay

| Municipalités | SUPERFICIE (km ²) | POPULATION |
|----------------|-------------------------------|------------|
| Ville Saguenay | 1 279,7 | 144 746 |

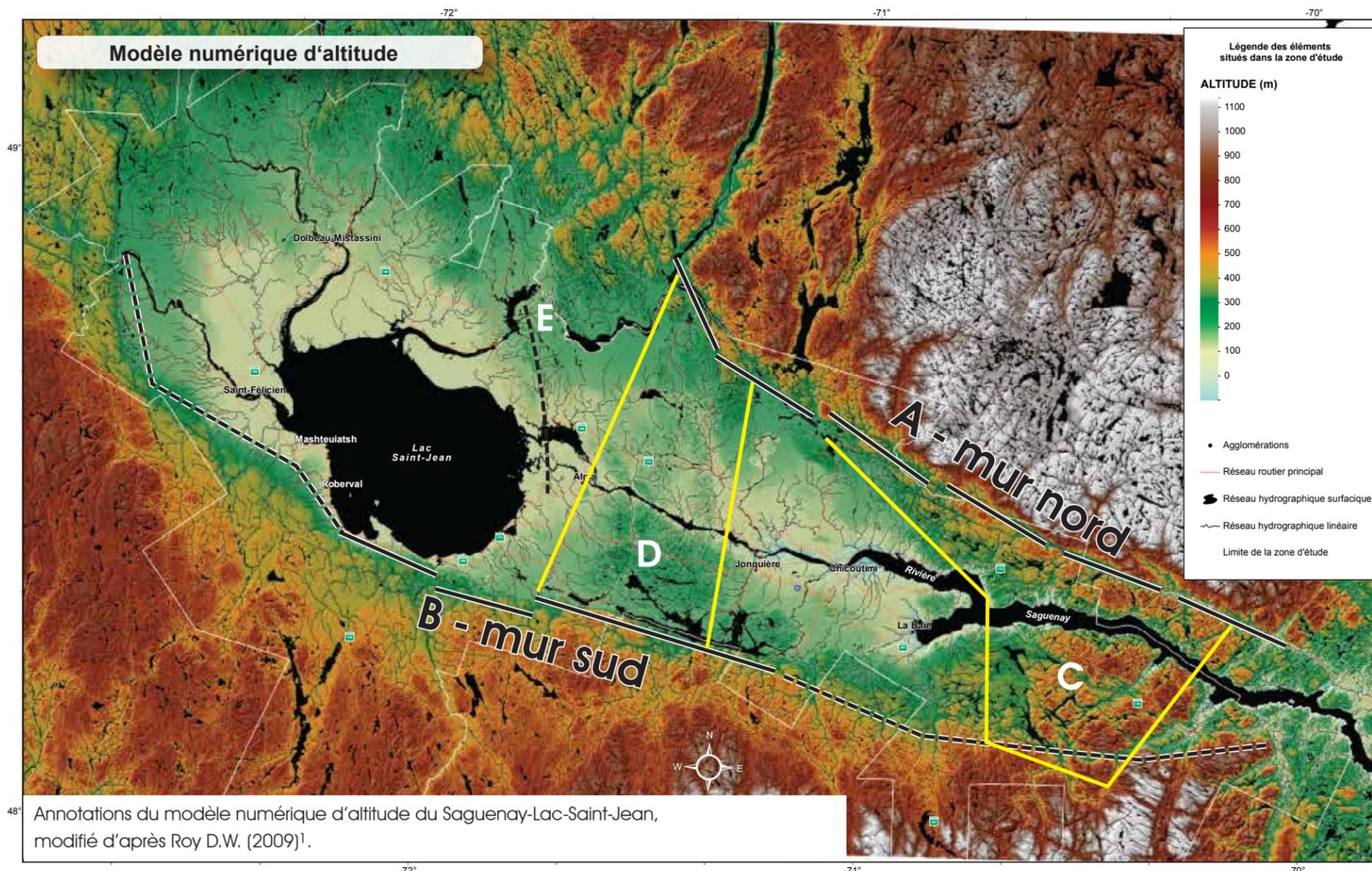


La topographie régionale est plus accidentée sur les hauts plateaux que dans la dépression du Saguenay-Lac-Saint-Jean. En effet, la topographie de la région résulte de plusieurs événements géologiques dont le principal élément est le Graben du Saguenay (orienté ONO-ESE). Les failles majeures bordant le graben divisent les hautes terres des basses terres. Cette limite correspond approximativement à 200 m d'altitude. Le relief des hautes terres est dominé par le roc affleurant ce qui le rend accidenté. Les hautes terres correspondent au massif montagneux des Laurentides. Les basses terres présentent une topographie relativement plane. Elles sont dominées par d'importantes accumulations de dépôts quaternaires.

Le graben est limité par ses murs nord (A) et sud (B) formés par une succession de failles (orientées ONO-ESE). Les lignes noires pointillées représentent les limites approximatives de la dépression, là où les murs du graben ne sont pas bien définis.

À l'intérieur du graben se trouvent deux seuils topographiques transversaux et une ride transversale où le roc émerge des dépôts meubles :

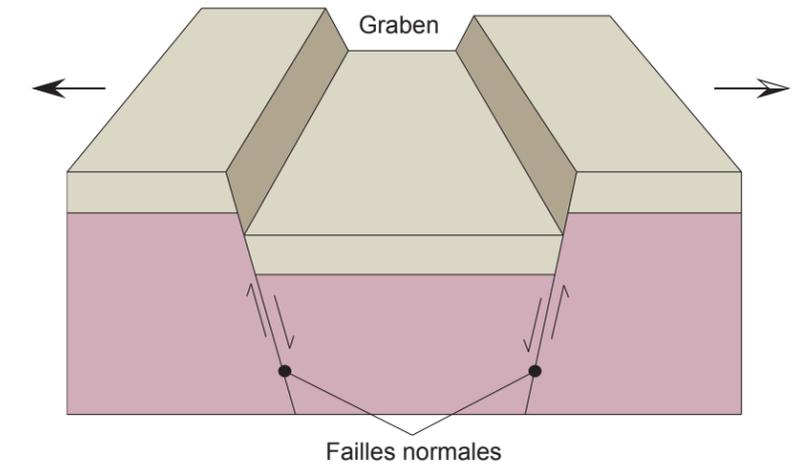
- le seuil topographique majeur du cap Éternité (C) (environ 200 m de relief relatif);
- le seuil topographique de Kénogami (D) ou « horst » de Kénogami (environ 50 à 100 m de relief relatif);
- la ride topographique d'Alma (E) est discontinue et soulevée de quelques dizaines de mètres au-dessus du relief avoisinant.



(1) Roy, D.W. 2009. Notes sur la géologie des dépôts meubles au Saguenay Lac-Saint-Jean. Document personnel. 16 p.

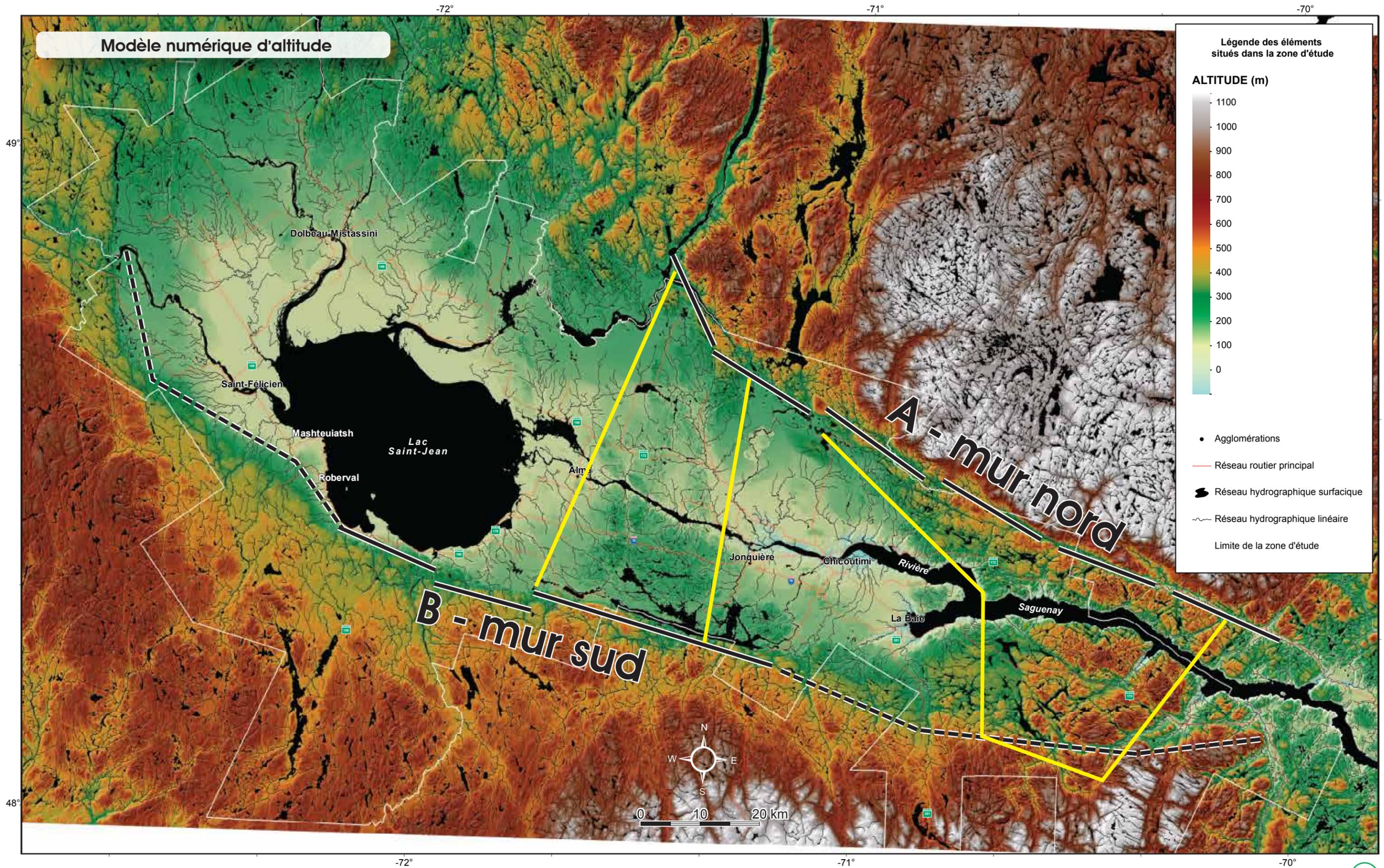
Qu'est-ce qu'un graben ?

Un graben est un fossé d'effondrement (dépression) entre des failles normales.



Qu'est-ce qu'un seuil topographique ?

Un seuil topographique désigne dans cette étude une région d'altitude plus élevée relativement à son environnement.



Réseau hydrographique

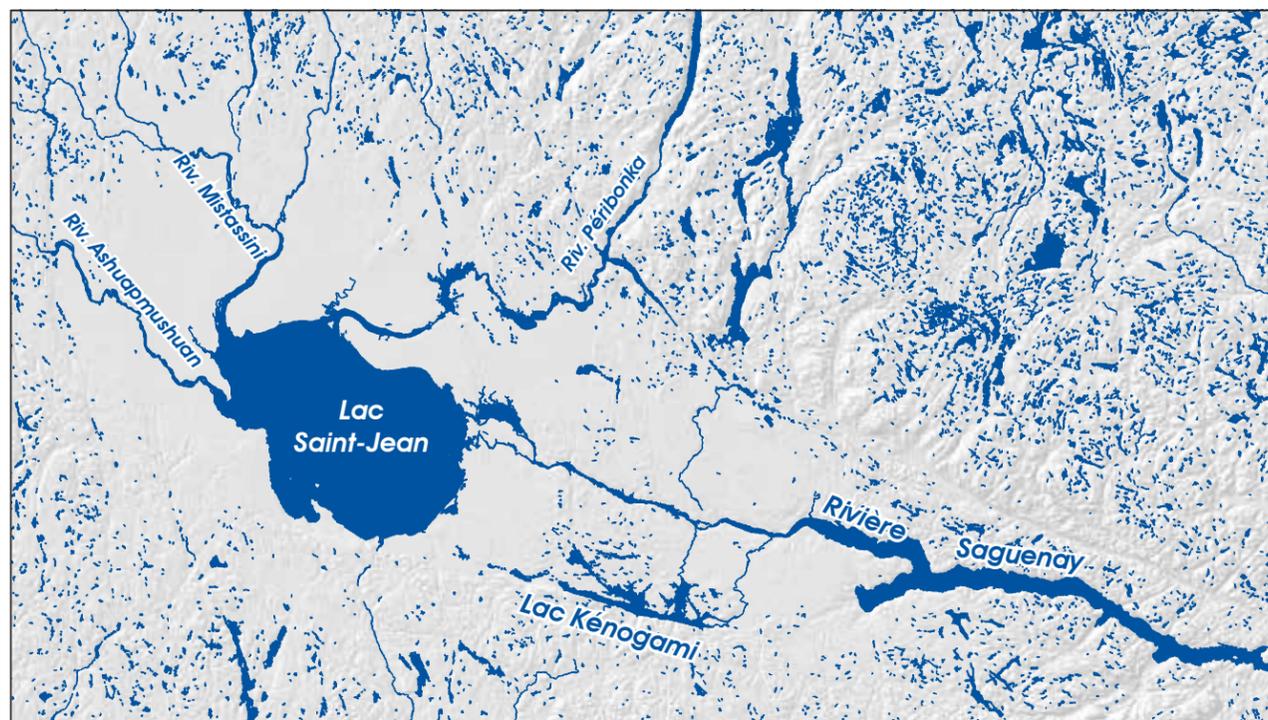
Le réseau hydrographique du Saguenay-Lac-Saint-Jean est très bien développé. Les rivières et lacs abondants forment des réseaux dendritiques sur l'ensemble du territoire. Les principales entités de ce réseau sont :

- le lac Saint-Jean;
- le lac Kénogami;
- la rivière Saguenay.

Le lac Saint-Jean occupe une superficie de 1 050 km², il a un périmètre de 210 km et atteint localement une profondeur de 68 mètres. Le débit à sa sortie est contrôlé par la centrale Isle-Maligne qui est située sur la rivière Grande Décharge. Cette « mer intérieure » a une forme de poire qui s'oriente NO-SE. Ses principaux affluents sont les rivières Péribonka, Mistassini, Ashuapmushuan et Métabetchouan. On retrouve à son exutoire les rivières Grande Décharge et Petite Décharge qui confluent et donnent naissance à la rivière Saguenay au sud-est de la ville d'Alma.

Le lac Kénogami a 28 km de longueur et sa largeur varie entre 1 et 6 km. Sa profondeur atteint localement une centaine de mètres. Ses principaux affluents sont les rivières Pikauba, Cyriac et aux Écorces. Le débit à ses sorties est fortement influencé par des barrages aménagés à la tête de ses exutoires principaux, soit les rivières aux Sables et Chicoutimi.

La rivière Saguenay est un affluent du fleuve Saint-Laurent dans lequel elle se jette à Tadoussac. Sa longueur est de 165 km et sa largeur d'environ 2 km. Sa profondeur peut atteindre 275 m localement. Son débit moyen est de 1 000 m³/s et atteint 3 000 à 4 000 m³/s lors des crues printanières.



Principaux cours d'eau du Saguenay-Lac-Saint-Jean

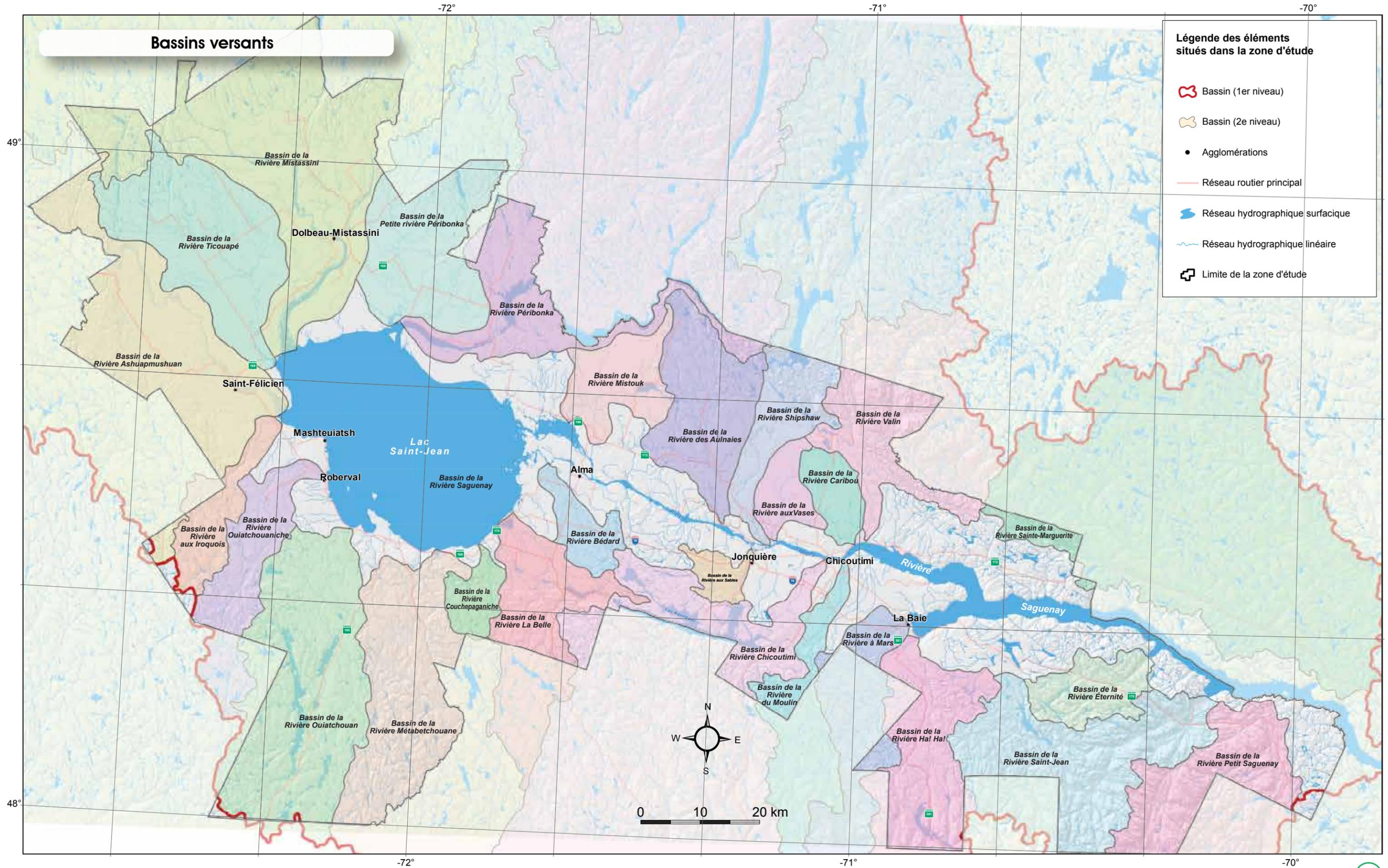
| Nom lac- rivière | Longueur, superficie | Débit moyen m ³ /s |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Lac Saint-Jean | 1050 km ² | 1000 - 1300 |
| Lac Kénogami | 28 km x 1 à 6 km | |
| Rivière Saguenay | 165 km x 2 km | 1000 |
| Rivière Péribonka | 547 km | 10 |
| Rivière Mistassini | 289 km | 100 |
| Rivière Ticouapé | 50 km | |
| Rivière Ashuapmushuan | 200 km | 200 |
| Rivière Ouatouchouaniche | 40 km | 12 |
| Rivière Ouatouchouane | 25 km | 7 |
| Rivière Métabetchouane | 128 km | 30 |
| Rivière Belle-Rivière | 35 km | 3 |
| Rivière Grande Décharge | 16 km | Gérée par le barrage Isle-Maligne |
| Rivière Petite Décharge | 15 km | |
| Rivière Shipshaw | 25 km | |
| Rivière Valin | 38 km | |
| Rivière aux Sables | 12 km | 20 |
| Rivière Chicoutimi | 26 km | 50 |
| Rivière du Moulin | 88 km | 5 |
| Rivière à Mars | 95 km | 8 |
| Rivière des Ha ! Ha ! | 35 km | 15 |
| Rivière Sainte-Marguerite | 77 km | 20 |
| Rivière Éternité | 18 km | |
| Rivière Petit-Saguenay | 77 km | 5 |
| Rivière Saint-Jean | 40 km | |

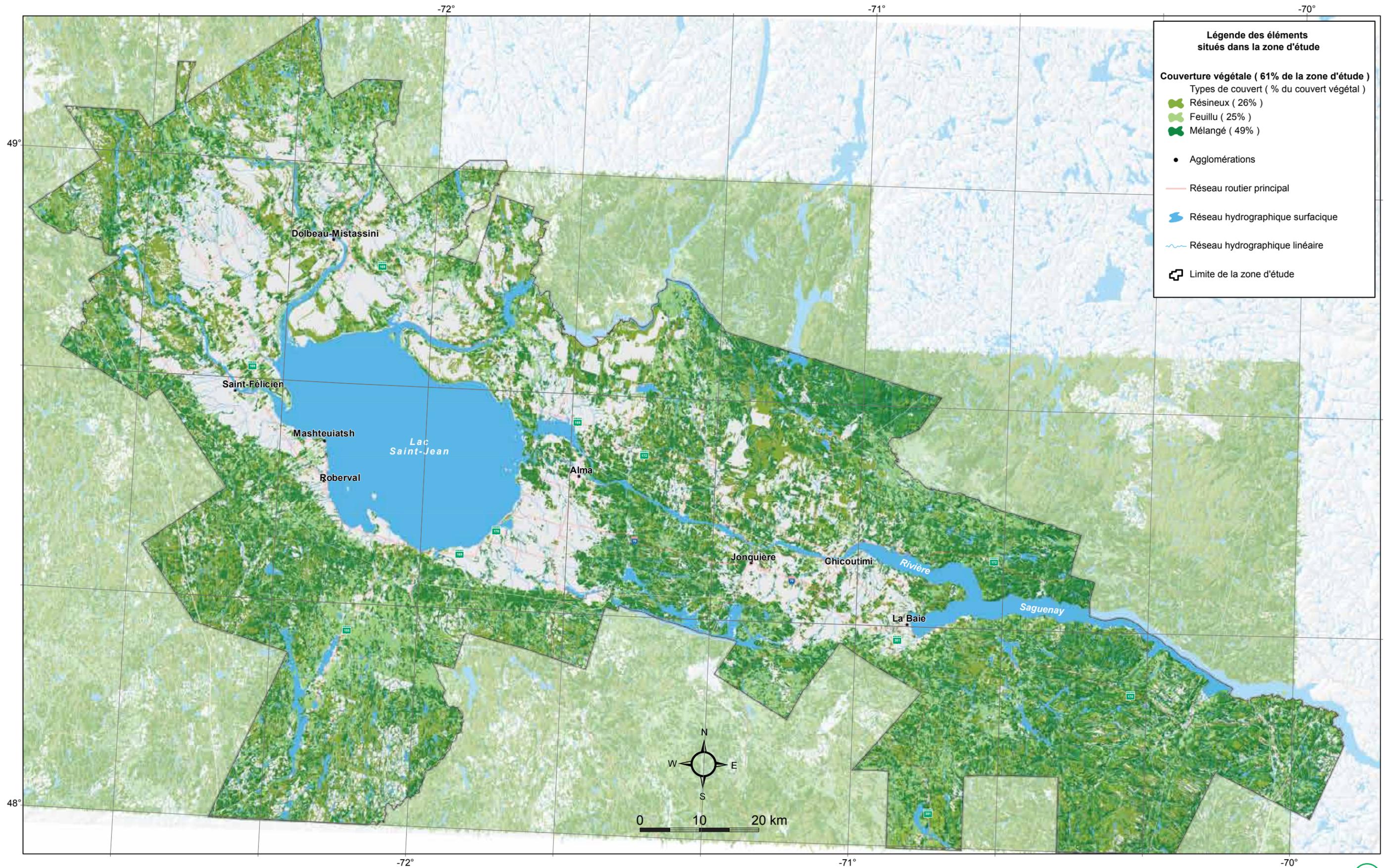
Sources : Centre d'expertise hydrique du Québec et Commission de toponymie du Québec

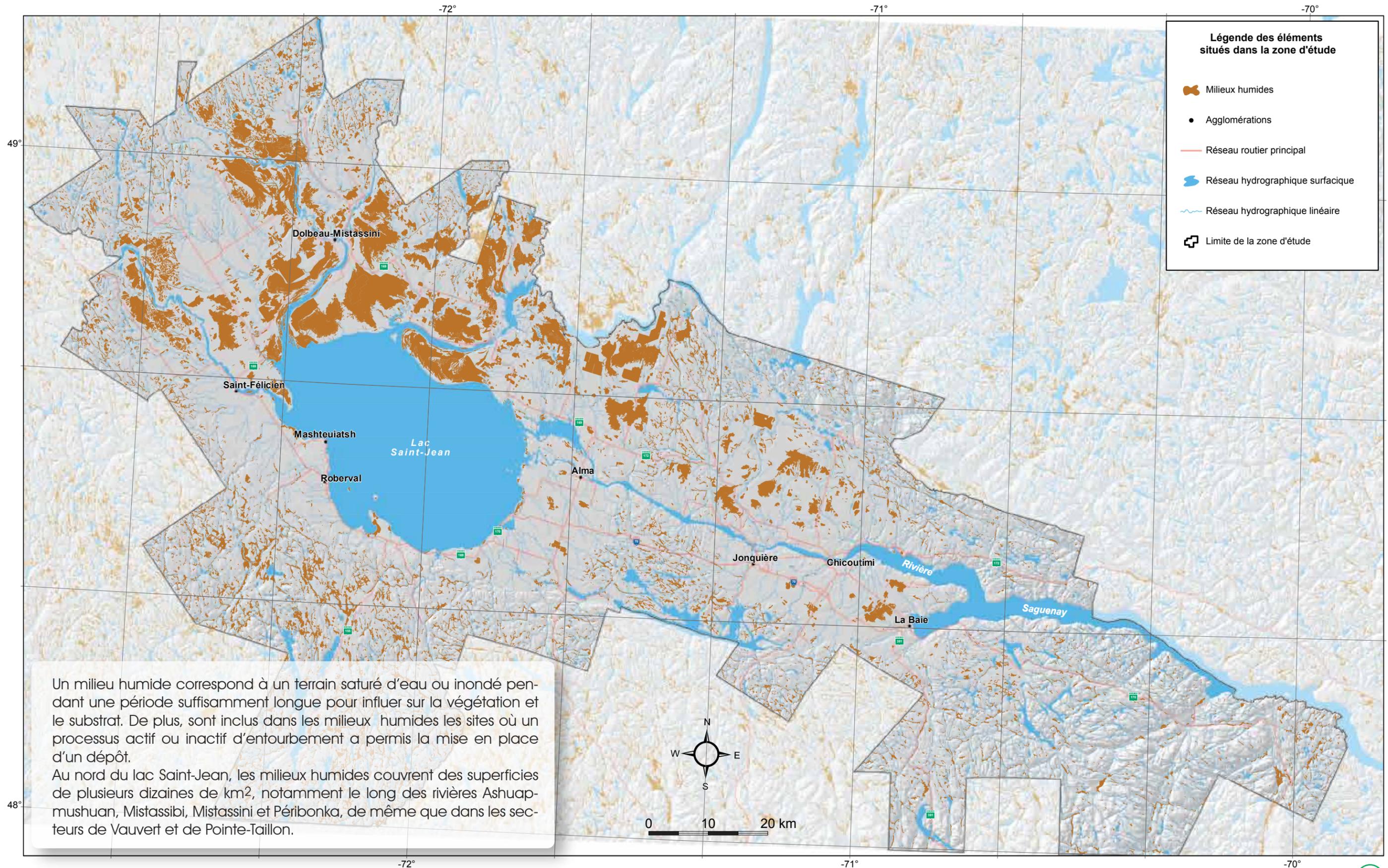
Les bassins versants

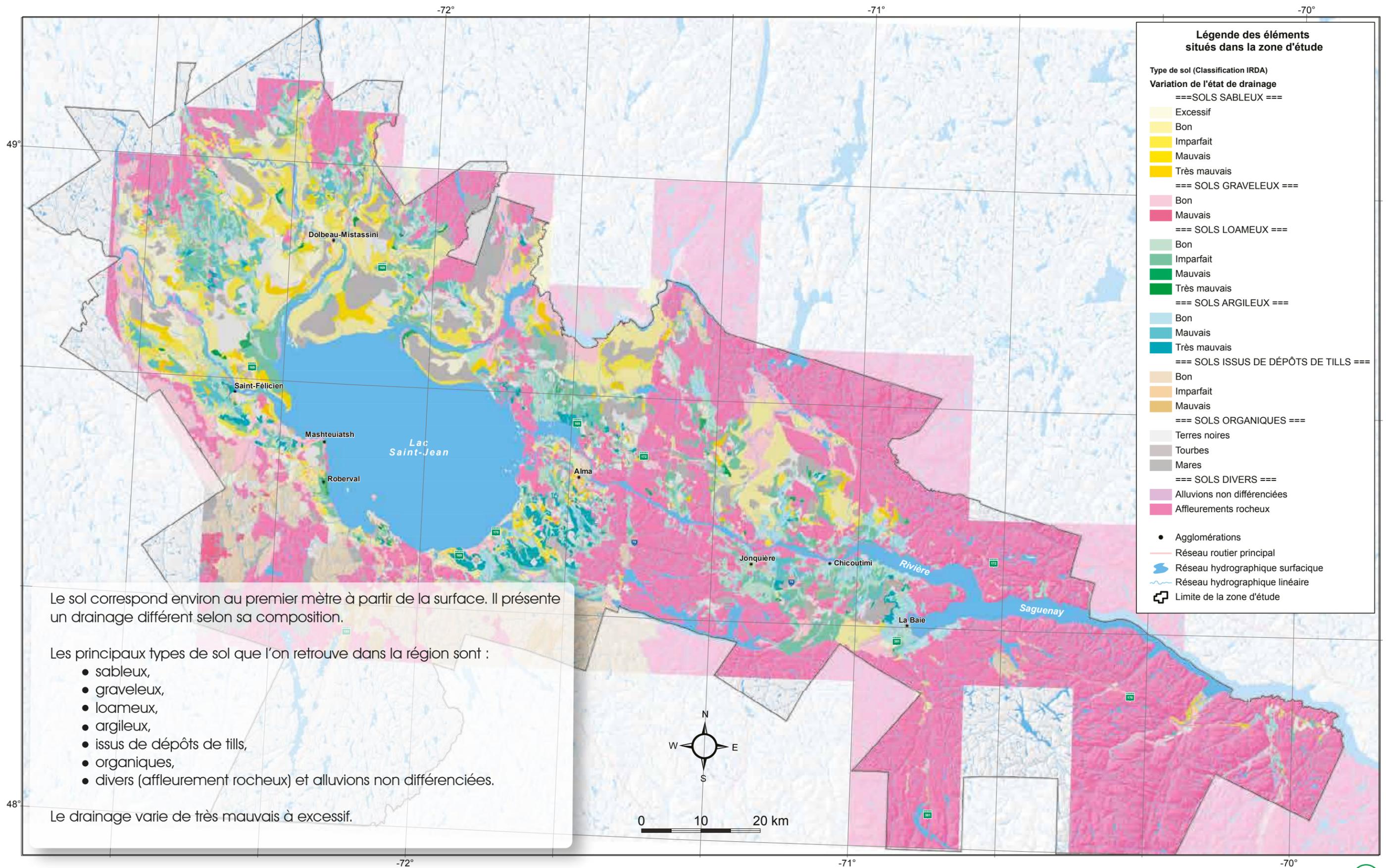
Le premier niveau compte un seul bassin versant et correspond à celui de la rivière Saguenay qui inclut le lac Saint-Jean, la rivière Saguenay et le Fjord du Saguenay. La limite de ce bassin versant est représentée par une ligne rouge sur la carte présentée à la page suivante, bien que ce bassin n'y soit pas montré en entier.

Les limites des bassins versants du deuxième niveau sont représentées par des lignes noires. Le territoire municipalisé du Saguenay-Lac-Saint-Jean touche à vingt-sept bassins versants de deuxième niveau. Seule la partie aval de la plupart de ces bassins versants se situe sur le territoire municipalisé (basses terres), alors que la partie amont, dans les hautes terres, se trouve en dehors du territoire municipalisé.









Légende des éléments situés dans la zone d'étude

Type de sol (Classification IRDA)

Variation de l'état de drainage

=== SOLS SABLEUX ===

- Excessif
- Bon
- Imparfait
- Mauvais
- Très mauvais

=== SOLS GRAVELEUX ===

- Bon
- Mauvais

=== SOLS LOAMEUX ===

- Bon
- Imparfait
- Mauvais
- Très mauvais

=== SOLS ARGILEUX ===

- Bon
- Mauvais
- Très mauvais

=== SOLS ISSUS DE DÉPÔTS DE TILLS ===

- Bon
- Imparfait
- Mauvais

=== SOLS ORGANIQUES ===

- Terres noires
- Tourbes
- Mares

=== SOLS DIVERS ===

- Alluvions non différenciées
- Affleurements rocheux

- Agglomérations
- Réseau routier principal
- Réseau hydrographique surfacique
- Réseau hydrographique linéaire
- ⊞ Limite de la zone d'étude

Le sol correspond environ au premier mètre à partir de la surface. Il présente un drainage différent selon sa composition.

Les principaux types de sol que l'on retrouve dans la région sont :

- sableux,
- graveleux,
- loameux,
- argileux,
- issus de dépôts de tills,
- organiques,
- divers (affleurement rocheux) et alluvions non différenciées.

Le drainage varie de très mauvais à excessif.

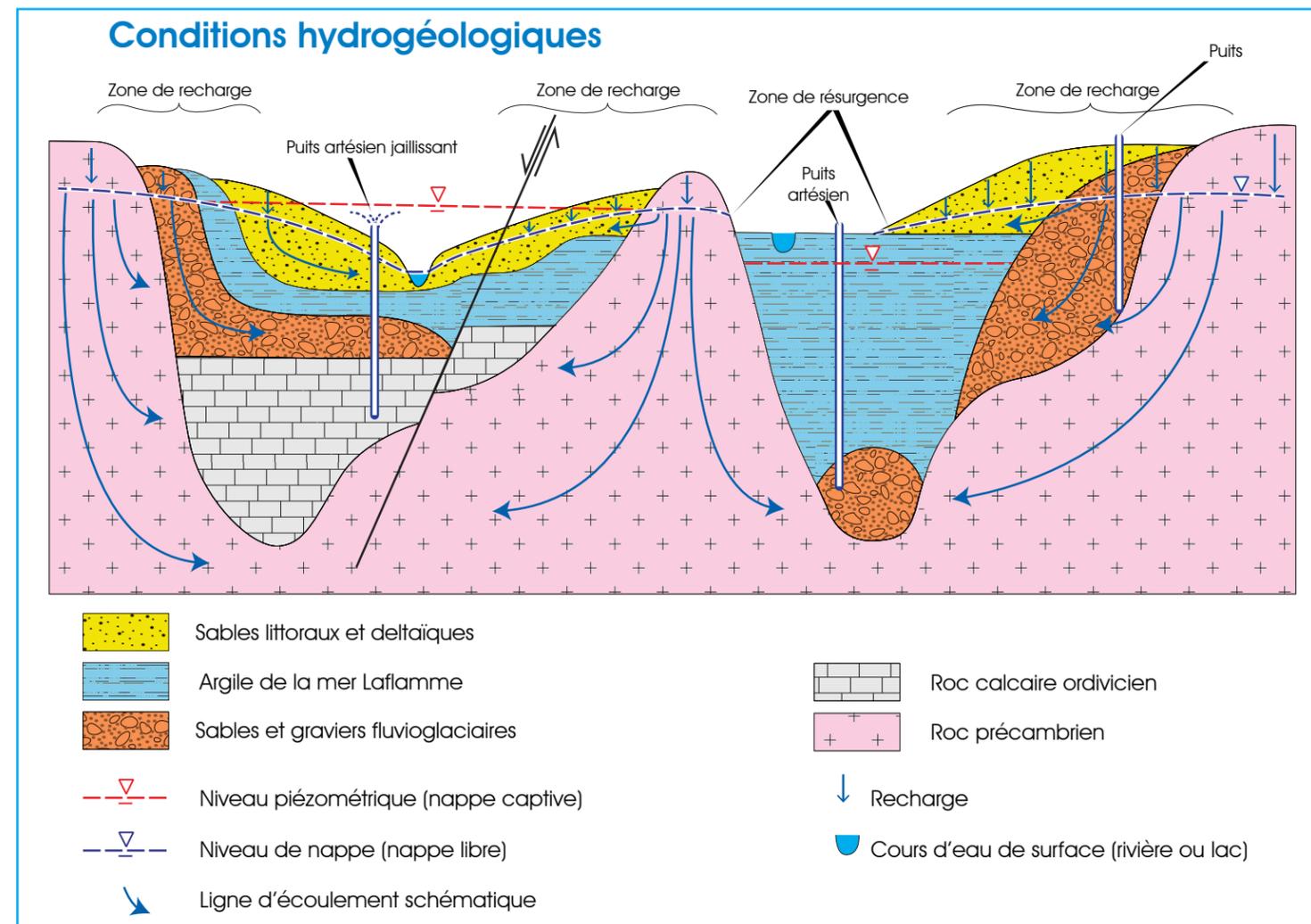
Les propriétés intrinsèques des milieux aquifères

L'hydrogéologie est une discipline scientifique qui regroupe l'hydrologie et la géologie. Il en résulte deux approches différentes mais complémentaires permettant de définir l'hydrogéologie:

- **Une spécialisation de la géologie** qui traite des propriétés des milieux portant notamment sur leurs capacités à contenir et à laisser s'écouler l'eau souterraine. L'hydrogéologie est donc dans ce cas une discipline axée sur les milieux géologiques que l'on considère comme le *CONTENANT* des eaux souterraines.

- **Une spécialisation de l'hydrologie** qui traite de l'eau souterraine en tenant compte des conditions géologiques. L'hydrogéologie est donc dans ce cas une discipline axée sur les comportements de l'eau, que l'on considère comme le *CONTENU* des milieux géologiques aquifères.

Les données hydrogéologiques du Saguenay-Lac-Saint-Jean définissent dans un premier temps le *CONTENANT* des eaux souterraines pour définir ensuite le *CONTENU* des milieux géologiques aquifères.



Un milieu aquifère correspond à un milieu géologique poreux et perméable permettant l'écoulement d'une quantité d'eau suffisante pour une exploitation utile.

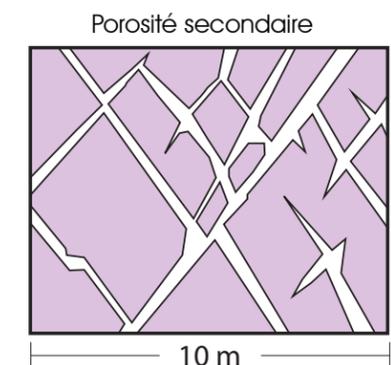
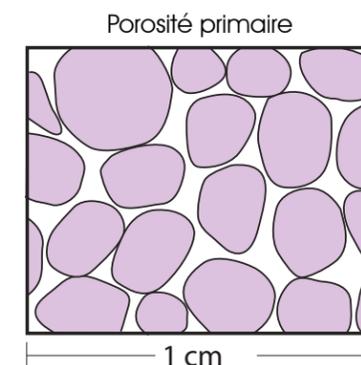
Les milieux aquifères de la région SLSJ sont de 2 types :

- Le socle rocheux
- Les dépôts granulaires

Ces milieux sont définis par leurs propriétés intrinsèques dont les plus importantes sont, la porosité et la perméabilité. Ces propriétés définissent leur caractère aquifère ou aquitard.

Porosité

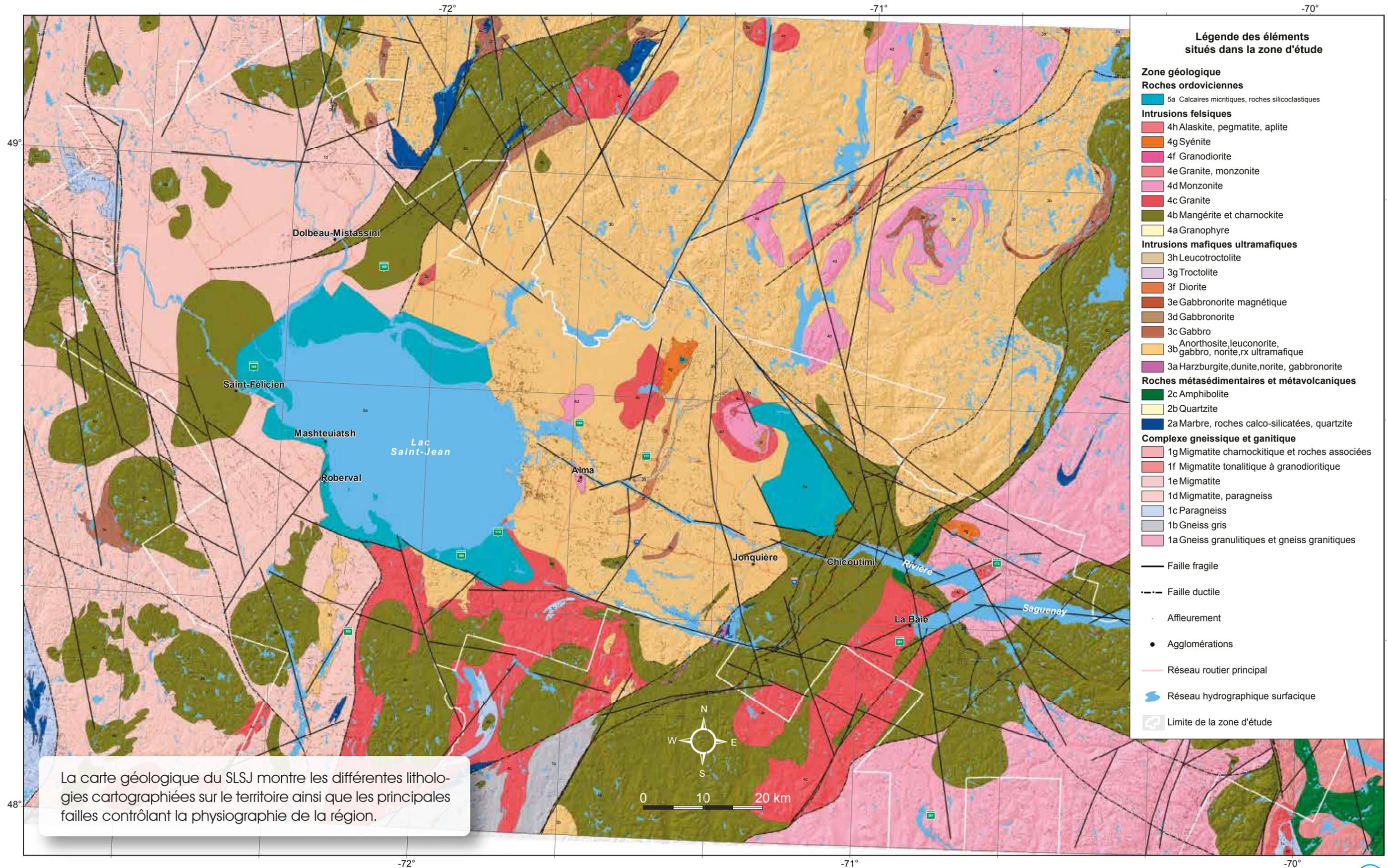
La quantité d'eau présente dans le milieu dépend principalement du nombre et de la taille des pores dont on distingue deux catégories: la porosité primaire correspond aux vides entre les grains ou les cristaux constituant le milieu, la porosité secondaire correspond aux vides induits par la fracturation.



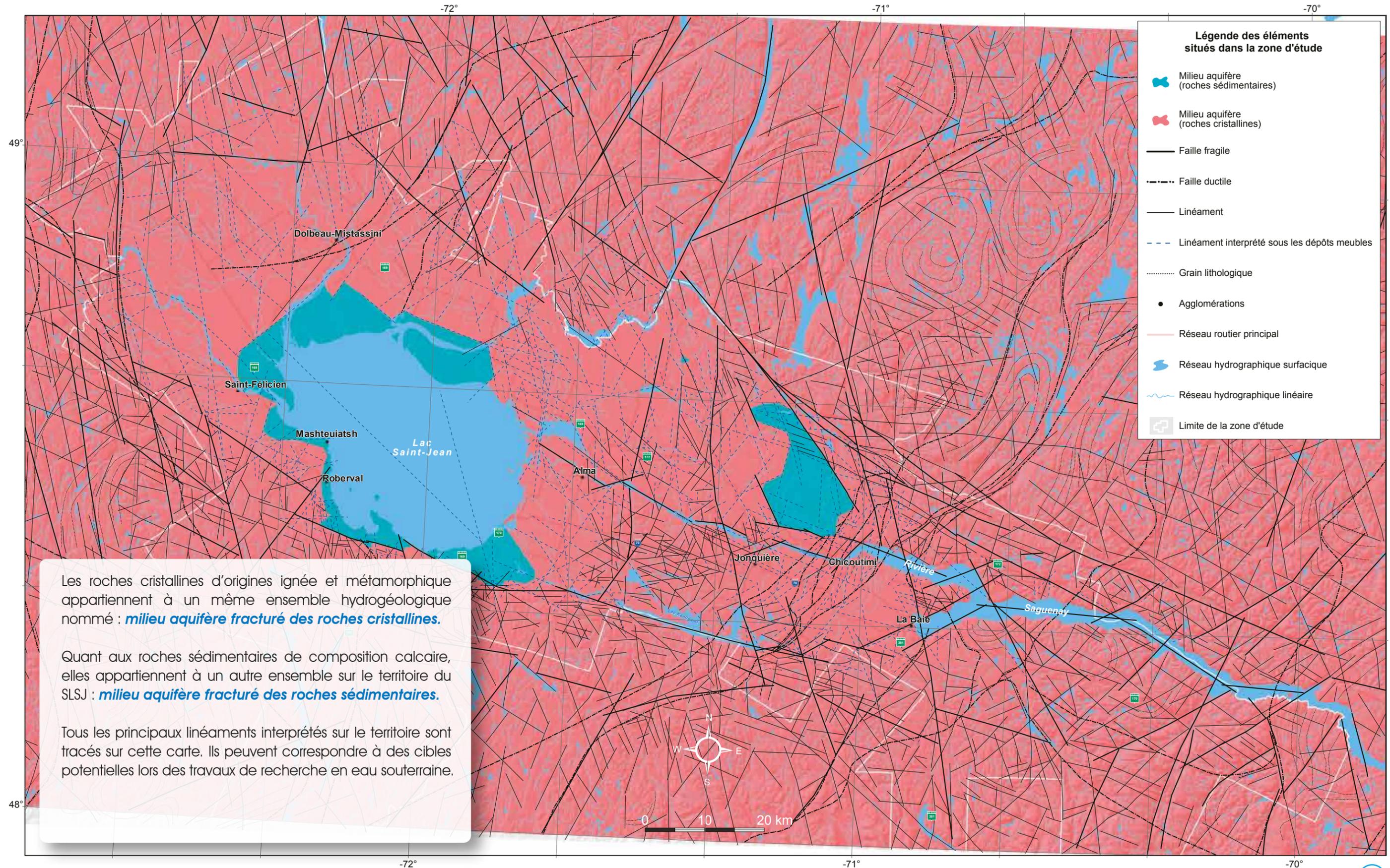
Perméabilité

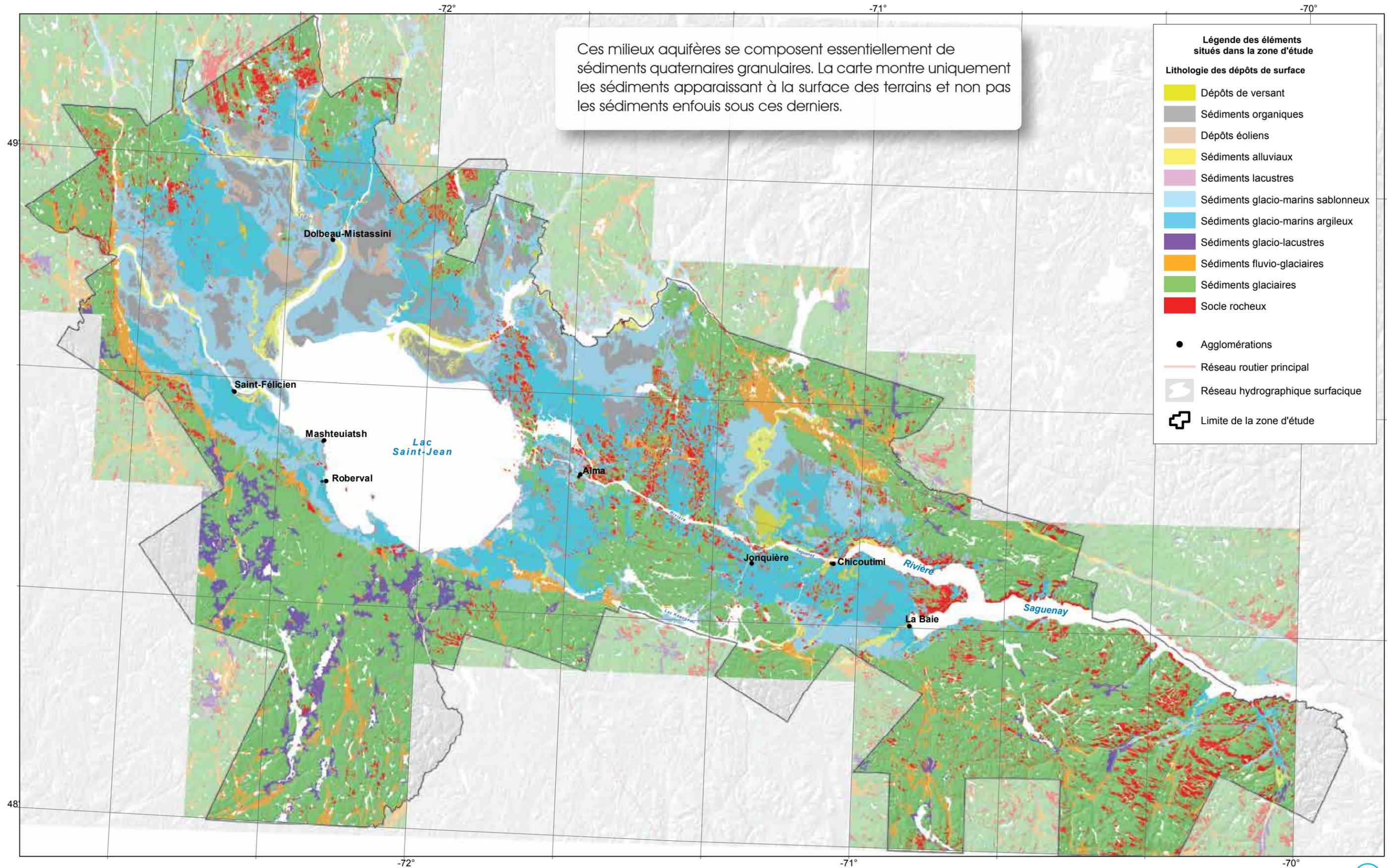
Dans **un milieu granulaire**, c'est la connexion entre les pores et leur taille qui contrôlent la perméabilité.

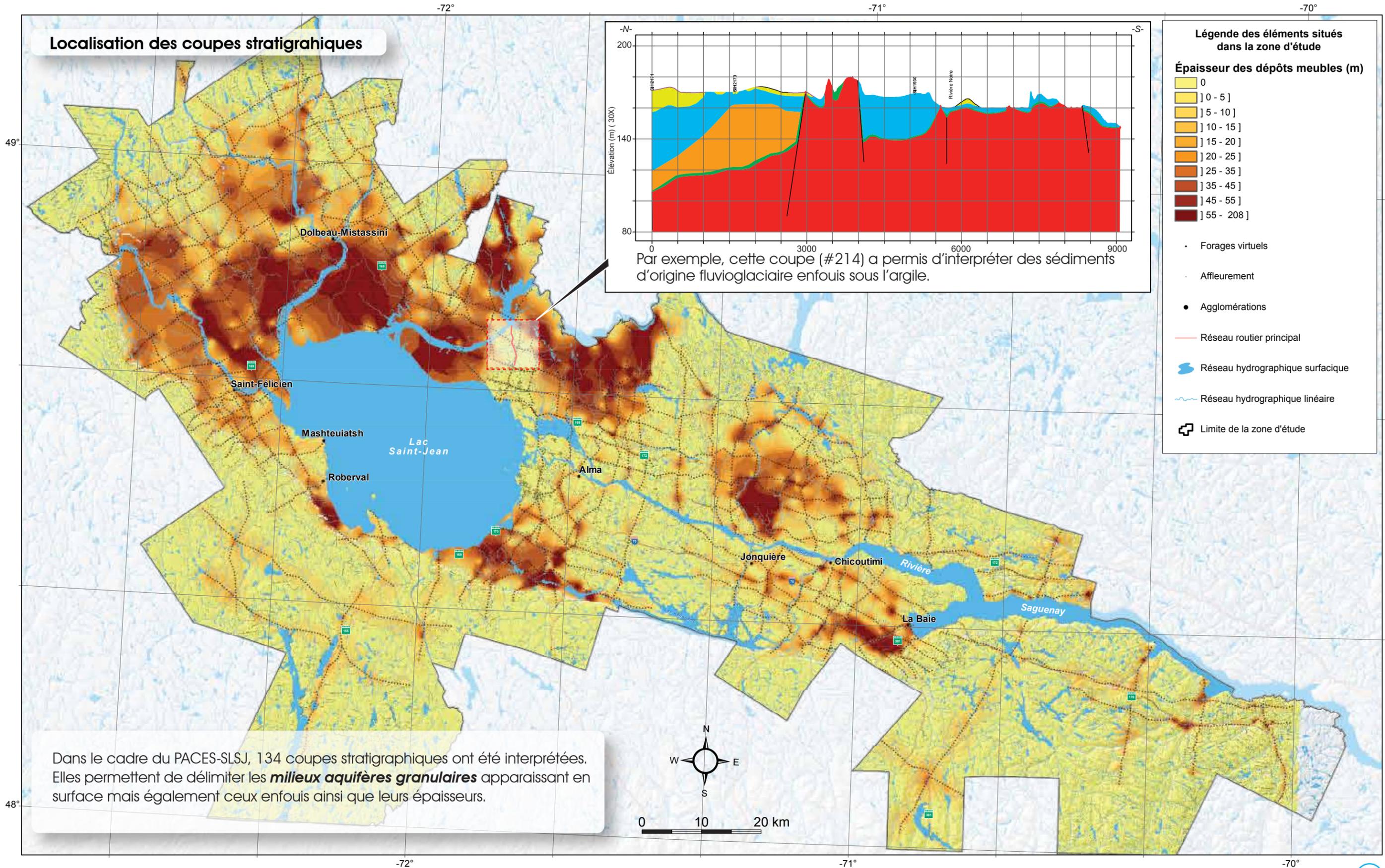
Dans **un milieu fracturé**, l'écoulement est contrôlé par l'ouverture des fractures, mais également par la densité du réseau et les connexions entre les fractures qui le constitue.

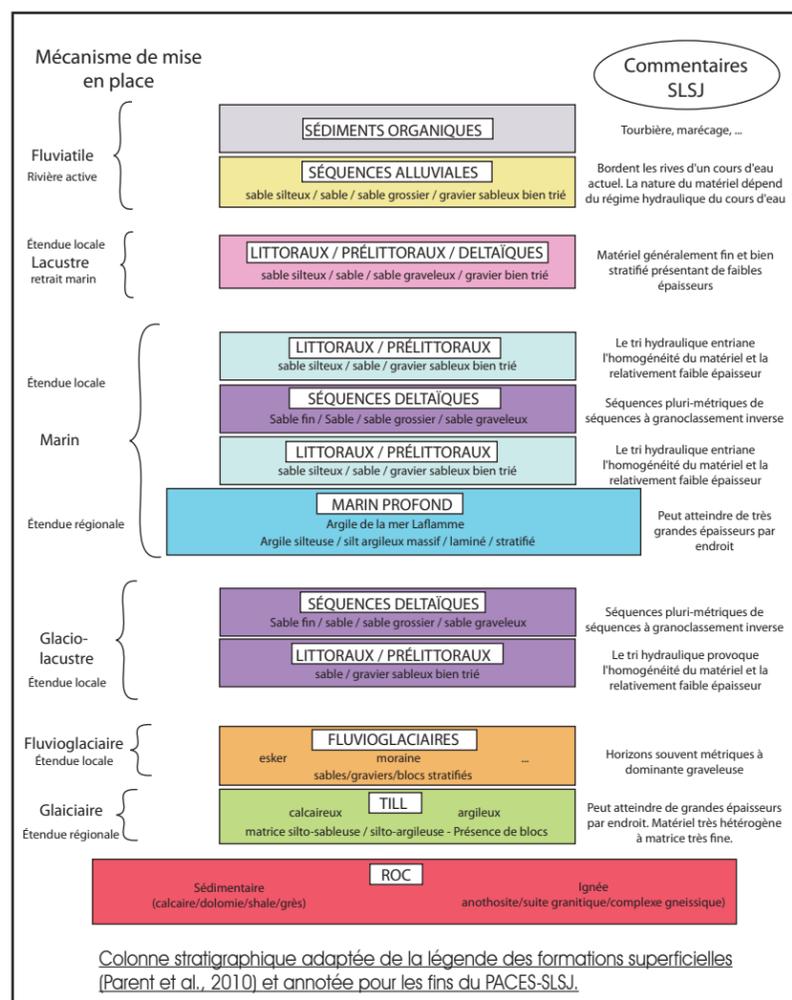


La carte géologique du SLSJ montre les différentes lithologies cartographiées sur le territoire ainsi que les principales failles contrôlant la physiographie de la région.

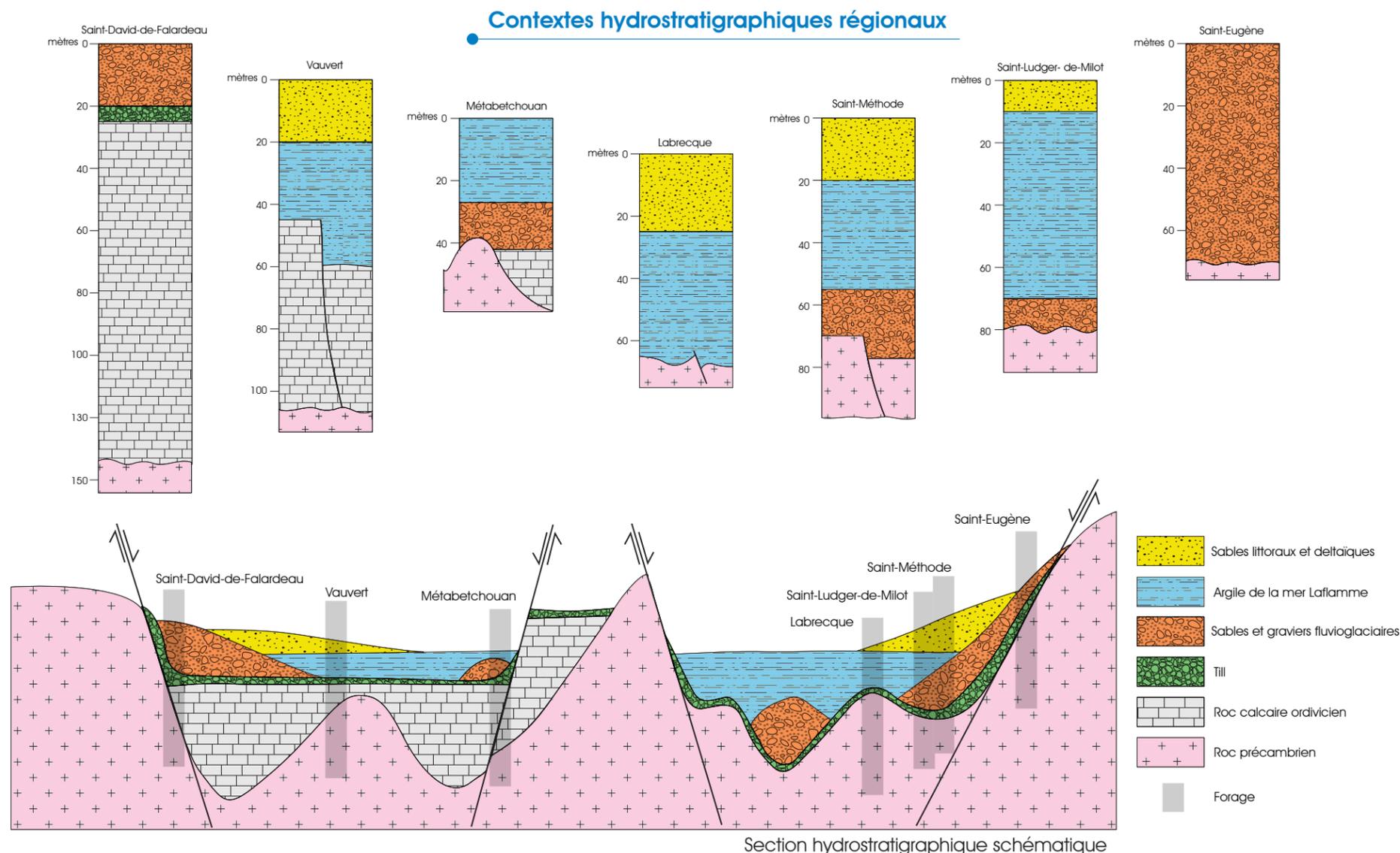








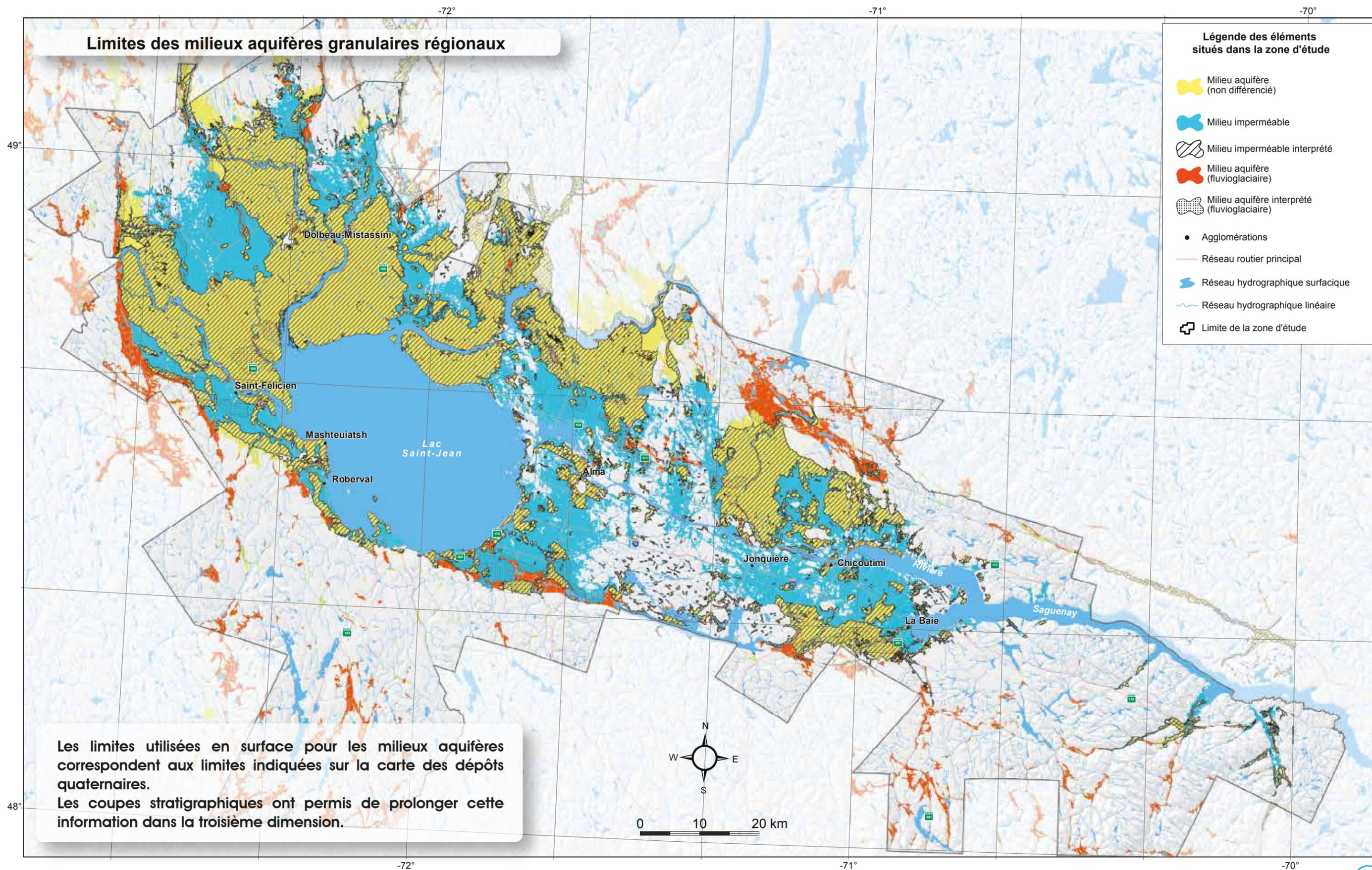
Différentes séquences d'empilement ont été observées localement lors des travaux d'investigation réalisés par PACES-SLSJ. Tel qu'illustré, les aquifères fluvioglaciers (orange) sont, dans plusieurs cas, sous-jacents à la couche d'argile (bleue) ou à la couche de sables hétérogènes (jaune) et doivent être interprétés sous ces dépôts. Pour ce faire, des coupes stratigraphiques ont été effectuées sur l'ensemble du territoire SLSJ.



Simplification de la stratigraphie ...

Les dépôts quaternaires se divisent en deux grands types pour leur rôle hydrogéologique. On distingue les aquifères des milieux perméables de ceux des milieux peu perméables. Pour la région du SLSJ, ces grands types de milieux correspondent dans leurs positions stratigraphiques respectives aux quatre éléments décrits ici:

- **Sables hétérogènes** : correspondent à des sédiments d'origine glaciomarine, lacustre, alluviale et éolienne. Dans la région ces milieux aquifères sont de perméabilité moyenne à élevée.
- **Argile** : correspond à des sédiments marins déposés par la mer Laflamme. Dans la région l'argile constitue une couche imperméable d'épaisseur variable et couvre la majeure partie du territoire se trouvant à une élévation inférieure à environ 200 m.
- **Sédiments fluvioglaciers** : correspondent à des sédiments d'origine glaciaire composés principalement de sable et gravier. Dans la région les sédiments fluvioglaciers sont considérés les plus perméables.
- **Till** : correspond à un assemblage de matériaux glaciaires dont la granulométrie est très hétérogène et la matrice très fine. Dans la région le till est considéré peu perméable.



Les propriétés hydrauliques permettent d'analyser de façon quantitative les écoulements souterrains. Elles dépendent à la fois des propriétés du fluide, en l'occurrence l'eau, et des propriétés physiques du milieu permettant l'emmagasinement et l'écoulement de l'eau.

Selon la facilité avec laquelle l'eau circule dans le milieu, ce dernier est caractérisé comme étant un aquifère ou un aquitard.

- 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 cas par exemple d'un aquifère exploité par une municipalité pour l'alimentation en eau potable.
- Un aquitard est un milieu poreux mais peu perméable; c'est le cas d'une couche d'argile par exemple. L'eau s'y trouvant ne peut pas être exploitée de manière économique.

Dans le cadre du PACES-SLSJ, les propriétés hydrauliques ont été estimées tant pour des aquifères constitués de matériau granulaire que ceux constitués de roc fracturé. Parmi les propriétés hydrauliques, seule la transmissivité est disponible autant pour les aquifères de roc fracturé que pour les aquifères granulaires.

La conductivité hydraulique

La conductivité hydraulique (K) définit la capacité d'un milieu à laisser circuler l'eau. Elle s'exprime en longueur par unité de temps (L/T).

La transmissivité

La transmissivité (T) correspond au produit de la conductivité hydraulique par l'épaisseur de l'aquifère. Elle s'exprime en surface par unité de temps (L^2/T).

Différents types d'essai ont été utilisés dans le cadre du PACES-SLS pour estimer les propriétés hydrauliques de milieux aquifères, notamment des essais hydrauliques et des profils de diaggraphie en forage.

Essai de pompage



©2011, PACES-SLSJ

Diagraphie



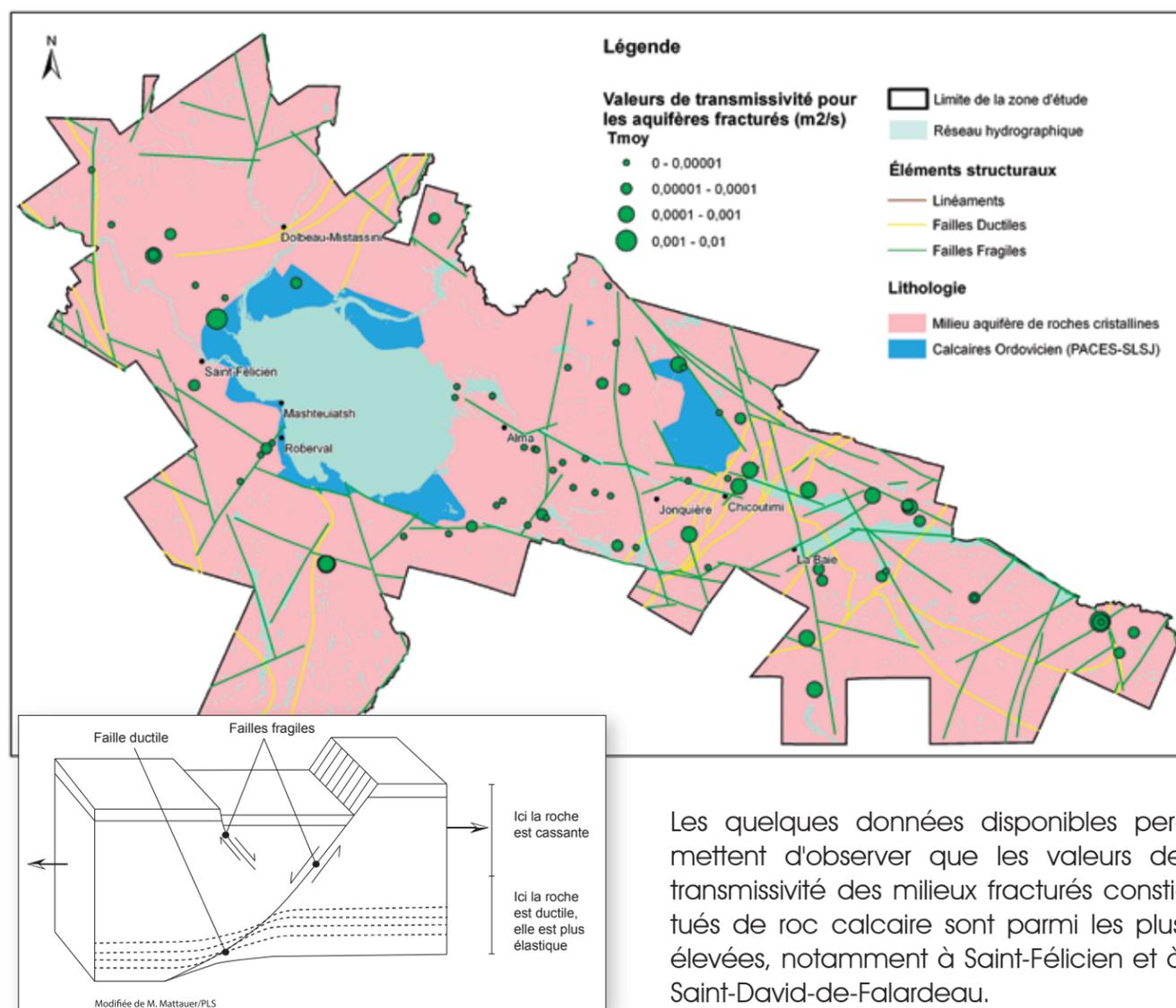
©2011, PACES-SLSJ

Essai d'injection entre obturateurs



Les propriétés hydrauliques des milieux fracturés

Les valeurs de transmissivité disponibles sont issues des essais de pompage (PACES-SLSJ et des rapports de consultants) obtenues pour les milieux aquifères fracturés. La répartition des valeurs est relativement homogène sur le territoire et la correspondance avec des structures géologiques n'est pas évidente. Quelques observations sont cependant possibles.



Les quelques données disponibles permettent d'observer que les valeurs de transmissivité des milieux fracturés constitués de roc calcaire sont parmi les plus élevées, notamment à Saint-Félicien et à Saint-David-de-Falardeau.

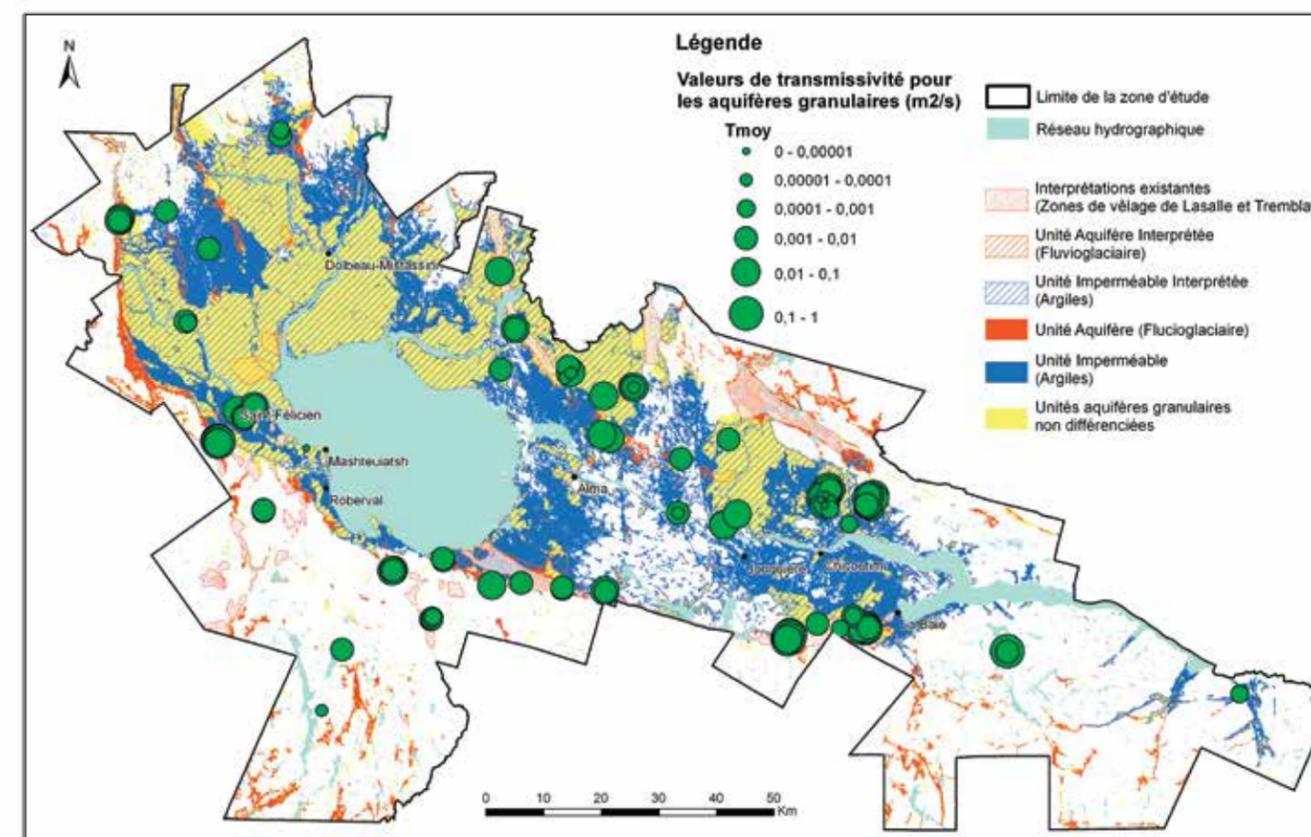
C'est le cas également de la zone de déformation de Saint-Fulgence, marquée

par la trace de failles ductiles orientées NE-SW et passant entre Chicoutimi et La Baie. Le secteur des municipalités de Sainte-Rose-du-Nord, de La Baie et de Ferland-Boilleau présente aussi plusieurs valeurs élevées de transmissivité. Ce secteur est marqué par la présence de failles et de linéaments majeurs qui résultent d'un des plus vieux accidents ductiles de la région ou qui constituent la limite est du Graben du Saguenay.

Les propriétés hydrauliques des milieux granulaires

Les valeurs de transmissivité disponibles sont issues des essais de pompage (PACES-SLSJ et rapports de consultants) pour les milieux aquifères granulaires.

Les valeurs de transmissivité de l'ordre de 1×10^{-3} m/s dans les environnements dominés par l'argile en surface (à l'ouest du lac Saint-Jean, dans le secteur de Saint-Félicien, dans le secteur de La Baie et dans le secteur de Sainte-Monique) suggèrent la présence de dépôts granulaires confinés par l'argile.



Aussi, les fortes accumulations de dépôts de surface, mises en évidence par la carte d'épaisseur des dépôts de surface, semblent présenter une transmissivité hétérogène, notamment au sud de la rivière Péribonka dans le secteur de l'Ascension de Notre-Seigneur et de Labrecque où les aquifères superficiels (sédiments deltaïques) dominent.

De plus, on note l'importance des dépôts fluvioglaaciaires accumulés dans les vallées qui entaillent les hautes terres. En effet, aucune valeur faible de T n'est mesurée à ces endroits.

Finalement, pour l'ensemble de la région, les valeurs de transmissivité sont moyennes à élevées, ce qui suggère le fort potentiel aquifère du milieu granulaire.

Le niveau de l'eau souterraine

La piézométrie régionale du Saguenay - Lac-Saint-Jean

La piézométrie représente le niveau du toit d'une nappe d'eau souterraine. À l'aide de piézomètres qui sont des ouvrages artificiels (puits, forage, etc.) ou naturels (grotte, gouffre, etc.) , l'hydrogéologue mesure ce niveau d'eau souterraine.

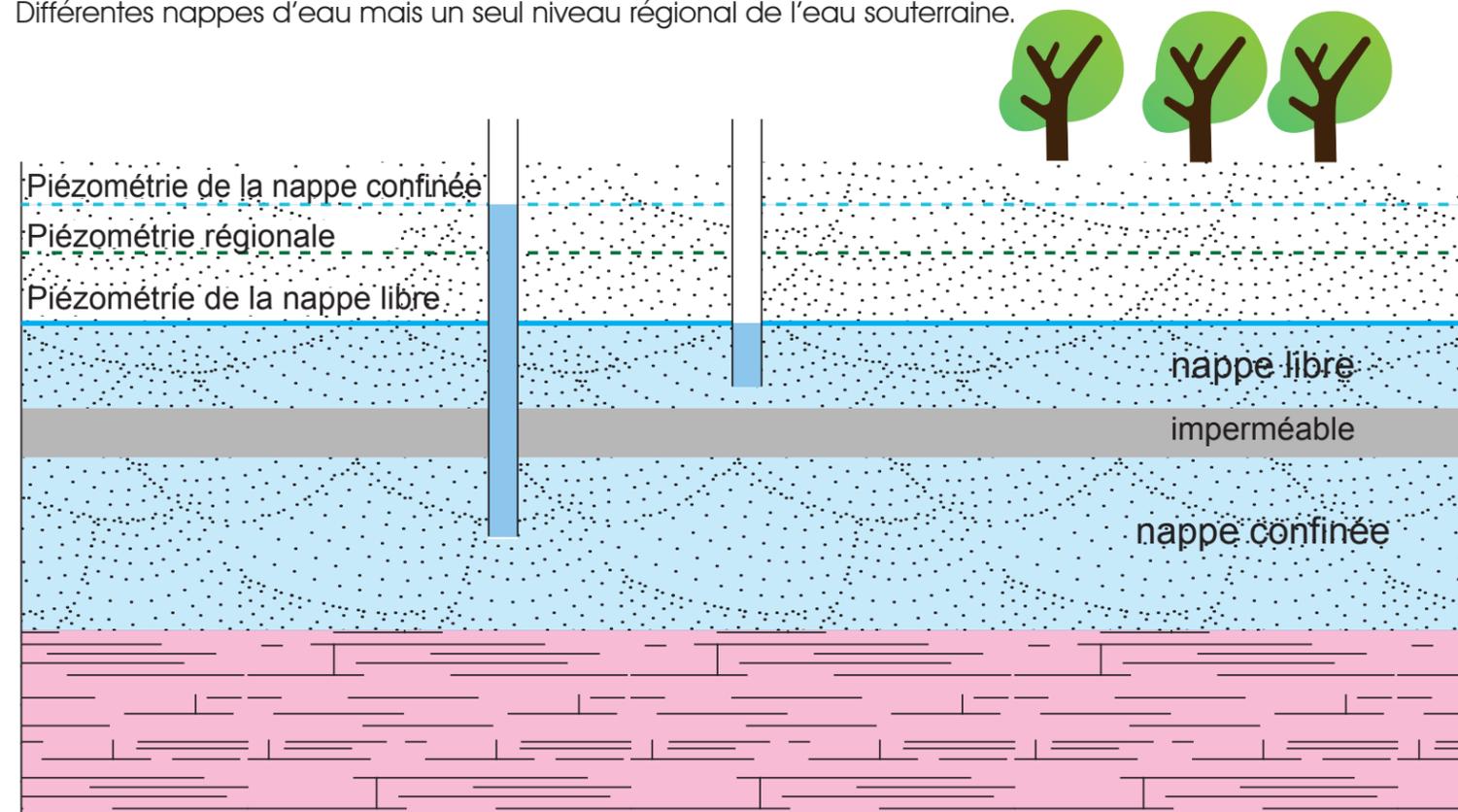
La surface qui relie tous ces points de mesure du niveau de l'eau s'appelle la surface piézométrique. Sa représentation cartographique peut s'apparenter à une carte topographique où les courbes de niveau que l'on appelle courbes iso-piézométriques correspondent à des points de même niveau de nappe.

Piézométrie régionale? Une seule masse d'eau?

Selon la description des milieux aquifères présents au Saguenay-Lac-Saint-Jean, plusieurs nappes se superposent. Cette superposition est due à des couches imperméables (argiles) qui confinent les nappes sous-jacentes. Avec des piézomètres, il est possible de connaître le niveau de chacune de ces nappes.

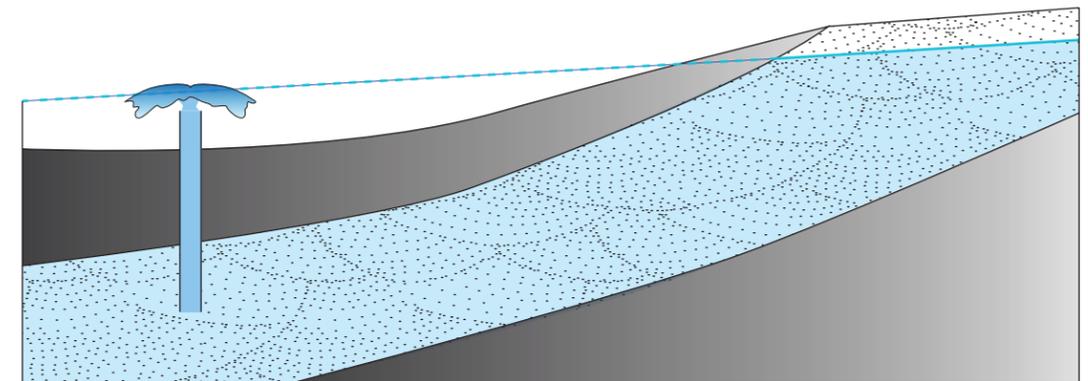
Cependant, à l'échelle de la région chaque valeur d'un niveau de nappe n'est pas associée à une nappe particulière. La piézométrie régionale est donc une estimation moyenne d'un niveau de l'eau souterraine.

Différentes nappes d'eau mais un seul niveau régional de l'eau souterraine.



Les puits jaillissants

La surface piézométrique est définie par le niveau d'eau atteint localement dans plusieurs piézomètres. Sous certaines conditions il arrive que la surface piézométrique soit plus élevée que la surface du sol. Dans ce cas la nappe est dite artésienne.

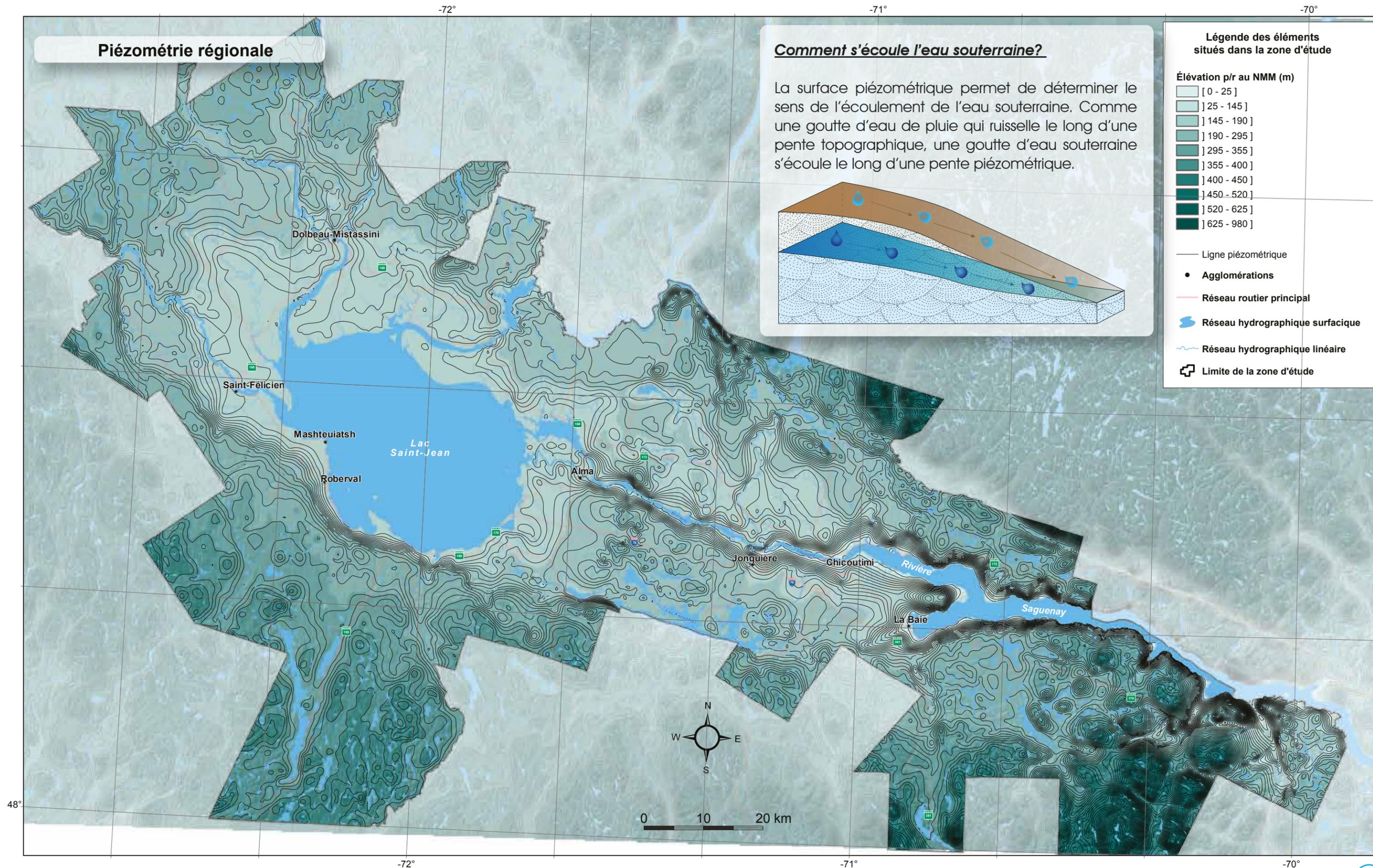


Exemple d'un puits artésien jaillissant

Puits artésien jaillissant –Métabetchouane-



©2011, PACES-SLSJ

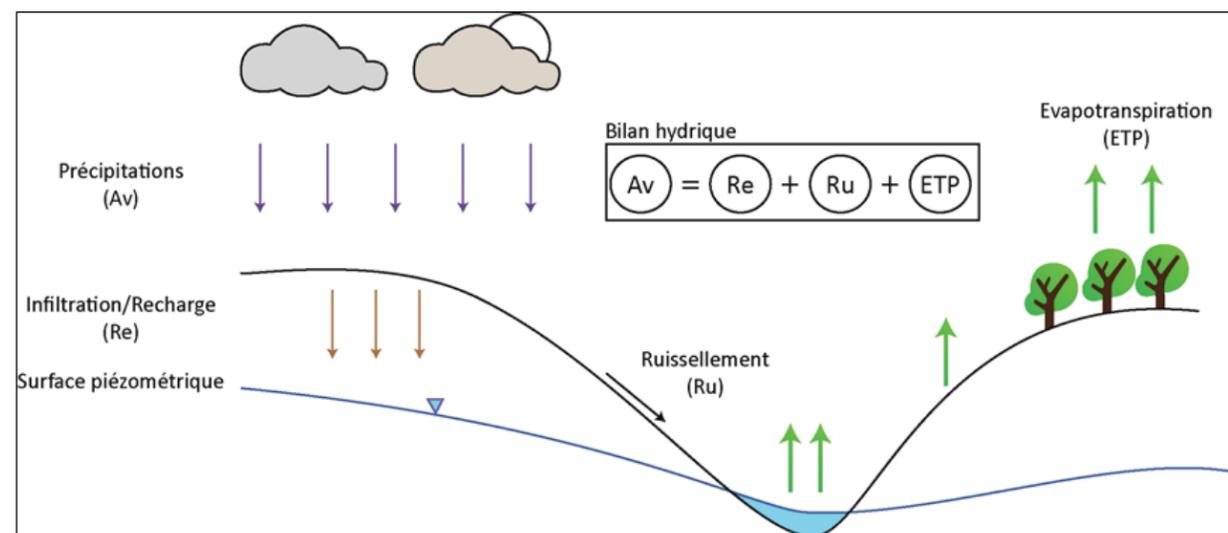


Recharge des aquifères

La recharge est le processus par lequel une nappe d'eau reçoit un apport d'eau qui permet le renouvellement de l'eau souterraine. En comparant les quantités d'eau souterraine prélevées et la capacité d'une nappe à se recharger, on obtient un indicateur important pour la pérennité et l'exploitation durable de la ressource.

Comment évalue-t-on la recharge ?

La recharge est un paramètre important du cycle de l'eau. Ce cycle est quantifiable par le bilan hydrique.



Le bilan hydrologique est une estimation des quantités d'eau qui contribuent aux différentes étapes du cycle de l'eau : les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

Zones de recharge préférentielle

La recharge est liée à la capacité du sol et du sous-sol à laisser s'infiltrer l'eau. On constate donc sur la région de grandes variabilités de cette recharge en fonction du type de sol et du milieu aquifère. Les zones de recharge préférentielle sont donc les parties du territoire où l'on retrouve les plus grandes capacités d'infiltration de l'eau. Ces zones correspondent aux milieux aquifères granulaires présents en surface.

La carte des zones de recharge préférentielles met en valeur les milieux aquifères granulaires et ne présente aucune valeur de recharge pour le substrat rocheux. Toutefois comme le démontre la figure ci-contre, les milieux aquifères de roches cristallines ou sédimentaires présentent également une valeur de recharge, mais souvent trop faible pour être régionalement considérée comme préférentielle.

Les précipitations : les apports verticaux (Av)

En climat continental la présence d'un couvert neigeux modifie l'estimation des précipitations. Cette estimation est réalisée par la somme des apports en eau de la fonte des neiges et de l'eau de pluie. Cette donnée est appelée : «apport vertical», elle est estimée et fournie par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ).

L'évapotranspiration (ETP)

Le couvert végétal joue un rôle important du cycle de l'eau. Il extrait une partie de l'eau infiltrée dans le sol et la retourne ensuite par la transpiration (évapotranspiration) sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

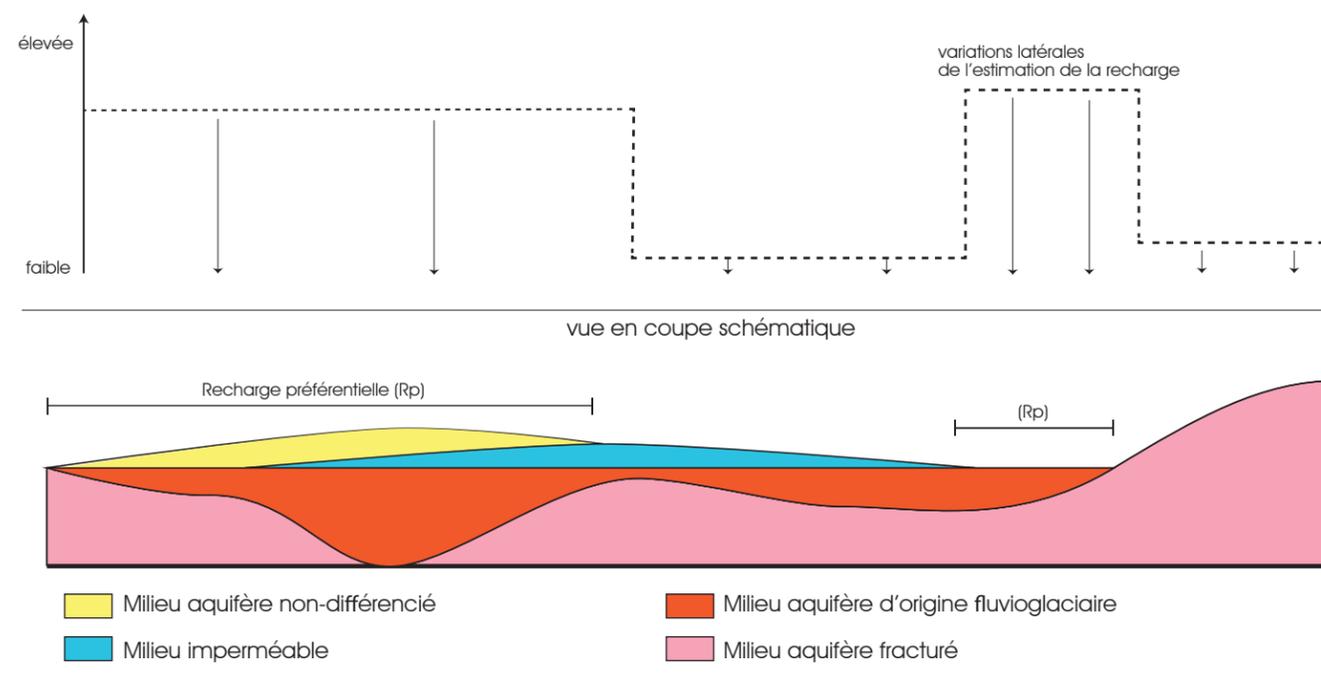
L'évapotranspiration peut être estimée suivant une équation empirique proposée par Hydro-Québec en fonction des températures maximales (T_M) et minimales (T_m) journalières. Les T_M et T_m journalières sont également fournies par le CEHQ.

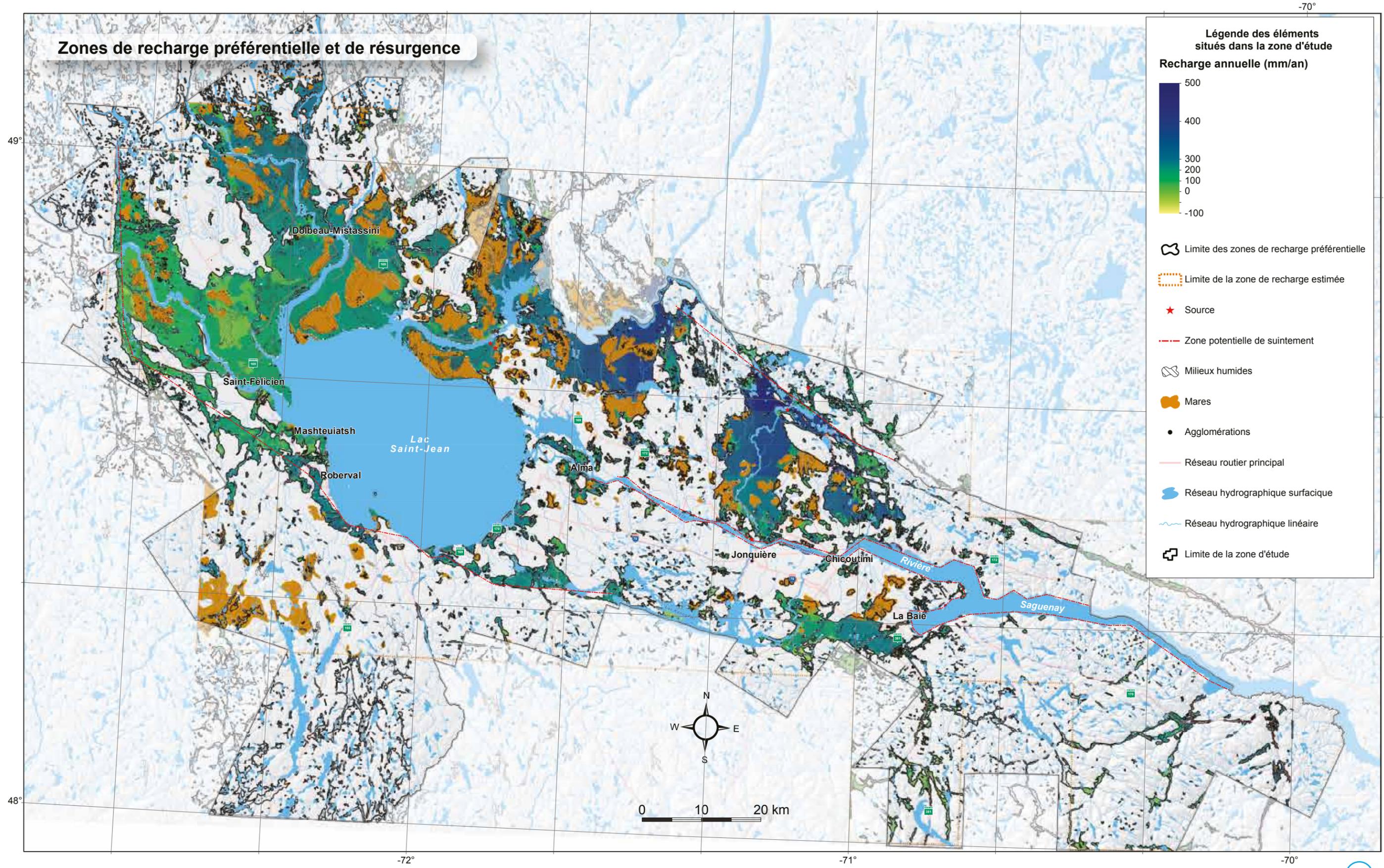
Le ruissellement (Ru)

Le ruissellement est fonction de la pente et du type de sol. Son estimation est réalisée avec la méthode des « Curve number ». Cette méthode tient compte particulièrement des types de sols présents dans la région.

La recharge (Re)

La recharge est donc déduite par ce bilan hydrique selon l'équation : **Re = Av - ETP - Ru**

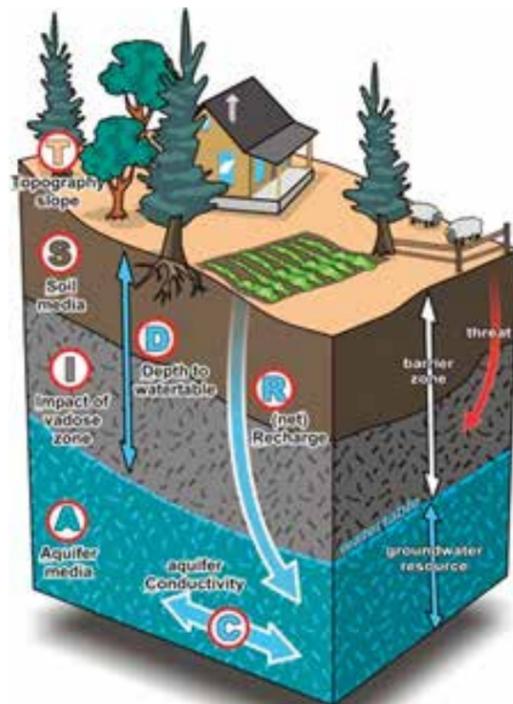




Vulnérabilité

La vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination de surface pour la région du SLSJ est définie suivant la méthode de l'indice DRASTIC. Cette méthode paramétrique pondérée pour l'estimation de la vulnérabilité des aquifères a été développée par la U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA).

Cette méthode utilise 7 paramètres, chaque lettre de DRASTIC correspond à un paramètre caractéristique du milieu aquifère (Aller et al., 1987)¹ et influence la vulnérabilité des eaux souterraines.



source: Richard Franklin & Robert Turner, GSC.
Modifié par Cyrille Medard de Chardon

Chaque paramètre est défini par sa cote et son poids :

La cote correspond à un intervalle de valeurs ou à un type de milieu. Ces cotes sont généralement croissantes de 1 à 10 suivant l'impact de la valeur du paramètre sur l'estimation de l'indice de vulnérabilité.

Le poids varie de 1 à 5 et représente l'importance du paramètre dans le processus physique influençant le caractère vulnérable ou non d'un aquifère.

L'indice de vulnérabilité est par la suite déterminé par la somme des produits des cotes (indice R : rating) et du poids (indice W : weight) attribués aux différents paramètres :

$$\text{Indice} = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

Les paramètres de l'indice DRASTIC

D - Profondeur de la nappe

Ce paramètre correspond à la profondeur de l'eau souterraine à partir de la surface du sol. Pour le PACES-SLSJ, la profondeur de l'eau est déduite de la piézométrie régionale.

R - Recharge

Ce paramètre fournit le taux de recharge annuelle qui percole dans le sol de la surface jusqu'au toit de la nappe. Dans le cadre du PACES-SLSJ ce paramètre correspond à la recharge moyenne sur une période de 10 ans (de 2000 à 2009).

A - Milieu aquifère

La circulation de l'eau souterraine est fortement influencée par la perméabilité, la composition et la porosité du milieu aquifère qui la contient. De façon générale, plus le milieu est poreux, plus la circulation d'eau est rapide et plus la vulnérabilité est élevée. Ce milieu aquifère représente le premier aquifère intercepté à partir de la surface.

S - Type de sol

De façon analogue à la perméabilité du milieu aquifère considéré, la texture et la structure du premier mètre de sol influencent la circulation et surtout l'infiltration de l'eau souterraine. De façon générale, plus le sol présente une granulométrie grossière, plus sa perméabilité est élevée et plus la vulnérabilité sera élevée. Dans le cadre du PACES-SLSJ, ce paramètre est issu de la carte pédologique (IRDA).

T - Pente du sol

La pente du sol est un élément contrôlant le ruissellement et, de ce fait, elle influe sur les capacités d'infiltration de l'eau et donc sur la recharge de l'aquifère. Dans le cadre du PACES-SLSJ ce paramètre est issu de la topographie.

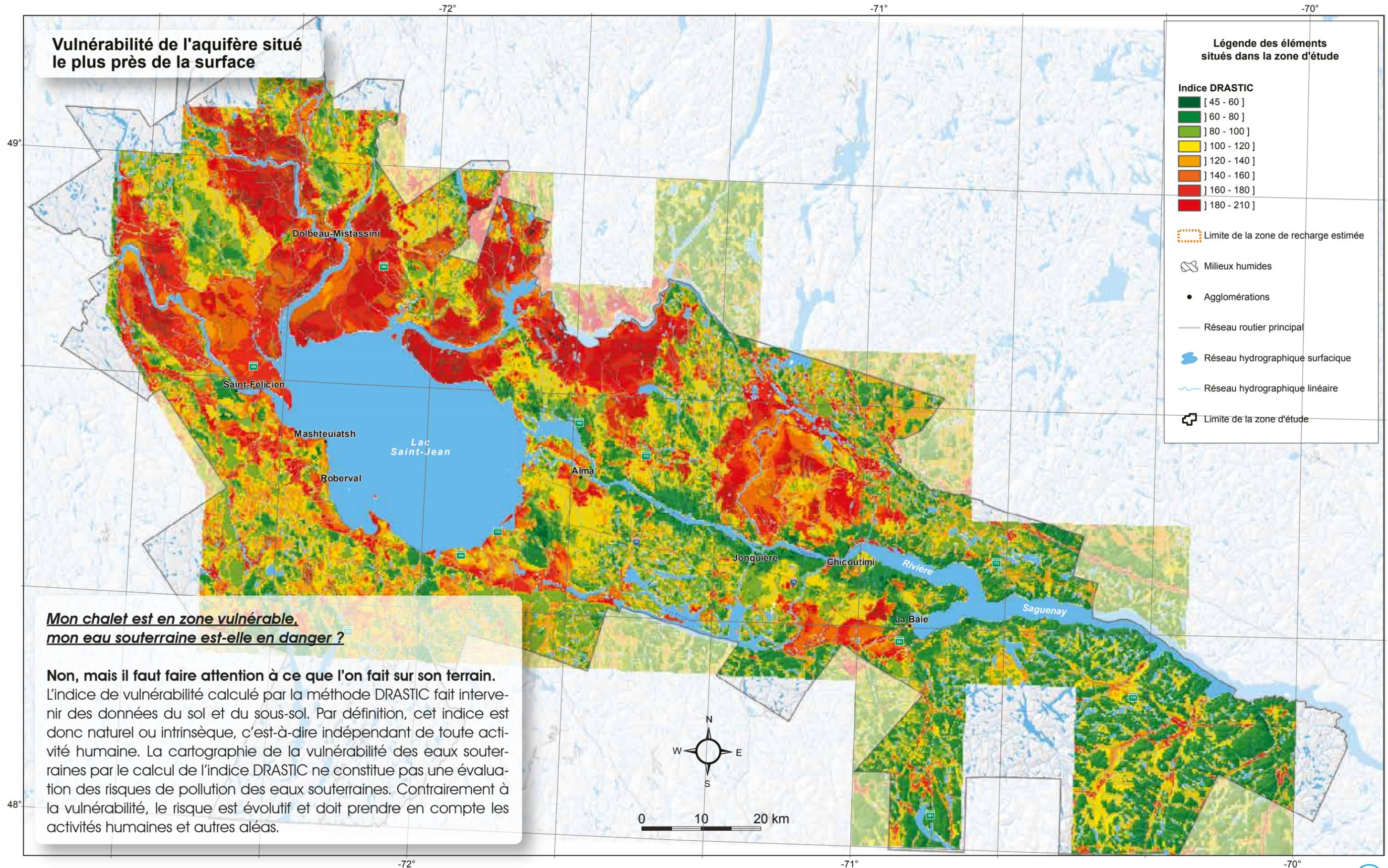
I - Impact de la zone vadose

La zone vadose représente la zone non saturée du sous-sol, soit celle située entre le sol et le toit de la nappe. De façon analogue à la perméabilité du milieu aquifère considéré, ainsi qu'à la texture et la structure du premier mètre de sol, les caractéristiques de la zone vadose influencent la circulation et surtout l'infiltration de l'eau souterraine. De façon générale, plus la zone vadose présente une stratigraphie perméable, plus la vulnérabilité sera élevée. La zone vadose étant représentative du premier environnement rencontré depuis la surface, les cartes géologiques (roc et quaternaire) ont été utilisées pour identifier cet environnement.

C - Conductivité hydraulique

La conductivité hydraulique (K) contrôle l'écoulement souterrain. Ce paramètre intrinsèque permet de quantifier la capacité d'un milieu aquifère à laisser circuler l'eau qu'il contient. De façon générale, plus K est élevé, plus un contaminant peut migrer rapidement et plus la vulnérabilité sera considérée élevée.

(1) Aller, L., Bennett, T., Lehr, J., Petty, R. et Hackett, G., 1987. DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting. National Water Well Association, Dublin Ohio / EPA Ada, Oklahoma, USA. EPA-600/2-87-035.



Utilisation de l'eau

Différents utilisateurs de l'eau souterraine sont présents sur le territoire. Les usages associés à un captage peuvent être déduits selon le propriétaire de ce captage.

Eau souterraine et eau de surface

L'utilisation de l'eau présente la quantité d'eau consommée par municipalité, que cette eau soit captée en surface ou souterraine. La taille du disque sur la carte est proportionnelle à la quantité d'eau totale consommée pour une année.

Cette carte d'utilisation de l'eau montre que les agglomérations principales en terme de population et de développement industriel de la région, soit Alma, Dolbeau-Mistassini, Roberval, Saguenay et Saint-Félicien sont celles qui consomment le plus d'eau dans la région. Toutefois, la municipalité de Saint-Honoré, bien que moins peuplée, présente également une consommation élevée d'eau qui est supérieure à celle de Dolbeau-Mistassini. Les municipalités les moins peuplées sont majoritairement alimentées à partir d'eau souterraine.



PROPORTION DE L'EAU CONSOMMÉE : EAU SOUTERRAINE VS EAU DE SURFACE

| Municipalité Territoire autochtone | Type d'approvisionnement du réseau municipal ¹ | Consommation d'eau surface (m ³ /an) ² | Consommation d'eau souterraine (m ³ /an) ³ | % de la consommation d'eau de surface | % de la consommation d'eau souterraine | Consommation totale d'eau (m ³ /an) |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Albanel | Mixte | 5 475 | 229 207 | 2,3 | 97,7 | 234 682 |
| Alma | Surface | 20 803 646 | 88 989 | 99,6 | 0,4 | 20 892 635 |
| Bégin | Souterraine | - | 82 897 | - | 100,0 | 82 897 |
| Chambord | Souterraine | - | 173 315 | - | 100,0 | 173 315 |
| Desbiens | Souterraine | - | 97 093 | - | 100,0 | 97 093 |
| Dolbeau-Mistassini | Mixte | 5 066 512 | 47 268 | 99,1 | 0,9 | 5 113 780 |
| Ferland-et-Boilleau | Souterraine | - | 53 528 | - | 100,0 | 53 528 |
| Girardville | Souterraine | 90 520 | 126 167 | 41,8 | 58,2 | 216 687 |
| Hébertville | Souterraine | - | 639 352 | - | 100,0 | 639 352 |
| Hébertville-Station | Souterraine | - | 115 936 | - | 100,0 | 115 936 |
| La Doré | Souterraine | - | 142 996 | - | 100,0 | 142 996 |
| Labrecque | Souterraine | 71 | 113 109 | 0,1 | 99,9 | 113 181 |
| Lac-Bouchette | Surface | 79 844 | 28 801 | 73,5 | 26,5 | 108 645 |
| Lamarche | Souterraine | - | 50 826 | - | 100,0 | 50 826 |
| L'Anse-Saint-Jean | Souterraine | 596 883 | 163 614 | 78,5 | 21,5 | 760 497 |
| Larouche | Souterraine | 110 488 | 118 065 | 48,3 | 51,7 | 228 553 |
| L'Ascension-de-Notre-Seigneur | Souterraine | 131 531 | 184 311 | 41,6 | 58,4 | 315 841 |
| Mashteuiatsh | Surface | 453 695 | 15 969 | 96,6 | 3,4 | 469 664 |
| Métabetchouan - Lac-à-la-Croix | Souterraine | - | 402 678 | - | 100,0 | 402 678 |
| Normandin | Souterraine | 805 122 | 1 428 517 | 36,0 | 64,0 | 2 233 639 |
| Notre-Dame-de-Lorette | Souterraine | - | 17 698 | - | 100,0 | 17 698 |
| Péribonka | Surface | 66 077 | 8 921 | 88,1 | 11,9 | 74 998 |
| Petit-Saguenay | Souterraine | - | 71 489 | - | 100,0 | 71 489 |
| Rivière-Éternité | N/A | 32 957 | 44 421 | 42,6 | 57,4 | 77 378 |
| Roberval | Surface | 2 669 939 | 7 065 | 99,7 | 0,3 | 2 677 004 |
| Saguenay | Mixte | 49 190 910 | 3 359 899 | 93,6 | 6,4 | 52 550 809 |
| Saint-Ambroise | Souterraine | 13 870 | 491 958 | 2,7 | 97,3 | 505 828 |
| Saint-André-du-Lac-Saint-Jean | Souterraine | - | 51 001 | - | 100,0 | 51 001 |
| Saint-Augustin | Souterraine | - | 66 657 | - | 100,0 | 66 657 |
| Saint-Bruno | Souterraine | - | 269 111 | - | 100,0 | 269 111 |
| Saint-Charles-de-Bourget | Souterraine | - | 80 051 | - | 100,0 | 80 051 |
| Saint-David-de-Falardeau | Souterraine | 75 670 | 247 011 | 23,5 | 76,5 | 322 681 |
| Saint-Edmond-les-Plaines | Souterraine | - | 45 813 | - | 100,0 | 45 813 |
| Sainte-Hedwidge | Souterraine | - | 76 635 | - | 100,0 | 76 635 |
| Sainte-Jeanne-d'Arc | Surface | 73 000 | 38 177 | 65,7 | 34,3 | 111 177 |
| Sainte-Monique | Souterraine | 170 426 | 80 097 | 68,0 | 32,0 | 250 523 |
| Sainte-Rose-du-Nord | Souterraine | - | 38 531 | - | 100,0 | 38 531 |
| Saint-Eugène-d'Argentenay | Souterraine | - | 63 666 | - | 100,0 | 63 666 |
| Saint-Félicien | Souterraine | 30 465 868 | 694 624 | 97,8 | 2,2 | 31 160 492 |
| Saint-Félix-d'Otis | Souterraine | - | 73 774 | - | 100,0 | 73 774 |
| Saint-François-de-Sales | Souterraine | - | 65 354 | - | 100,0 | 65 354 |
| Saint-Fulgence | Souterraine | - | 180 149 | - | 100,0 | 180 149 |
| Saint-Gédéon | Souterraine | 190 897 | 192 896 | 49,7 | 50,3 | 383 794 |
| Saint-Henri-de-Taillon | Souterraine | - | 76 506 | - | 100,0 | 76 506 |
| Saint-Honoré | Souterraine | 1 784 733 | 5 834 627 | 23,4 | 76,6 | 7 619 360 |
| Saint-Ludger-de-Milot | Souterraine | - | 82 755 | - | 100,0 | 82 755 |
| Saint-Nazaire | Surface | - | 95 314 | - | 100,0 | 95 314 |
| Saint-Prime | Souterraine | - | 275 979 | - | 100,0 | 275 979 |
| Saint-Stanislas | Souterraine | - | 49 983 | - | 100,0 | 49 983 |
| Saint-Thomas-Didyme | Souterraine | - | 66 267 | - | 100,0 | 66 267 |
| Saguenay-Lac-St-Jean | | 112 878 135 | 17 049 066 | - | - | 129 927 201 |

¹ Données recueillies sur le site présentant les réseaux municipaux de distribution d'eau potable du MDDEFP (Mise à jour le 21 août 2012) et du rapport *Eau potable/eaux usées inspection annuelle 2011-2012 Mashteuiatsh* des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada.

² Données provenant du fichier des grands préleveurs (75 m³ d'eau par jour et plus) version 2011, du site des réseaux municipaux de distribution d'eau potable du MDDEFP (mise à jour le 21 août 2012) et du rapport *Eau potable/eaux usées inspection annuelle 2011-2012 Mashteuiatsh* des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada.

³ Données provenant du livrable *Utilisation de l'eau souterraine*

Utilisation de l'eau souterraine

Aux fins du PACES-SLSJ, trois catégories de grands consommateurs d'eau souterraine ont été définies sur la base de l'usage de l'eau:

- 1) consommation de l'eau à usage agricole ;
- 2) consommation de l'eau à usage domestique ;
- 3) consommation de l'eau à usage industriel.

Usage agricole : Les usages associés aux captages appartenant à des entreprises agricoles comprennent l'ensemble des besoins en eau liés à l'agriculture, soit l'abreuvement et l'entretien des animaux d'élevage et de production laitière, ainsi que l'irrigation.

Usage domestique : Les particuliers et les municipalités qui s'approvisionnent en eau par un captage privé en font majoritairement un usage domestique.

Usage industriel : Les usages associés aux captages appartenant à des industries sont évidemment très spécifiques à ces activités.

L'utilisation de l'eau souterraine présente la proportion d'eau souterraine consommée suivant un usage agricole, domestique et industriel. La taille du disque sur la carte est proportionnelle à la quantité d'eau souterraine totale consommée pour une année.

Cette carte montre que la municipalité de Saint-Honoré consomme la quantité la plus élevée d'eau souterraine dont plus de 90% à des fins industrielles. Aussi, la municipalité de Normandin et la ville de Saguenay consomment au-delà de 1 000 000 de m³/année. Pour Normandin, c'est la consommation industrielle qui est dominante avec près de 75% de la consommation totale. Tandis que pour Saguenay, c'est la consommation domestique qui prédomine avec près de 78% de la consommation totale. Globalement, la totalité de l'eau souterraine consommée dans la région est utilisée à près de 50% pour un usage domestique.

VOLUMES D'EAU SOUTERRAINE CONSOMMÉS (DÉTERMINÉS DANS LE CADRE DU PACES-SLSJ)

| Municipalité Territoire autochtone | Type d'approvisionnement du réseau municipal ¹ | Population totale ² | Population consommant de l'eau souterraine à partir du réseau municipal ou d'un puits privé ³ | Consommation d'eau souterraine domestique (m ³ /an) ⁴ | Pourcentage de la consommation d'eau souterraine domestique | Nb de fermes d'élevage répertoriées | Consommation d'eau souterraine agricole (élevage) (m ³ /an) ⁵ | Pourcentage de la consommation d'eau souterraine agricole (élevage) | Nb d'industries répertoriées | Consommation d'eau souterraine industrielle (m ³ /an) ⁶ | Pourcentage de la consommation d'eau souterraine industrielle | Consommation totale d'eau souterraine (m ³ /an) |
|---------------------------------------|---|-----------------------------------|---|--|--|---|--|--|---------------------------------|--|--|--|
| Albanel | Mixte | 2 293 | 2 233 | 203 761 | 88.9 | 44 | 24 815 | 10.8 | 1 | 630 | 0.3 | 229 207 |
| Alma | Surface | 30 904 | - | - | - | 67 | 33 744 | 37.9 | 3 | 55 245 | 62.1 | 88 989 |
| Bégin | Souterraine | 868 | 868 | 79 205 | 95.5 | 7 | 3 692 | 4.5 | - | - | - | 82 897 |
| Chambord | Souterraine | 1 773 | 1 773 | 161 786 | 93.3 | 35 | 11 529 | 6.7 | - | - | - | 173 315 |
| Desbiens | Souterraine | 1 053 | 1 053 | 96 086 | 99.0 | 2 | 1 007 | 1.0 | - | - | - | 97 093 |
| Dolbeau-Mistassini | Mixte | 14 384 | 167 | 15 239 | 32.2 | 8 | 2 749 | 5.8 | 1 | 29 280 | 61.9 | 47 268 |
| Ferland-et-Boilleau | Souterraine | 583 | 583 | 53 199 | 99.4 | 1 | 330 | 0.6 | - | - | - | 53 528 |
| Girardville | Souterraine | 1 100 | 1 100 | 100 375 | 79.6 | 11 | 5 726 | 4.5 | 2 | 20 066 | 15.9 | 126 167 |
| Hébertville | Souterraine | 2 441 | 2 441 | 222 741 | 34.8 | 60 | 22 410 | 3.5 | 1 | 394 200 | 61.7 | 639 352 |
| Hébertville-Station | Souterraine | 1 216 | 1 216 | 110 960 | 95.7 | 11 | 4 976 | 4.3 | - | - | - | 115 936 |
| La Doré | Souterraine | 1 453 | 1 453 | 132 586 | 92.7 | 14 | 10 409 | 7.3 | - | - | - | 142 996 |
| Labrecque | Souterraine | 1 215 | 1 215 | 110 869 | 98.0 | 4 | 2 241 | 2.0 | - | - | - | 113 109 |
| Lac-Bouchette | Surface | 1 174 | 299 | 27 284 | 94.7 | 3 | 1 517 | 5.3 | - | - | - | 28 801 |
| Lamarche | Souterraine | 557 | 557 | 50 826 | 100.0 | - | - | - | - | - | - | 50 826 |
| L'Anse-Saint-Jean | Souterraine | 1 208 | 1 208 | 110 230 | 67.4 | 5 | 2 689 | 1.6 | 1 | 50 694 | 31.0 | 163 614 |
| Larouche | Souterraine | 1 277 | 1 277 | 116 526 | 98.7 | 3 | 1 538 | 1.3 | - | - | - | 118 065 |
| L'Ascension-de-Notre-Seigneur | Souterraine | 1 983 | 1 983 | 180 949 | 98.2 | 6 | 3 070 | 1.7 | 2 | 292 | 0.2 | 184 311 |
| Mashteuiatsh | Surface | 2 248 | 175 | 15 969 | 100.0 | - | - | - | - | - | - | 15 969 |
| Métabetchouan - Lac-à-la-Croix | Souterraine | 4 097 | 4 097 | 373 851 | 92.8 | 63 | 28 827 | 7.2 | - | - | - | 402 678 |
| Normandin | Souterraine | 3 137 | 3 137 | 286 251 | 20.0 | 78 | 50 944 | 3.6 | 2 | 1 091 322 | 76.4 | 1 428 517 |
| Notre-Dame-de-Lorette | Souterraine | 189 | 189 | 17 246 | 97.4 | 1 | 452 | 2.6 | - | - | - | 17 698 |
| Péribonka | Surface | 464 | 63 | 5 749 | 64.4 | 5 | 3 172 | 35.6 | - | - | - | 8 921 |
| Petit-Saguenay | Souterraine | 727 | 727 | 66 339 | 92.8 | 8 | 5 151 | 7.2 | - | - | - | 71 489 |
| Rivière-Éternité | N/A | 484 | 484 | 44 165 | 99.4 | 1 | 256 | 0.6 | - | - | - | 44 421 |
| Roberval | Surface | 10 227 | - | - | - | 19 | 7 065 | 100.0 | - | - | - | 7 065 |
| Saguenay | Mixte | 144 746 | 28 646 | 2 613 948 | 77.8 | 188 | 92 072 | 2.7 | 1 | 653 879 | 19.5 | 3 359 899 |
| Saint-Ambroise | Souterraine | 3 546 | 3 546 | 323 573 | 65.8 | 16 | 9 359 | 1.9 | 4 | 159 026 | 32.3 | 491 958 |
| Saint-André-du-Lac-Saint-Jean | Souterraine | 488 | 488 | 44 530 | 87.3 | 17 | 6 471 | 12.7 | - | - | - | 51 001 |
| Saint-Augustin | Souterraine | 400 | 400 | 36 500 | 54.8 | 34 | 30 157 | 45.2 | - | - | - | 66 657 |
| Saint-Bruno | Souterraine | 2 636 | 2 636 | 240 535 | 89.4 | 54 | 28 576 | 10.6 | - | - | - | 269 111 |
| Saint-Charles-de-Bourget | Souterraine | 690 | 690 | 62 963 | 78.7 | 22 | 17 088 | 21.3 | - | - | - | 80 051 |
| Saint-David-de-Falardeau | Souterraine | 2 657 | 2 657 | 242 451 | 98.2 | 8 | 4 559 | 1.8 | - | - | - | 247 011 |
| Saint-Edmond-les-Plaines | Souterraine | 390 | 390 | 35 588 | 77.7 | 15 | 10 225 | 22.3 | - | - | - | 45 813 |
| Sainte-Hedwidge | Souterraine | 824 | 824 | 75 190 | 98.1 | 2 | 1 445 | 1.9 | - | - | - | 76 635 |
| Sainte-Jeanne-d'Arc | Surface | 1 089 | 289 | 26 371 | 69.1 | 19 | 11 806 | 30.9 | - | - | - | 38 177 |
| Sainte-Monique | Souterraine | 865 | 865 | 78 931 | 98.5 | 5 | 1 166 | 1.5 | - | - | - | 80 097 |
| Sainte-Rose-du-Nord | Souterraine | 413 | 413 | 37 686 | 97.8 | 5 | 845 | 2.2 | - | - | - | 38 531 |
| Saint-Eugène-d'Argenteau | Souterraine | 546 | 546 | 49 823 | 78.3 | 23 | 13 844 | 21.7 | - | - | - | 63 666 |
| Saint-Félicien | Souterraine | 7 165 | 7 165 | 653 806 | 94.1 | 77 | 40 818 | 5.9 | - | - | - | 694 624 |
| Saint-Félix-d'Otis | Souterraine | 801 | 801 | 73 091 | 99.1 | 3 | 683 | 0.9 | - | - | - | 73 774 |
| Saint-François-de-Sales | Souterraine | 654 | 654 | 59 678 | 91.3 | 14 | 5 676 | 8.7 | - | - | - | 65 354 |
| Saint-Fulgence | Souterraine | 1 949 | 1 949 | 177 846 | 98.7 | 5 | 2 303 | 1.3 | - | - | - | 180 149 |
| Saint-Gédéon | Souterraine | 2 001 | 2 001 | 182 591 | 94.7 | 24 | 10 305 | 5.3 | - | - | - | 192 896 |
| Saint-Henri-de-Taillon | Souterraine | 760 | 760 | 69 350 | 90.6 | 16 | 7 156 | 9.4 | - | - | - | 76 506 |
| Saint-Honoré | Souterraine | 5 257 | 5 257 | 479 701 | 8.2 | 31 | 17 795 | 0.3 | 1 | 5 337 131 | 91.5 | 5 834 627 |
| Saint-Ludger-de-Milot | Souterraine | 678 | 678 | 61 868 | 74.8 | 1 | 597 | 0.7 | 1 | 20 291 | 24.5 | 82 755 |
| Saint-Nazaire | Surface | 2 114 | 814 | 74 278 | 77.9 | 23 | 21 037 | 22.1 | - | - | - | 95 314 |
| Saint-Prime | Souterraine | 2 758 | 2 758 | 251 668 | 91.2 | 52 | 24 312 | 8.8 | - | - | - | 275 979 |
| Saint-Stanislas | Souterraine | 353 | 353 | 32 211 | 64.4 | 15 | 17 772 | 35.6 | - | - | - | 49 983 |
| Saint-Thomas-Didyme | Souterraine | 677 | 677 | 61 776 | 93.2 | 5 | 4 490 | 6.8 | - | - | - | 66 267 |
| Saguenay-Lac-Saint-Jean | | 271 512 | 94 555 | 8 628 144 | - | 1 130 | 608 866 | - | 20 | 7 812 056 | - | 17 049 066 |

¹ Données recueillies sur le site présentant les réseaux municipaux de distribution d'eau potable du MDDEFP (Mise à jour le 21 Août 2012) et du rapport *Eau potable/eaux usées inspection annuelle 2011-2012 Mashteuiatsh* des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada.

² Recensement 2011, Statistique Canada et rapport *Eau potable/eaux usées inspection annuelle 2011-2012 Mashteuiatsh* des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada.

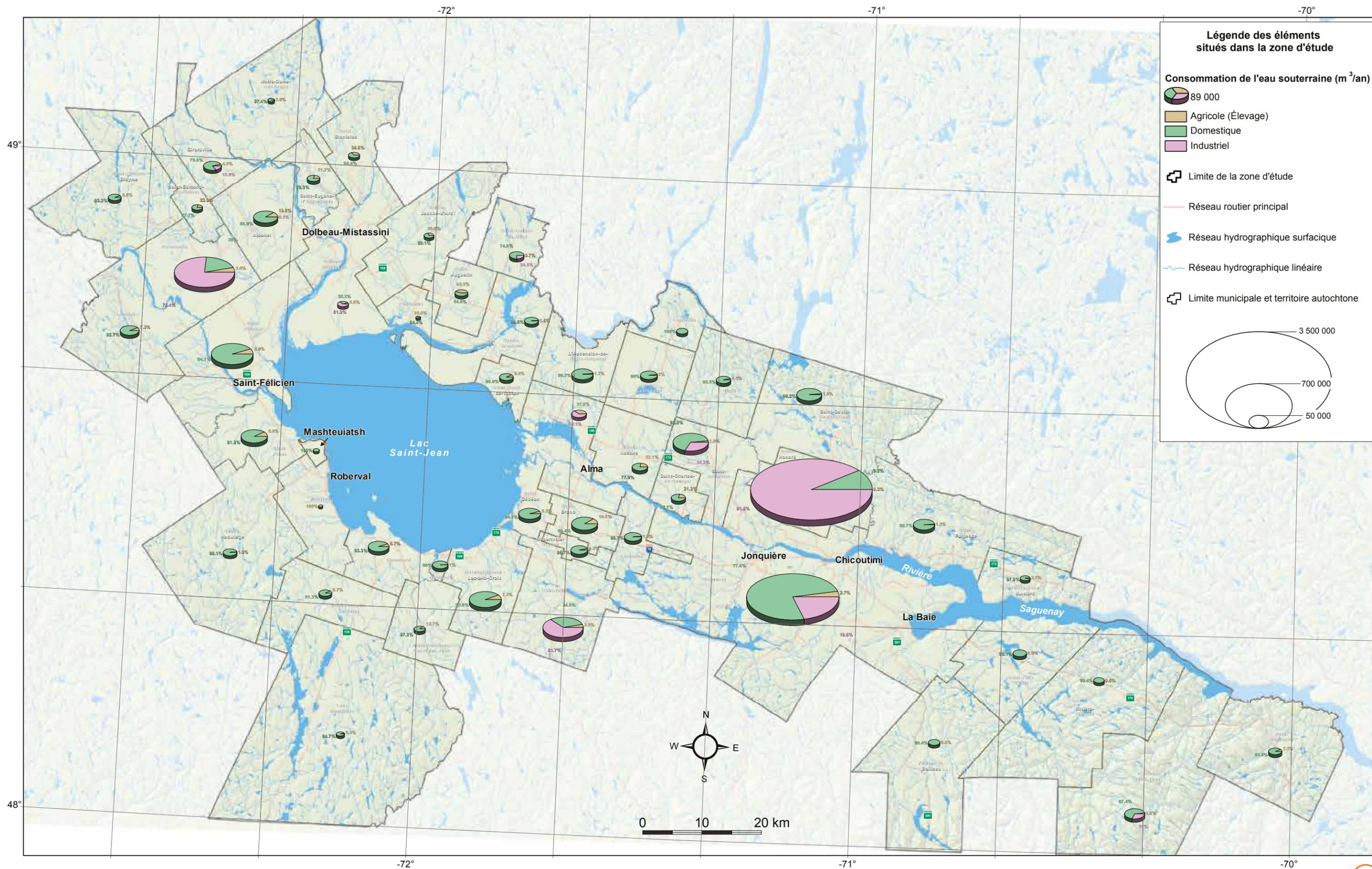
³ Données recueillies sur le site présentant les réseaux municipaux de distribution d'eau potable du MDDEFP (Mise à jour le 21 Août 2012) et du rapport *Eau potable/eaux usées inspection annuelle 2011-2012 Mashteuiatsh* des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada.

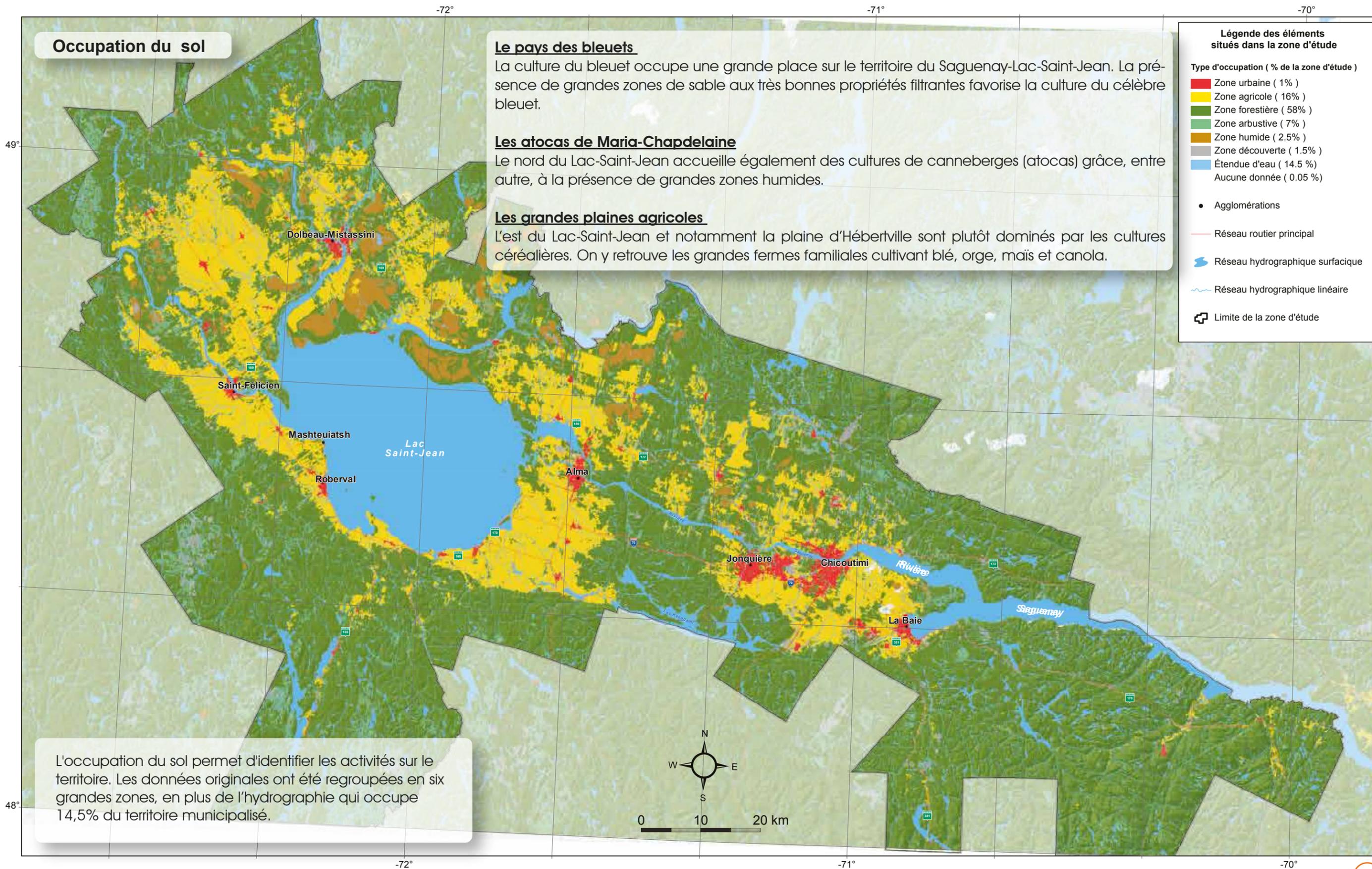
La population consommant de l'eau souterraine a été obtenue en soustrayant la population consommant de l'eau de surface à la population totale de la municipalité.

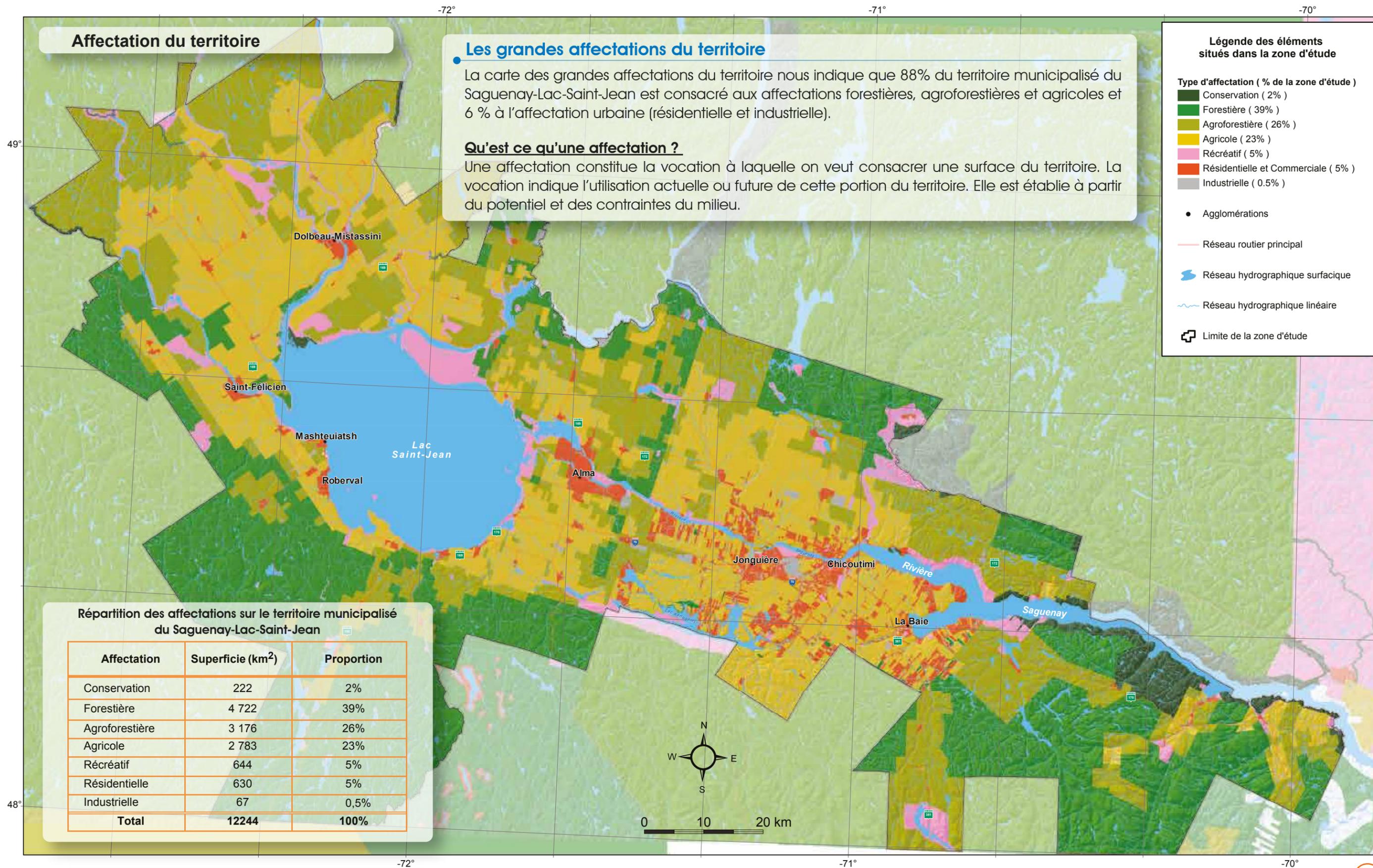
⁴ Données recueillies sur le site des réseaux municipaux de distribution d'eau potable du MDDEFP (Type d'approvisionnement du réseau = eau souterraine, mise à jour le 21 août 2012). Le calcul est basé sur une moyenne de 250 L d'eau par personne par jour.

⁵ Données recueillies sur le site du MAPAQ concernant les types d'élevage au Saguenay-Lac-St-Jean et leur consommation d'eau par jour.

⁶ Données provenant du fichier des grands préleveurs (75 m³ d'eau par jour et plus) ainsi que certains petits préleveurs du MDDEFP.







Les activités anthropiques

La cartographie des activités anthropiques regroupe toutes les zones susceptibles d'être ou d'avoir été modifiées par l'homme.

Les activités humaines représentent des aléas pouvant affecter la qualité et la quantité des eaux souterraines. La couverture des activités anthropiques existantes représente donc une base de réflexion pour les acteurs du milieu sur les zones nécessitant des investigations complémentaires selon les besoins d'aménagement.

Dans le cadre du PACES-SLSJ, ces activités anthropiques regroupent les catégories d'occupation du sol urbaine, résidentielle et agricole.

Risque ou contrainte ?

Les risques encourus par les ressources en eau souterraine en lien avec les activités humaines dépassent les objectifs du projet PACES. En effet, la notion de risque pour les eaux souterraines est une combinaison étroite entre l'aléa, soit le potentiel de présence d'une source de pollution, et ses conséquences sur les eaux souterraines. De leur côté, ces conséquences sont fonction de l'enjeu et de la vulnérabilité de cette ressource.

L'enjeu représente la valeur locale de la ressource en eau souterraine. Par exemple, une nappe non exploitée en raison de sa petite quantité ou de sa piètre qualité représente un enjeu moindre qu'un grand aquifère dont l'eau est d'excellente qualité. Ainsi, la présence de ressources en eau souterraine en grande quantité et de bonne qualité constitue un enjeu pour notre société et ses générations futures.

De ce fait, les méthodes d'évaluation et de cartographie du risque doivent prendre en compte la détermination de l'aléa, ainsi que l'évaluation de l'enjeu et de sa vulnérabilité.

Barrage (Péribonka)

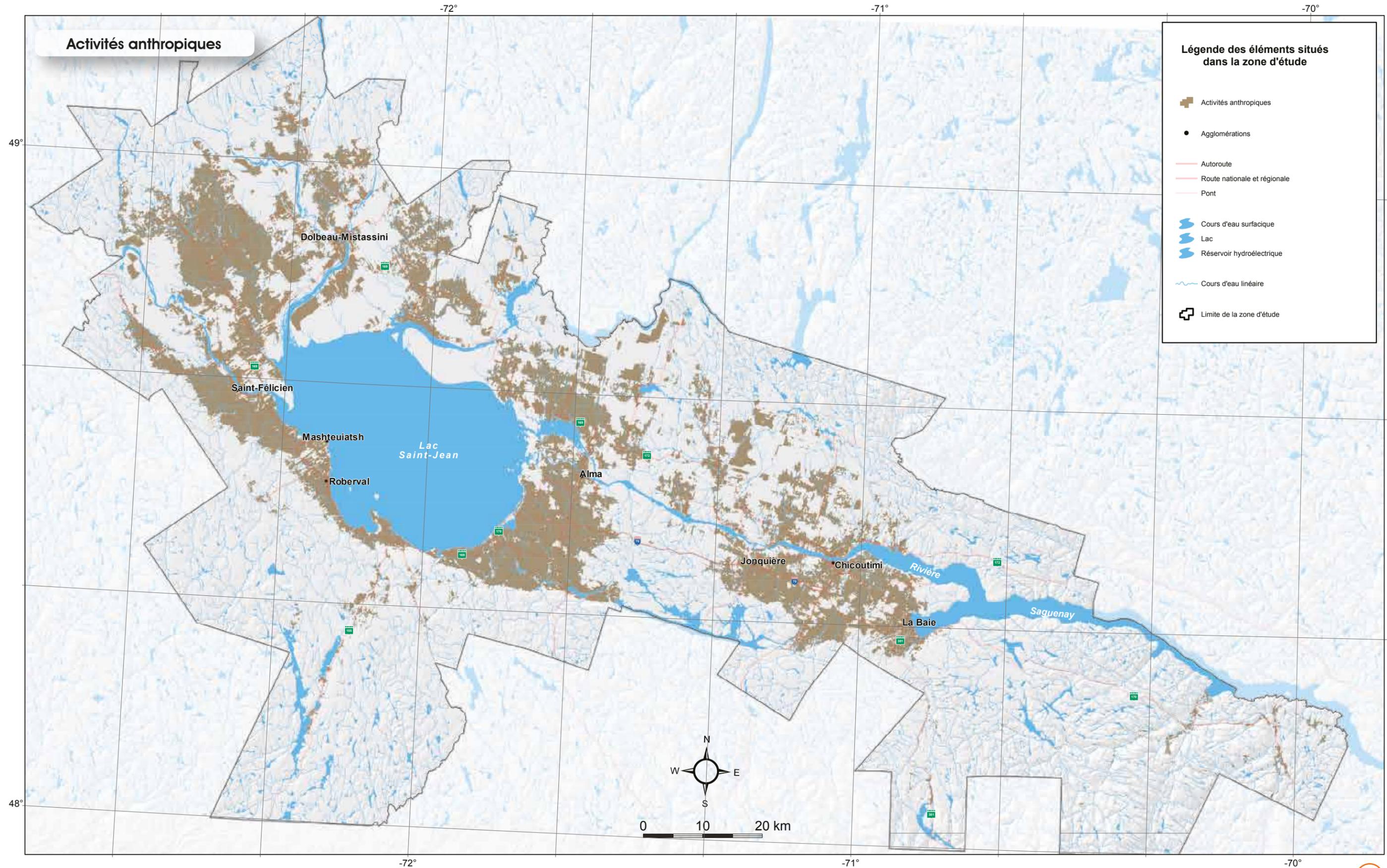


© 2007, Danny L., Le monde en images, CCDMD

L'usine Rio Tinto Alcan, d'Arvida



© Gilles Potvin, Le monde en images, CCDMD



Potabilité de l'eau souterraine

Au Québec, le MDDEFP et Santé Canada définissent respectivement les concentrations maximales permises et recommandées pour différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau potable.

Si un seul de ces paramètres présente une concentration supérieure aux normes, l'eau considérée est déclarée non potable.

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

Les cas de teneur supérieure aux concentrations maximales acceptables selon le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* du Québec sont montrés sur la carte ci-dessous et résumés au tableau suivant.

Concentrations supérieures aux concentrations maximales acceptables
(*Règlement sur la qualité de l'eau potable*)

| Paramètre | Min. | 25% | Médiane | 75% | Max. | CMA | Nombre d'échantillons dont la concentration est supérieure au CMA |
|-----------|-------|-------|---------|-------|------|------|---|
| Ba (mg/L) | 0,002 | 0,016 | 0,039 | 0,090 | 1,2 | 1,00 | 1 |
| F (mg/L) | 0 | 0,2 | 0,600 | 1,5 | 4,9 | 1,50 | 52 |

Fluorures

Les résultats obtenus dans le cadre du PACES-SLSJ montrent que 16% des échantillons prélevés ont des concentrations supérieures à la norme (1,5 mg/l). Les concentrations les plus élevées et les plus nombreuses se situent dans les milieux aquifères de type roc fracturé. En effet, les échantillons d'eau de type bicarbonaté (HCO_3) prélevés dans le roc enregistrent la concentration la plus élevée mesurée au cours de la campagne d'échantillonnage (4,9 mg/l). De plus, 25% des échantillons de ce groupe d'eau ont une concentration supérieure à 1,6 mg/l. Les échantillons d'eau de type chloruré (Cl) provenant des milieux granulaires semblent généralement plus concentrés. Toutefois, le nombre de détection (40%) est moins élevé que dans les autres groupes. Des investigations additionnelles seraient nécessaires pour comprendre la source du fluor dans l'eau souterraine.

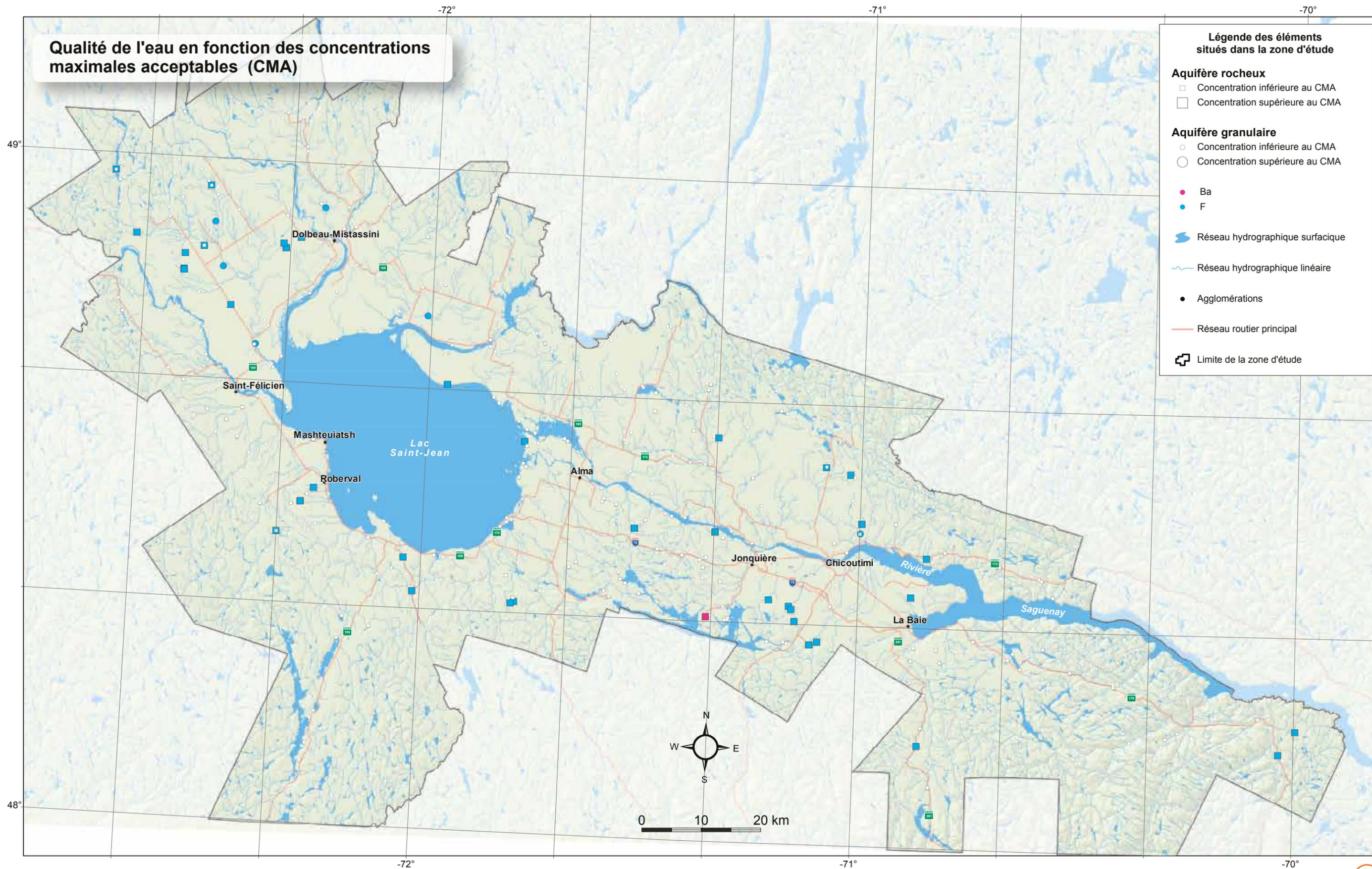


©2011, PACES-SLSJ



Baryum

Le baryum est détecté dans l'eau souterraine de 95% des échantillons de cette étude. Une seule concentration supérieure au CMA a été mesurée. Ce dépassement de norme a été mesuré dans un échantillon d'eau de type bicarbonaté (HCO_3) provenant d'un milieu aquifère de roc fracturé.



Les objectifs esthétiques (OE)

Les concentrations supérieures aux objectifs esthétiques ne constituent pas un danger pour la santé mais elles peuvent limiter l'usage de l'eau souterraine. Ces concentrations élevées peuvent, à titre d'exemple, affecter le goût, l'odeur ou endommager les installations de captage et de distribution de l'eau.

Les concentrations supérieures aux objectifs esthétiques sont représentées sur 2 cartes:

- [Les concentrations supérieures aux objectifs esthétiques pour les ions majeurs et les paramètres mesurés in situ;](#)
- [Les concentrations supérieures aux objectifs esthétiques pour les ions métalliques.](#)

Les concentrations supérieures aux objectifs esthétiques pour les ions majeurs et les paramètres mesurés in situ sont montrées sur la carte ci-dessous et résumées au tableau suivant :

Concentrations supérieures aux objectifs esthétiques pour les ions majeurs et les paramètres mesurés in situ

(Recommandations sur la qualité de l'eau potable au Canada)

| Paramètre | Min. | 25% | Médiane | 75% | Max. | OE | Nombre d'échantillon dont la concentration est supérieure aux objectifs esthétiques |
|------------------|------|-------|---------|-------|------|-----------|---|
| Cl (mg/L) | 0,14 | 1,9 | 8,7 | 36,25 | 4200 | 250 | 23 |
| Dureté (mg/L) | 0,39 | 36,65 | 88,4 | 162,7 | 3757 | 200 | 51 |
| MDT (mg/L) | 15 | 136 | 248 | 396 | 7240 | 500 | 40 |
| Na (mg/L) | 0,89 | 3,3 | 11 | 45,5 | 1800 | 200 | 20 |
| pH | 4,38 | 6,48 | 7,57 | 8,1 | 10,1 | 6,5 - 8,5 | 110 |
| Sulfures (mg /L) | 0,02 | 0,05 | 0,16 | 0,55 | 16 | 0,05 | 11 |
| Temp (°C) | 1,68 | 6,9 | 7,49 | 8,64 | 17,5 | 15 | 5 |

• La température

La température est invariablement supérieure au critère objectif (15°C) pour les échantillons provenant du granulaire, quel que soit le type d'eau. Parmi les échantillons collectés dans le cadre du PACES-SLSJ, les cas de température supérieure à la limite recommandée sont toujours associés à un dépassement d'un autre paramètre, tel le pH, H₂S ou la dureté.

• Le pH

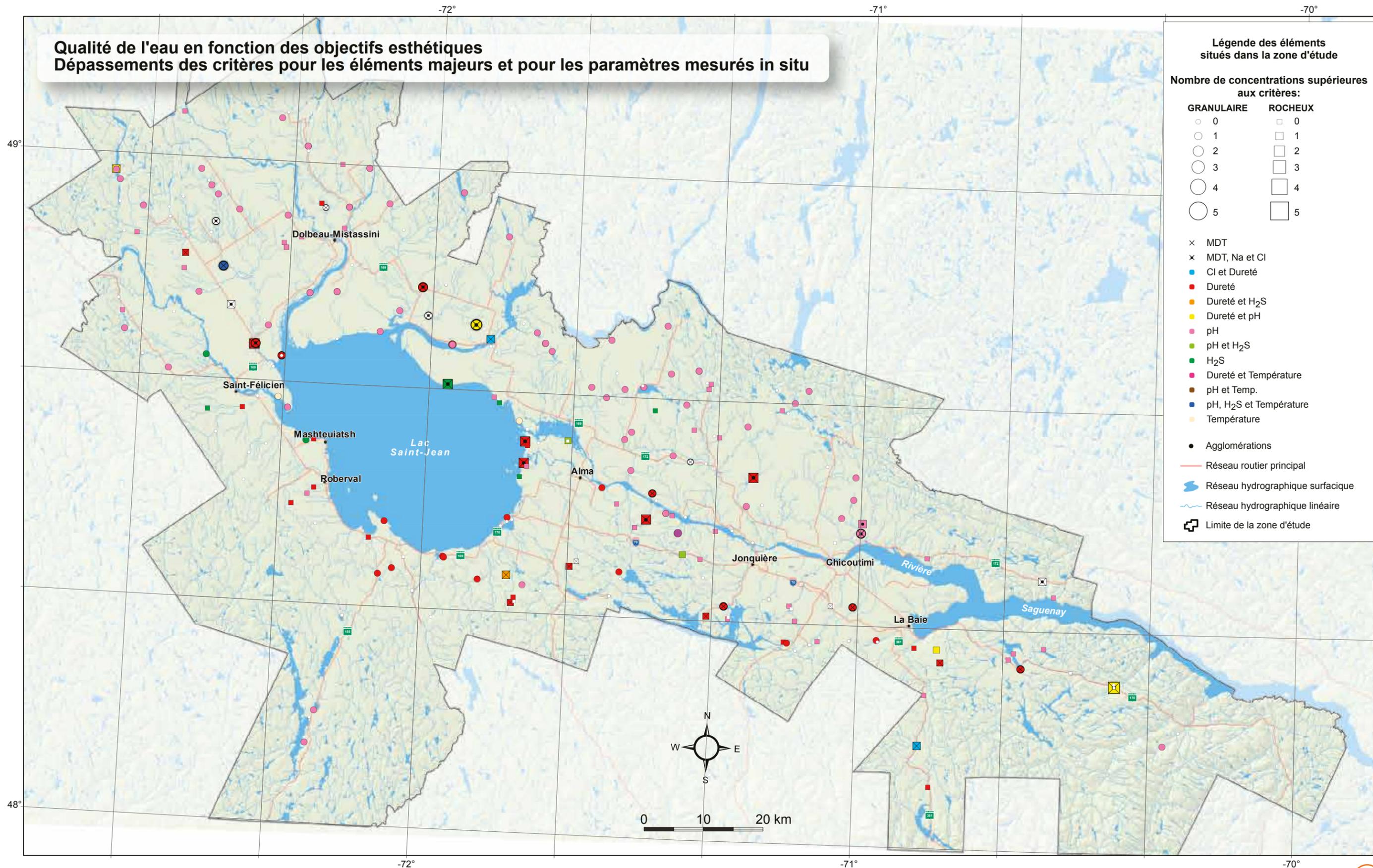
Les valeurs inférieures ou supérieures (35% des échantillons) à l'intervalle permis du pH (6,5 – 8,5) constituent les dépassements les plus nombreux des objectifs esthétiques. Les milieux granulaires semblent caractérisés par des valeurs de pH généralement faibles pour lesquelles un échantillon sur quatre ne respecte pas les objectifs esthétiques de ce paramètre (<6,5). L'eau dans les milieux aquifères de roc fracturé montre des valeurs de pH majoritairement supérieures à ceux de l'eau souterraine des milieux granulaires. Pour les milieux aquifères fracturés, un échantillon sur quatre dépasse la limite supérieure (8,5) recommandée pour le pH.

• La dureté, la matière dissoute totale (MDT), le sodium et les chlorures

Les concentrations supérieures (17% des échantillons) aux objectifs esthétiques (500 mg/l) de la dureté sont majoritairement obtenues sur la marge sud du Graben du Saguenay. Ces cas de dépassement semblent être localisés en grande partie dans les milieux aquifères granulaires. Toutefois, les concentrations les plus élevées, dont la valeur maximale est 3,757 mg/L, correspondent à des échantillons provenant des milieux aquifères de roc fracturé. La plupart des cas de concentration supérieure aux critères objectifs de la dureté sont associés aux eaux de type (Na, Ca)-Cl caractéristiques des eaux généralement salées, ceci explique pourquoi la majorité de ces échantillons dépassent également les objectifs esthétiques des chlorures (250 mg/l), du sodium (200 mg/l) et de la matière dissoute totale (500 mg/l).

• Les sulfures

Les échantillons analysés pour les sulfures ont été sélectionnés au moment de la collecte sur le terrain. Les sulfures sont contenus en partie sous forme de gaz dans l'eau. Lorsqu'ils sont présents, ils dégagent une forte odeur de soufre (œuf pourri). L'odeur doit généralement être très forte pour que les sulfures soient détectés à l'analyse. L'occurrence la plus forte (16 mg/l) est identifiée au sud du lac Léon, dans la municipalité de Labrecque. Tous les échantillons (15) contenant des sulfures présentent des valeurs de pH variant de 8 à 10. Parmi ces échantillons, 11 ont été prélevés au sein du roc fracturé dont 9 correspondent à des eaux de type bicarbonaté (HCO₃). Les autres échantillons (4) sont aussi du type bicarbonaté et proviennent d'un aquifère granulaire. A la lumière de ces observations, l'eau douce semble plus propice à contenir des sulfures, notamment dans le roc. Un nombre plus élevé d'échantillons permettrait de confirmer cette hypothèse.



Les cas de concentration dépassant les objectifs esthétiques pour les ions métalliques sont montrés sur la carte ci-dessous et résumés au tableau suivant :

Concentrations supérieures aux objectifs esthétiques pour les ions métalliques (Recommandations sur la qualité de l'eau potable au Canada)

| Paramètre | LD | Min. | 25% | Médiane | 75% | Max. | OE | Nombre d'échantillon dont la concentration est supérieure aux objectifs esthétiques |
|-----------|--------|--------|-------|---------|-------|------|------|---|
| Al (mg/L) | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,007 | 0,016 | 0,23 | 0,1 | 6 |
| Fe (mg/L) | 0,1 | 0,03 | 0,062 | 0,13 | 0,375 | 18 | 0,3 | 44 |
| Mn (mg/L) | 0,0004 | 0,0004 | 0,003 | 0,014 | 0,05 | 2,4 | 0,05 | 73 |

Fer

Le fer présente un nombre plutôt important de cas (14% des échantillons) de concentrations supérieures au critère esthétique (0,3 mg/l). Une teneur élevée de 18 mg/L provient d'un échantillon d'eau de type chloruré (Cl) prélevé dans un milieu aquifère de roc fracturé sur la rive est du lac Saint-Jean, dans le secteur de la Dam-en-Terre (Ville d'Alma). Un échantillon prélevé dans un puits du PACES-SLSJ, dans le secteur Vauvert (PZ-S104-DS) présente la teneur record de 60 mg/L. Il provient du milieu granulaire superficiel constitué de sable hétérogène. Ce puits est installé dans une tourbière, à proximité d'une bleutière. Ces deux types de végétation sont connus pour leurs sols acides et riches en fer. Le contact avec l'eau de pluie facilite la mise en solution du fer et son infiltration dans l'aquifère. En général, les dépassements des critères esthétiques pour le fer sont observés un peu partout sur le territoire et environ la moitié des dépassements est associée à des concentrations supérieures aux objectifs esthétiques également pour le manganèse.

Aluminium

Les échantillons montrant des concentrations supérieures (2% des échantillons) aux objectifs esthétiques pour l'aluminium (0,1 mg/l) sont majoritairement situés sur la marge nord du Graben du Saguenay. La concentration la plus élevée (0,23 mg/l) a été mesurée dans le secteur de la municipalité de Saint-Ambroise, à une dizaine de kilomètres à l'est de la rivière Shispshaw. L'aluminium dans l'eau provient de différentes sources. Sa concentration dans l'eau souterraine peut être expliquée par le lessivage des argiles ou par l'altération des roches ignées. La limite de détection de ce paramètre étant très basse, il est facilement détectable (90% des échantillons). L'étude des variations des teneurs de ce paramètre pourrait s'avérer utile à déterminer la provenance de l'eau dans certains cas, à condition de connaître les mécanismes à l'origine de sa mise en solution.

Manganèse

Au SLSJ, environ 25% des échantillons prélevés dans le cadre de cette étude présentent des concentrations supérieures aux objectifs esthétiques du manganèse (0,05 mg/l). Toutefois, des concentrations moyennes à élevées de manganèse sont réparties aléatoirement sur le territoire d'étude, mais certains secteurs en semblent dépourvus. C'est le cas notamment d'une bande continue orientée est-ouest traversant les territoires des municipalités de Saint-David-De-Falardeau, Saint-Ambroise, Saint-Nazaire et Labrecque. Aussi, à la limite ouest du graben, dans le secteur du lac à Jim (municipalité de Saint-Thomas-Didyme), plusieurs échantillons ont été prélevés dans les milieux aquifères granulaires et de roc fracturé sans qu'aucune concentration supérieure aux objectifs esthétiques n'ait été enregistrée. L'association entre le fer et le manganèse semble actuellement la meilleure piste d'investigation connue pour chercher l'origine du manganèse dissous dans l'eau.

Les résultats d'une récente étude menée sur une population d'enfants québécois d'âge scolaire exposée au manganèse présent dans l'eau souterraine suggèrent qu'une exposition à cet ion métallique pouvait causer des désordres moteurs et des déficits cognitifs (Bouchard et al., 2011). Les auteurs prônent une réglementation plus stricte des taux de manganèse dans l'eau.

