

Projet d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines

Kamouraska – Rivière-du-Loup – Témiscouata

Rapport synthèse
2022



UQAR
Université du Québec
à Rimouski

ÉQUIPE DE RÉALISATION DE L’UQAR

Coordination et révision

Thomas Buffin-Bélanger, professeur
Gwénaëlle Chaillou, professeure

Compilation des données et rédaction

Gwendoline Tommi-Morin, B.Sc. Chimie de l’environnement
Charles-Édouard Deschamps, Ph.D. Océanographique
Jérôme Dubé, M.Sc, auxiliaire de recherche et d'enseignement
Laura Gatel, Ph.D. Hydrogéologie

Collaborateurs

Marie-Andrée Roy, technicienne en géomatique
Claude-André Cloutier, M.Sc. Géographie

Assistants et assistantes de terrain

Frédérik Bélanger, B.Sc. chimie
Sophie Bouchard-Skiffington
Olivier Boudreault
Juliette Fournier, B.Sc.
Étienne Gariepy-Girouard, B.Sc.
Olivier Hérard, B.Sc.biochimie
Samuel Laroche, B.Sc. géographie
Matthieu Prugne, B.Sc.

Référence de ce rapport

Tommi-Morin G., Deschamps C.-E., Dubé, J., Buffin-Bélanger T., Chaillou G. (2022) Projet d’acquisition de connaissances sur les eaux souterraines – Kamouraska - Rivière-Du-Loup - Témiscouata. Rapport synthèse au MELCC. 44p.

PARTENAIRES

Partenaires académiques



Gestionnaire du territoire



Organismes à but non lucratif



Partenaires ministériels



RÉSUMÉ

Le Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Kamouraska, Rivière-du-Loup et Témiscouata (PACES-KRT) a été réalisé afin de répondre à l'objectif du Ministère de l'Environnement et de Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) afin d'établir une cartographie hydrogéologique du Québec municipalisé. Le PACES-KRT est réalisé par l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) en collaboration avec les trois MRC incluses dans le territoire ciblé. Le projet compte également sur un appui et une implication significative de l'Organisme des bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup (OBAKIR), l'Organisme de bassins versants de la rivière Saint-Jean, le Conseil régional en environnement du Bas-Saint-Laurent (CRE) et le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (ZIPSE).

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

1. **dresser** un portrait de la ressource en eau souterraine à l'échelle des bassins versants du sud-ouest du Bas-Saint-Laurent pour soutenir les besoins d'information sur cette ressource concernant la qualité, la quantité et la vulnérabilité de l'eau souterraine;
2. **développer** des partenariats entre le milieu académique (UQAR), les gestionnaires du territoire (MRC et municipalités) et les organismes régionaux (OBAKIR OBV Fleuve St-Jean, ZIPSE) dans l'acquisition des connaissances sur la ressource en eau souterraine afin d'en favoriser une saine gestion;
3. **arrimer** les livrables du MELCC aux besoins régionaux des différents partenaires du projet pour optimiser l'utilisation des données;
4. **fournir** des outils de gestion de la ressource pour assurer la pérennité de la qualité et de la quantité des eaux souterraines dans le développement du territoire par le biais d'ateliers de transfert de connaissances;

Au cours des quatre années du projet, une réelle consolidation des liens avec nos partenaires régionaux a été faite, entre autres via l'organisation de rencontres et d'ateliers de transfert et de mobilisation des connaissances (ateliers 2, 3 et RPEP du RQES, rencontres individuelles des MRC, rencontres avec les membres de l'OBAKIR, rencontres sur le terrain avec différents partenaires). Ces activités de transfert, de mobilisation et d'appropriation des connaissances favoriseront une gestion pérenne des eaux souterraines dans la région et consolideront les actions entamées avec le PACES-NEBSL (2012-2015) pour une harmonisation des connaissances au Bas-Saint-Laurent.

Cet atlas de cartes est l'aboutissement de quatre ans de travaux qui permettent de consolider, compléter et d'uniformiser les connaissances sur les eaux souterraines du Bas-Saint-Laurent. En plus de ce document, un rapport scientifique complet ainsi qu'une base de données terrain et cartographiques régionale sont également disponibles.

TABLE DES MATIERES

ÉQUIPE DE RÉALISATION DE L’UQARiii

PARTENAIRESiii

Présentation du territoire 1

 Localisation 1

 Environnement naturel..... 2

 Topographie 2

 Hydrographie 2

 Couverture végétale 2

 Pédologie 2

 Milieux humides..... 2

 Environnement humain 4

 Occupation du sol 4

 Affectation du territoire..... 4

Contextes géologiques et hydrogéologiques..... 6

 Géologie du socle rocheux..... 6

 Topographie du roc..... 9

 Géologie du quaternaire 10

 Plaine côtière 10

 Hauts plateaux appalachiens 10

 Épaisseur des dépôts meubles..... 13

Contextes hydrostratigraphiques et hydrogéologiques 17

Stratigraphie et architecture des dépôts meubles 20

Conditions hydrogéologiques 24

 Piézométrie, écoulements et suivi des niveaux d’eau..... 24

 Recharge et résurgences..... 26

 Vulnérabilité des aquifères 28

Ressource en eau souterraine 30

 Utilisation de l’eau souterraine 30

 Qualité de l’eau souterraine 33

Synthèse hydrogéologique régionale 36

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1-Localisation de la zone d'étude du PACES-KRT..... 1

Figure 2-Distribution des types de cultures agricoles présentes dans le KRT (BDPPAD,2020) 2

Figure 3-Échelle des temps géologiques présentant les principaux événements géologiques à l’origine de la formation du relief des Appalaches au Québec (adaptée de Brisebois et Brun, 1994). 6

Figure 4- Représentation stratigraphique simplifiée de la succession des dépôts meubles pouvant se retrouver sur le territoire du KRT à la suite du dernier retrait glaciaire 10

Figure 5-Limite de la mer de Goldthwait dans la région du KRT 10

Figure 6-Représentation approximative des limites du paléo-lac Madawaska dans la MRC de Témiscouata..... 10

Figure 7-Correspondance entre les caractéristiques sédimentologiques des dépôts meubles et leur perméabilité sur le territoire du KRT (adapté de Veillette et al., 2017). 13

Figure 8-Regroupement des hydrofacies..... 17

Figure 9-Schéma hydrogéologique conceptuel des conditions de confinement (RQES, 2021)..... 17

Figure 10-Localisation des coupes stratigraphiques sur le territoire PACES-KRT 20

Figure 11- Exemple de variations des niveaux d'eau dans deux puits (F-01 et F-02) et précipitations durant la période de septembre 2019 à septembre 2020 24

Figure 12- Forage du puits F-01 à Kamouraska avec une foreuse conventionnelle de type rotopercussion par la compagnie Puitbec 24

Figure 13-Recharge mensuelle moyenne de janvier 2000 à décembre 2017 sur le territoire du PACES-KRT 26

Figure 14-Écoulement, zones de recharge et de résurgence (RQES,2022) 26

Figure 15-Méthode DRASTIC, ses paramètres et leurs poids respectifs (RQES,2022) 28

Figure 16-Cartes individuelles du PACES-KRT ayant servi au calcul de l'indice DRASTIC 28

Figure 17-Schématisation de la méthodologie utilisée pour le calcul de l'utilisation de la ressource en eau 30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-Superficie du couvert forestier sur le territoire du PACES-KRT 2

Tableau 2-Superficie des classes d'occupation du sol 4

Tableau 3-Critères de définition des conditions de confinement 17

Tableau 4-Source d'approvisionnement en eau par MRC..... 30

Tableau 5- Consommation de l'eau souterraine et de surface pour les catégories d'usage.* 30

Tableau 6- Compilation des données disponibles sur le territoire du KRT selon les critères pour la santé et ceux d'ordre esthétique 33

PRÉSENTATION DU TERRITOIRE

LOCALISATION

Le projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines couvre un territoire d'une superficie de 7400 km² correspond à une proportion significative du Bas-Saint-Laurent. Il suit les limites des territoires des MRC de Kamouraska, de Rivière-du-Loup et du Témiscouata (figure 1). Deux territoires non organisés (TNO), Picard et Petit-Lac-Ste-Anne, sont présents dans la MRC de Kamouraska et représentent près de 760 km². Le territoire comprend ainsi des portions significatives des bassins versants des rivières du Loup, Ouelle, Kamouraska et des lacs Témiscouata et Pohénégamook, couverts par les organismes de bassin versant du Fleuve Saint-Jean et l'OBAKIR. Il compte aussi une frange côtière d'une centaine de kilomètres le long de l'estuaire du Saint-Laurent, en incluant plusieurs îles et îlots faisant partie du territoire du comité ZIP du sud de l'estuaire et de la Table de concertation régionale du sud de l'estuaire moyen. L'île Verte est la seule île habitée du territoire et compte 36 habitants permanents et environ 150 habitants semi-permanents sur une superficie totale de 11,5 km². Seule cette dernière a été incluse dans le projet.

Le territoire du KRT a une population de près de 75 000 habitants répartis dans 49 municipalités. Les plus grandes villes sont Rivière-du-Loup (20 050 hab.), Témiscouata-sur-le-Lac (4 935 hab.) et La Pocatière (4 024 hab.).

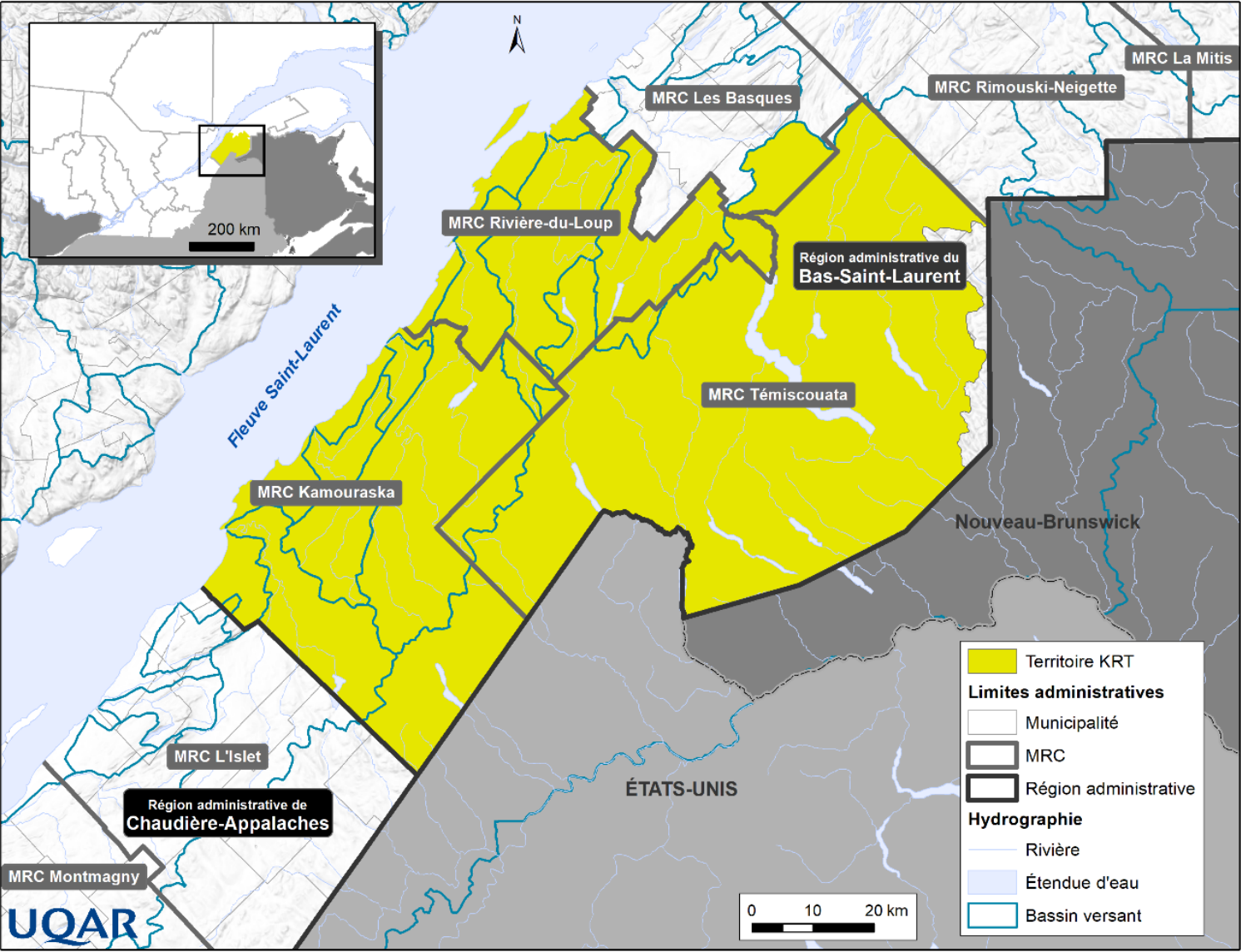


Figure 1-Localisation de la zone d'étude du PACES-KRT

ENVIRONNEMENT NATUREL

Topographie

Le territoire se caractérise par deux grandes particularités physiogéographiques: la **plaine côtière** et les **hauts plateaux appalachiens**. La plaine côtière représente les territoires ennoyés par la mer de Goldthwait lors de la dernière déglaciation. Ces territoires correspondent à ceux ayant généralement une altitude inférieure à 163 m par rapport au niveau moyen de la mer au niveau de Rivière-du-Loup et 145 m vers La Pocatière. Ils représentent principalement les grandes plaines agricoles du Kamouraska et de la région de Rivière-du-Loup. Les seuls éléments escarpés du relief que l'on retrouve dans la plaine côtière sont les **monadnocks** du Kamouraska (aussi appelés cabourons). Les hauts plateaux appalachiens, au sud de territoire, sont traversés par de profondes vallées fluviales orientées nord-ouest – sud-est où les versants atteignent des dénivelés de l'ordre de 200 m.

Hydrographie

Le territoire chevauche deux régions hydrographiques du Canada, soit celle Saint-Laurent Sud-Est (région 02) et celle de la Baie-des-Chaleurs – Percé (région 01). La région Saint-Laurent Sud-Est couvre principalement la plaine côtière des MRC de Kamouraska et Rivière-du-Loup et l'écoulement se fait vers le fleuve St-Laurent. La Baie-des-Chaleurs – Percé (région 01) correspond majoritairement à la MRC de Témiscouata et l'écoulement est dirigé par les barres appalachiennes vers le Fleuve-St-Jean. C'est d'ailleurs dans cette dernière région que l'on retrouve les plus grands lacs du territoire dont le Lac Témiscouata (67 km²)

Couverture végétale

Le domaine bioclimatique de la zone d'étude est la sapinière à bouleau jaune. Près de 81% du territoire à l'étude est occupé par un couvert forestier qui est dominé par une forêt mixte suivi de près par les feuillus et les résineux (tableau 1).

Tableau 1-Superficie du couvert forestier sur le territoire du PACES-KRT

Couvert forestier	Superficie (km ²)	% du territoire forestier
Feuillus	1 999	33
Mixte	2 259	38
Résineux	1 729	29
Total	5 987	100

Les terres agricoles ne représentent quant à elles que 12% du territoire et sont principalement localisées sur la plaine côtière. 46% de celles-ci servent à la culture du foin pour la nourriture du bétail, 25% aux céréales et un dernier 25% représente des terres en friche ou non cultivées (figure 2).

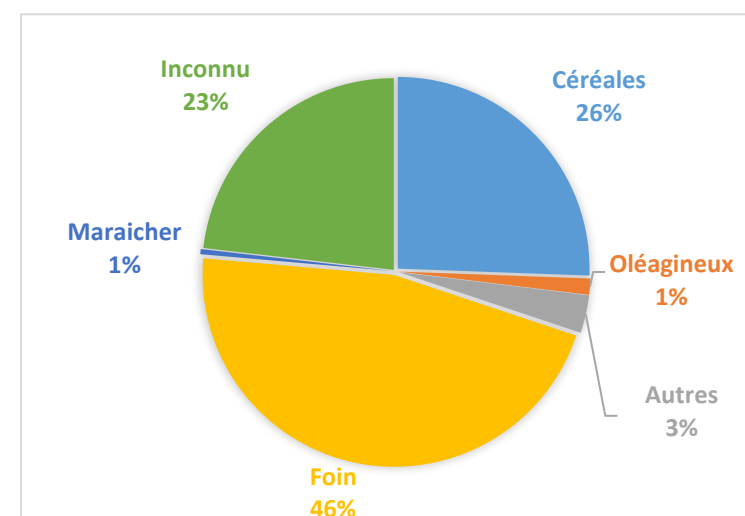


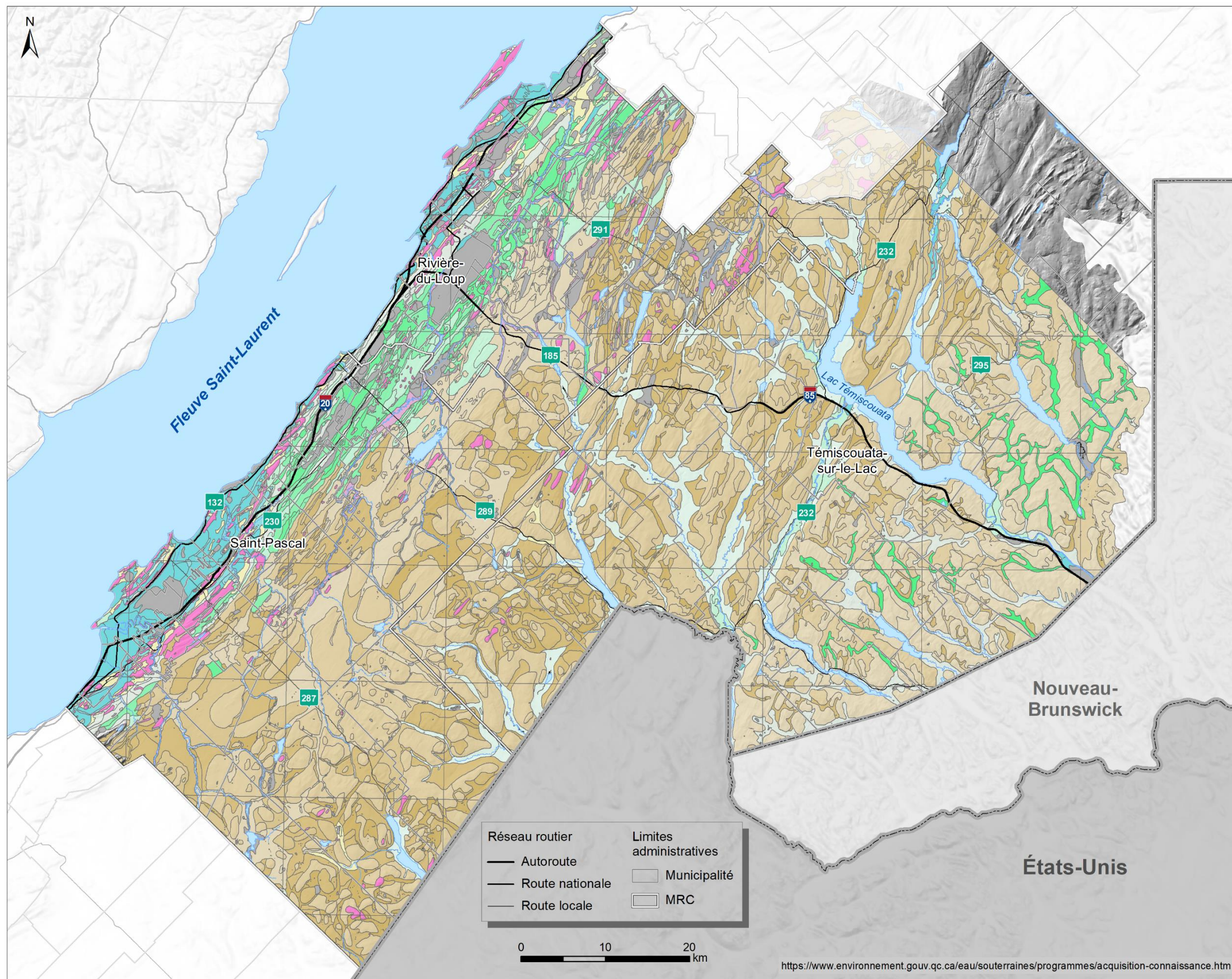
Figure 2-Distribution des types de cultures agricoles présentes dans le KRT (BDPPAD,2020)

Pédologie

La carte pédologique (livrable 11, page 4) provient des feuillets au 1 : 20 000 de l'Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement (IRDA). Pour la plaine côtière, les sols loameux et les sols argileux sont les unités pédologiques dominantes. Ces sols proviennent à la fois de l'invasion et de la régression de la mer de Goldthwait qui ont laissé en place des dépôts marins fins et sableux. On retrouve également la présence d'importantes superficies de sols organiques correspondant aux grandes tourbières de la région. Sur les hauts plateaux, les sols sont principalement composés de dépôts de till qui comporte une bonne proportion de graviers dans une matrice silto-argileuse. On y retrouve quelques zones de dépôts organiques correspondantes à des cédrières. Les sols de fond de vallées sont des loams très bien drainés.

Milieux humides

Les tourbières de type minérotrophe dominant et couvrent une superficie près de 221 km². Deux tourbières de dimensions importantes se trouvent dans la région de Rivière-Du-Loup (32 km²) et de Rivière-Ouelle (17 km²). Les tourbières de la région de Rivière-du-Loup sont actuellement exploitées à plus de 50 %, principalement par les entreprises privées Tourbières Berger et Premier Tech, alors que celles de Rivière-Ouelle le sont à 40 % par les Tourbières Lambert. Les marais salés et les herbiers marins caractéristiques de la région représenteraient environ 70 km². La cartographie des milieux humides des hauts plateaux a majoritairement été faite par photo-interprétation. Basés sur ces données, les marécages couvriraient près de 4,5% du territoire.



LIVRABLE 11

Pédologie

Sols argileux

- Imparfaitement drainé
- Mal drainé

Sols sableux

- Rapidement drainé

Sols issus de dépôts de till

- Rapidement drainé
- Bien drainé
- Modérément bien drainé
- Imparfaitement drainé
- Mal drainé

Sols organiques

- Très mal drainé

Sols loameux

- Très rapidement drainé
- Rapidement drainé
- Bien drainé
- Modérément bien drainé
- Imparfaitement drainé
- Mal drainé
- Très mal drainé

Autre

- Alluvion
- Affleurement rocheux
- Sols divers ou non cartographiés

Réalisation

ENVIRONNEMENT HUMAIN

Occupation du sol

Les données utilisées afin de produire la carte du livrable 07 proviennent du Portrait Provincial en Aménagement du Territoire (PPAT) du MAMH. Le tableau 2 répertorie les superficies de chacune de ces catégories ainsi que le pourcentage que celles-ci représentent à l’échelle du territoire. Bien que le territoire soit composé à plus de 60 % de forêt, la plaine côtière, elle, est majoritairement occupée par du territoire agricole. Les milieux humides sont nombreux (3291 répertoriés), mais sont généralement de faibles superficies. Quoi qu’en faible proportion sur le territoire, il semble que la plupart des périmètres urbains dans la MRC du Témiscouata se concentrent autour des grands lacs de la région, soit les lacs Témiscouata, Pohénégamook, Long, Touladi et le Grand lac Squatec. Les deux plus grands centres urbains se situent le long du fleuve avec près de 17 km² pour la ville de Rivière-du-Loup et 8,5 km² pour la ville de La Pocatière. Les autres centres urbains font tous moins de 5 km².

Les carrières sont présentes sur tout le territoire, avec une densité plus élevée au niveau de la moraine de Saint-Antonin, au sud-est de Rivière-du-Loup.

Tableau 2-Superficie des classes d'occupation du sol		
	Superficie (km ²)	% du territoire
Forestier	4655,9	63,4
Agricole	2237,8	30,5
Milieu humide	266,5	3,6
Urbain	178,3	2,5

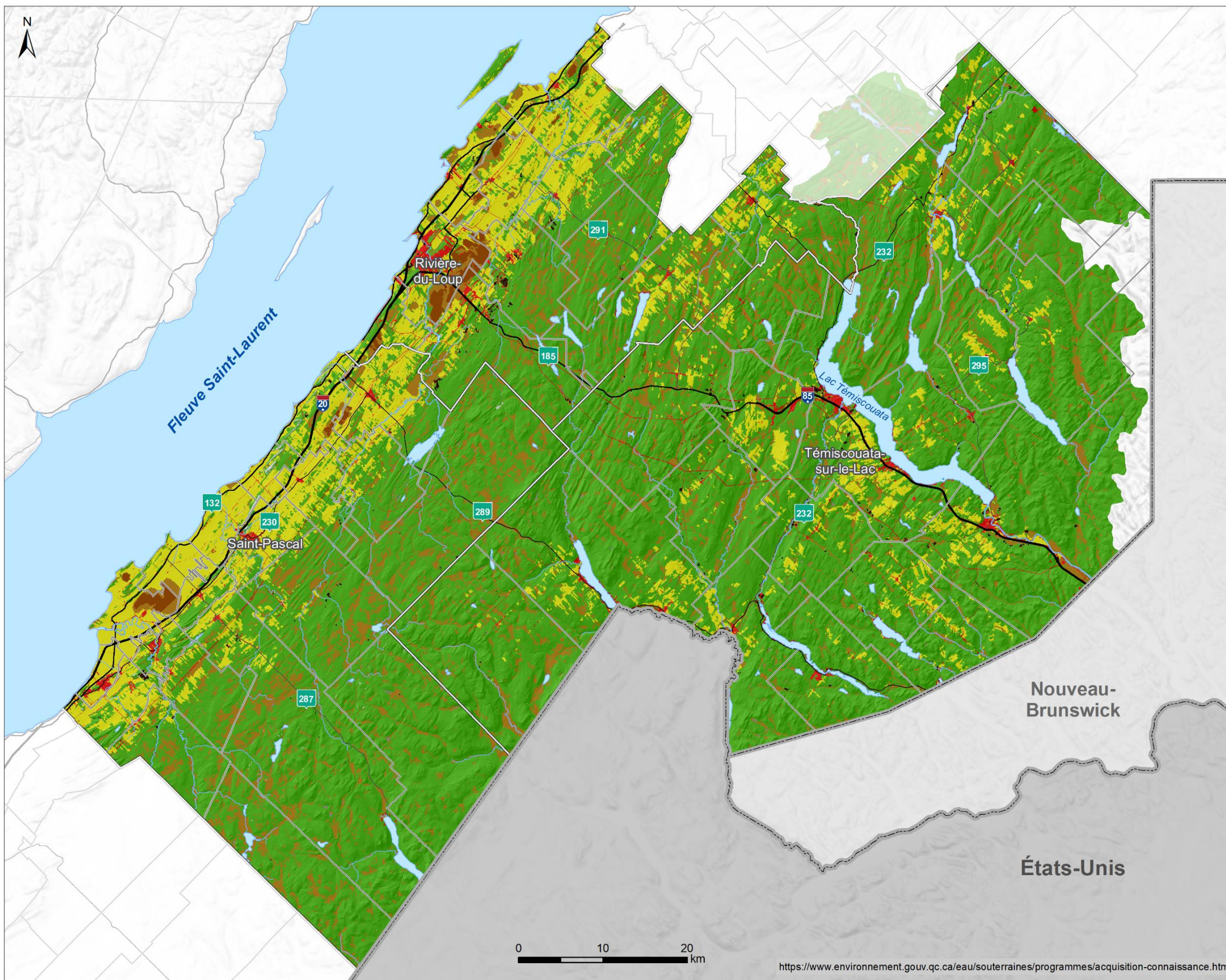
Affectation du territoire

L’affectation du territoire représente formellement l’utilisation possible du territoire. Elle est liée aux grandes orientations d’aménagement tout en répondant à un besoin de la collectivité en matière d'espace résidentiel, urbain, industriel, récréatif, agricole, forestier et de conservation.

L’affection forestière occupe la plus grande partie du territoire avec 6179,5 km² (57 %). Elle est surtout située à l’est, près de la frontière avec le Nouveau-Brunswick. Une superficie de 760 km² des TNO du territoire est complètement incluse dans cette catégorie. Le couvert forestier présent dans la plaine côtière (800 km²), et autour des lacs de la MRC de Témiscouata, est à vocation agroforestière. L’agroforesterie couvre 11 % du territoire.

La seconde vocation d’importance sur le territoire est agricole, avec une couverture de 28 %. Ces terres sont principalement situées dans la plaine côtière sur les MRC du Kamouraska et de Rivière-du-Loup. Bien que cette affectation soit aussi présente dans la MRC du Témiscouata, les cultures déclarées sont de moindres importances.

Deux aires protégées régionales sont présentes sur le territoire. La plus importante est le parc national du lac Témiscouata (zonage récréatif), dans la MRC du même nom, ayant une superficie de plus de 175 km², suivies par l’aire d’aménagement de Grande-Rivière, à cheval entre les MRC de Kamouraska et de L’Islet, qui a une superficie de 86 km². Le territoire abrite également 7 refuges biologiques : 3 habitats fauniques du rat musqué, 2 du cerf de Virginie ainsi que 4 écosystèmes forestiers d’exception.



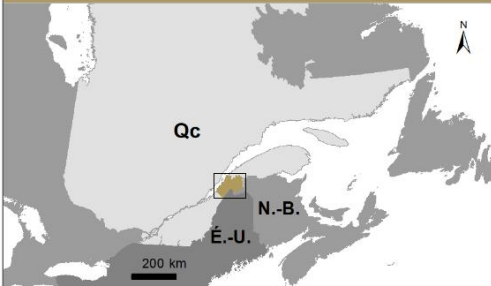
LIVRABLE 07

Occupation du sol

- Zone agricole
- Zone forestière
- Zone urbaine
- Zone humide
- Tourbière exploitée
- Roc affleurant
- Mine et carrière

- | | |
|--|---|
| Réseau routier | Limites administratives |
| Autoroute | Municipalité |
| Route nationale | MRC |
| Route locale | |

Localisation



Réalisation

CONTEXTES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES

GÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX

Le territoire du KRT fait partie de la province géologique des Appalaches. Formée lors de l’ère du Paléozoïque, plus précisément entre le Cambrien et le Dévonien, cette chaîne de montagnes est composée essentiellement de roches sédimentaires reposant en discordance sur les roches de la Plateforme du Saint-Laurent ou sur les roches ignées et métamorphiques du socle précambrien de la Province de Grenville. Durant les principales phases d’édification, les roches ont été affectées par les phénomènes combinés de plissements, de jeux de failles et de métamorphisme. Représenté actuellement sous la forme de ceintures continues, ce relief plissé, orienté nord-est / sud-ouest, a subi une longue période d’érosion continentale sous des climats variés. Il en est résulté un relief de plateau, de collines arrondies, de crêtes et de sillons parallèles à la vallée du fleuve Saint-Laurent.

Les failles inverses du Témiscouata et de Lac-des-Aigles subdivisent le territoire en deux complexes géologiques, soit la zone de Humber et la Ceinture de Gaspé. La zone de Humber couvre principalement les régions de Rivière-du-Loup et du Kamouraska. Les formations sont d’âge cambrien et ordovicien et appartiennent au super-groupe de Québec. Les formations géologiques sont celles de Tourelle, de Caldwell, de Saint-Rosaire, de Saint-Roch, de Trinité et de Trois-Pistoles. Les lithologies comprennent des grès, des orthoquartzites, des conglomérats, des mudrocks, des calcaires et de l’ardoise. La Ceinture de Gaspé, du côté du Témiscouata, regroupe les formations géologiques de Témiscouata, Groupe de Chaleurs et Groupe de Cabano. Les mudrocks, le grès, le calcaire et le conglomérat sont les principales lithologies de ces formations.

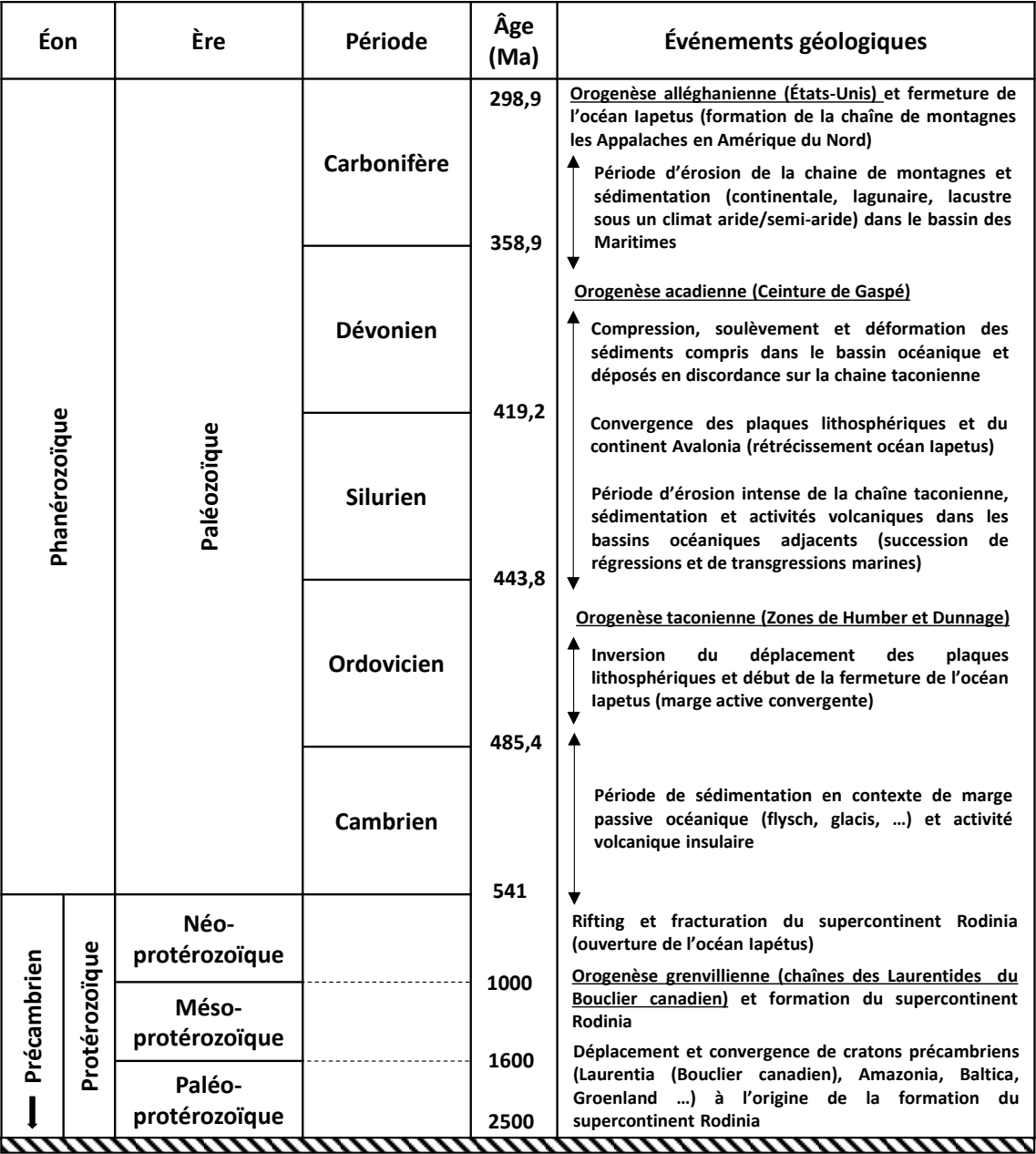
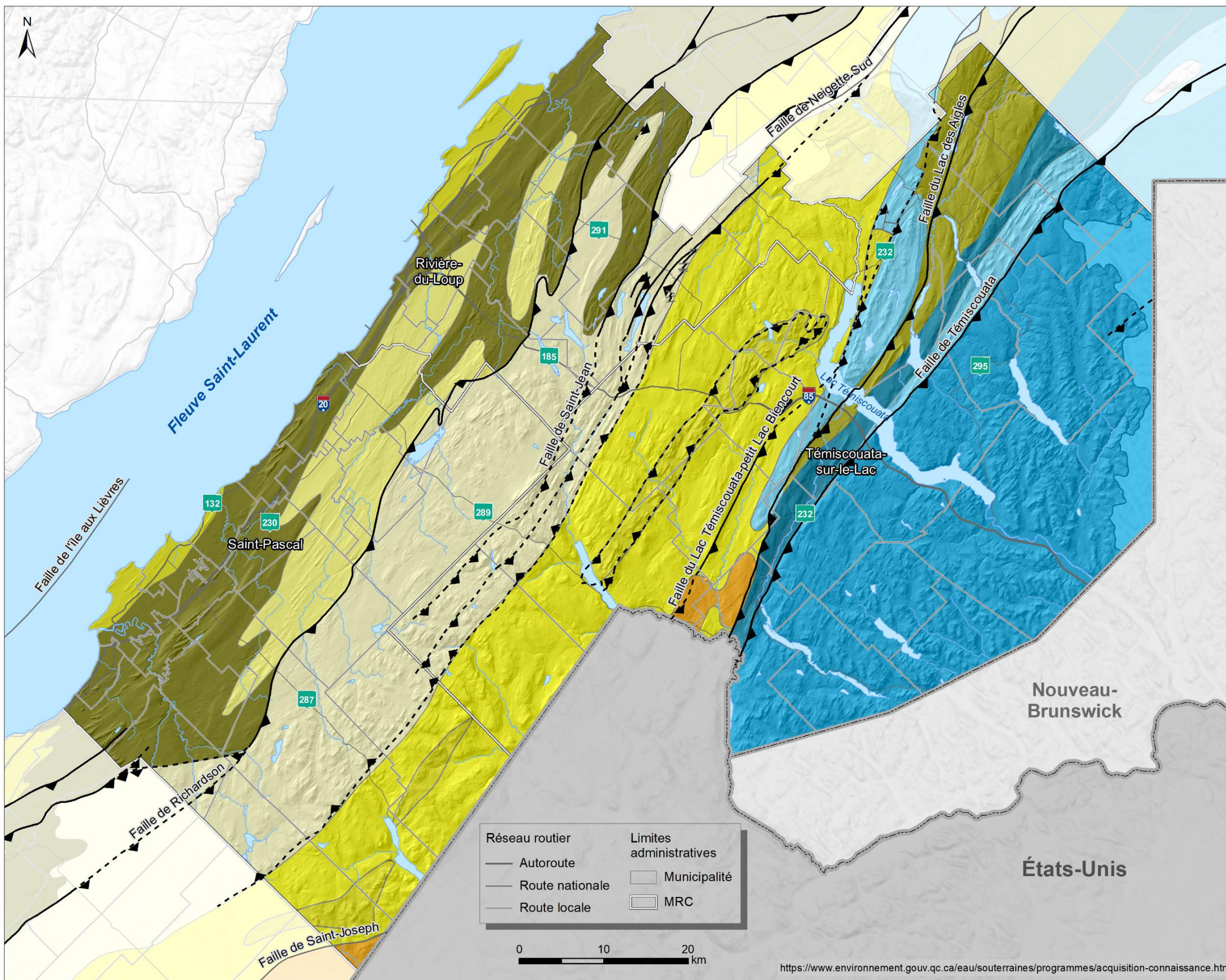


Figure 3-Échelle des temps géologiques présentant les principaux événements géologiques à l’origine de la formation du relief des Appalaches au Québec (adaptée de Brisebois et Brun, 1994)*.

* Toutes les références sont présentées dans le rapport scientifique.

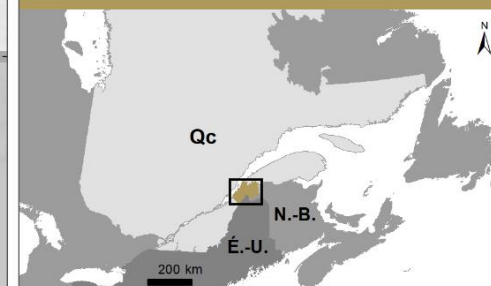


LIVRABLE 13

Géologie du roc

- Fautes régionales**
- Autre faille régionale
 - Faille inverse certaine
 - Faille inverse probable
- Zones géologiques**
- Néoprotérozoïque à Ordovicien Inférieur*
- Groupe de Caldwell
- Cambien à Ordovicien inférieur*
- Groupe de Saint-Roch et d'Armagh
 - Formation de Tourelle
 - Groupe de Rosaire
 - Groupe de Saint-Roch
 - Groupe de Trinité
 - Formation de Rivière-Ouelle
- Ordovicien à Silurien Inférieur*
- Groupe de Cabano
- Silurien à Dévonien*
- Formation de Témiscouata
 - Groupe de Chaleurs

Localisation



Réalisation

Topographie du roc

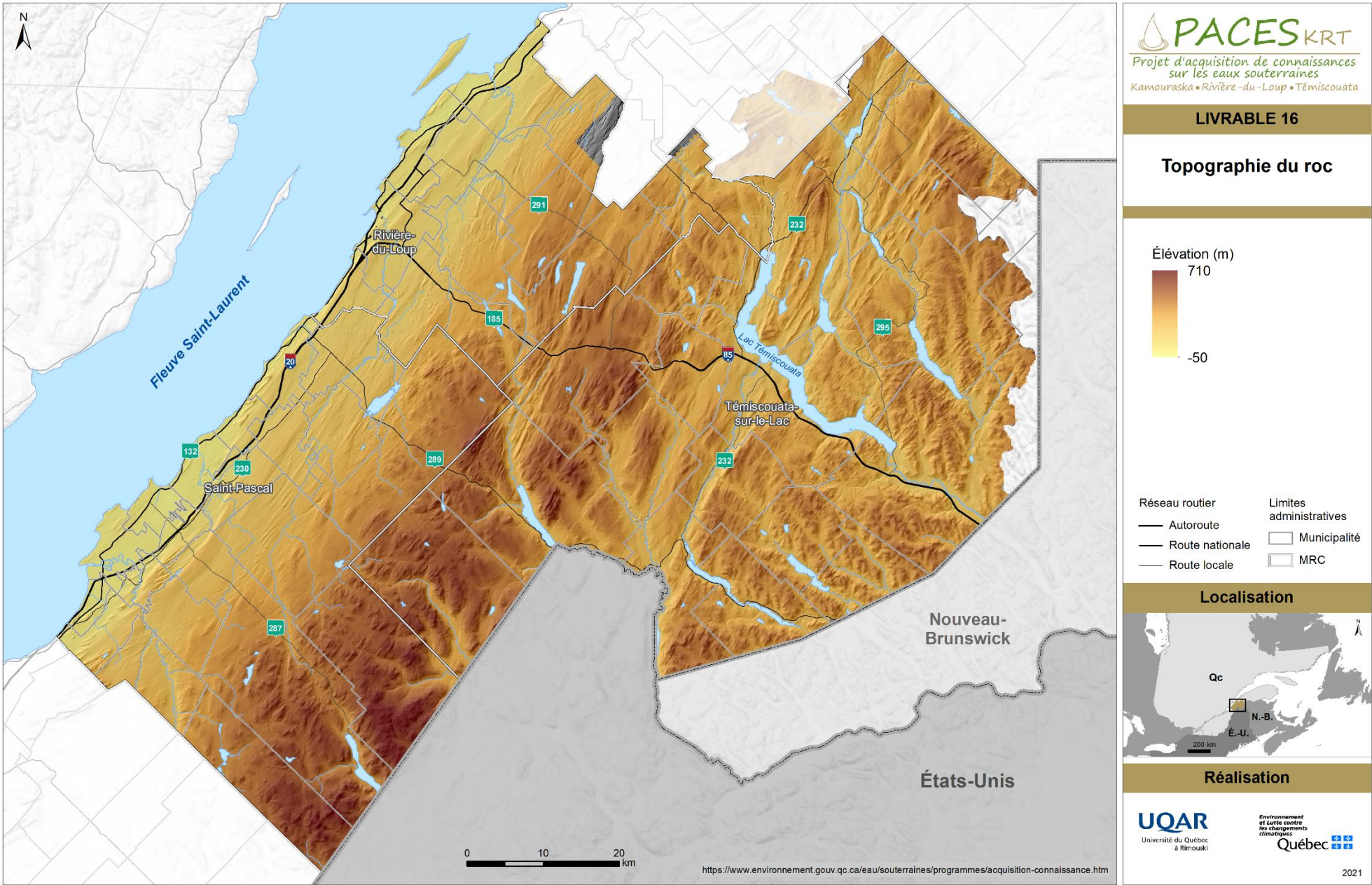
Le livrable Topographie du roc (livrable 16) représente une estimation de l’altitude de la surface du socle rocheux sous les dépôts meubles. La précision de l’estimation de la topographie du roc dépend principalement de la quantité et de la répartition des données de forage et d’affleurement rocheux. Une carte de la profondeur du roc est un outil utile pour repérer d’éventuelles vallées enfouies pouvant contenir de potentiels aquifères granulaires.

La topographie du roc reflète la topographie de surface. La plaine côtière assez uniforme avec une topographie moyenne de -25 m par rapport au niveau moyen de la mer. La zone des hauts plateaux est fortement marquée par des vallées profondes et escarpées. La bande centrale nord-est / sud-ouest présente les plus hauts sommets avec très peu ou pas d’accumulation sédimentaire. Au sud de la faille Témiscouata (voir position sur livrable 13), le relief est beaucoup plus escarpé avec une succession de vallées et de sommets ayant des élévations moyennes de 400 m.

Méthodologie

Afin d’avoir les données les plus justes pour la topographie du roc, les modèles numériques d’élévations (MNE) de la région ont été combinés avec les LIDAR disponibles de la plaine côtière. L’épaisseur interpolée des dépôts meubles a ensuite été soustraite de ce MNE combiné.

Ainsi, la morphologie du socle rocheux devient indépendante de la morphologie de surface qui peut avoir été modelée par divers processus récents et permet de mieux refléter les crêtes et sillons où les dépôts meubles sont de faibles épaisseurs.



GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE

Période d'activité		Origine des dépôts	Taille des sédiments
Post glaciaire		Alluvial / colluvion / altérite / organique	Sable / gravier / organique
Dernière déglaciation	Exondation	Littoral	Sable / gravier
	Submersion	Mer ou lac de contact ou post-glaciaire	Argile / silt
	Retrait glaciaire	Fluvio-glaciaire	Sable / gravier
	Avancé ou retrait glaciaire	Dépôt glaciaire (till)	Sable / gravier / galet
Géologique		Paléo environnements	Roc

Figure 4- Représentation stratigraphique simplifiée de la succession des dépôts meubles pouvant se retrouver sur le territoire du KRT à la suite du dernier retrait glaciaire

Plaine côtière

La mer de Goldthwait a façonné le type de dépôts retrouvés dans la plaine côtière. Les **dépôts marins anciens** y sont généralement épais et leur altitude se maintient à environ 160 m (figure 5). Les **dépôts fluvioglaciaires** se retrouvent au pied des hauts reliefs sous forme de plaines d'épandage ou de contacts glaciaires (par exemple la moraine de Saint-Antoine). On retrouve aussi des **dépôts organiques** formant les tourbières bien connues de la région. La région du Kamouraska est également bien connue pour ses monadnock, collines d'orthoquartzite dominant la plaine côtière.

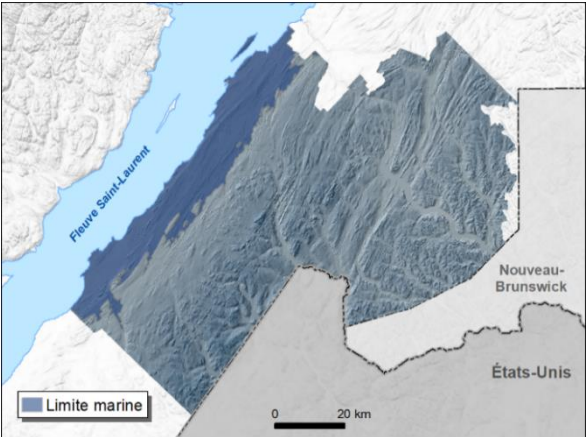


Figure 5-Limite de la mer de Goldthwait dans la région du KRT

Depuis le début de la période du Quaternaire (≈2,6 Ma), des successions d'avancées (glaciations) et de reculs (interglaciaires) des glaciers sur le territoire ont grandement contribué à éroder et à remodeler les reliefs. Durant la dernière période glaciaire (≈75 ka à 11,6 ka), l'Inlandsis laurentidien a recouvert toute la région du KRT. Au maximum glaciaire, la glace s'écoulait vers le sud-est à partir d'un centre de dispersion localisé dans la région de la baie de James. Tous les dépôts meubles de la région du KRT appartiennent au dernier cycle glaciaire et résultent d'une succession d'événements : le recul de la marge glaciaire depuis la côte vers les hauts plateaux appalachiens, la submersion de la plaine côtière par les eaux de la mer de Goldthwait, l'évacuation des eaux de fonte glaciaire vers le nord, la mise en place de lacs proglaciaires, la régression marine et l'établissement du drainage fluvial actuel (figure 4).

Hauts plateaux appalachiens

Le roc à nu ou recouvert d'une mince couche de dépôts couvre une superficie non négligeable des hauts plateaux appalachiens. Le till est également très présent, en couches généralement minces, et contenu dans une matrice silto-sableuse. Il est particulièrement abondant au sud de la faille de Témiscouata (voir livrable 13). Les **dépôts fluvioglaciaires** affleurent sur l'ensemble du territoire, principalement dans les fonds et sur les flancs des vallées. Les eskers sont assez abondants dans la MRC de Témiscouata. Localisés dans le fond des vallées, ils forment des crêtes allongées sinueuses discontinues composées pour l'essentiel de sables et de graviers stratifiés mal triés. Ils montrent un écoulement généralisé vers le nord.

Les **dépôts glaciolacustres** se retrouvent principalement aux abords du paléo-lac Madawaska (Figure 6). Des sédiments fins d'eau profonde affleurent en surface en bordure du lac Témiscouata, près de Cabano ainsi que dans la vallée de Squatec. Les sables et graviers deltaïques se retrouvent généralement dans les mêmes secteurs, mais sont plus répandus et couvrent une surface plus grande du territoire.

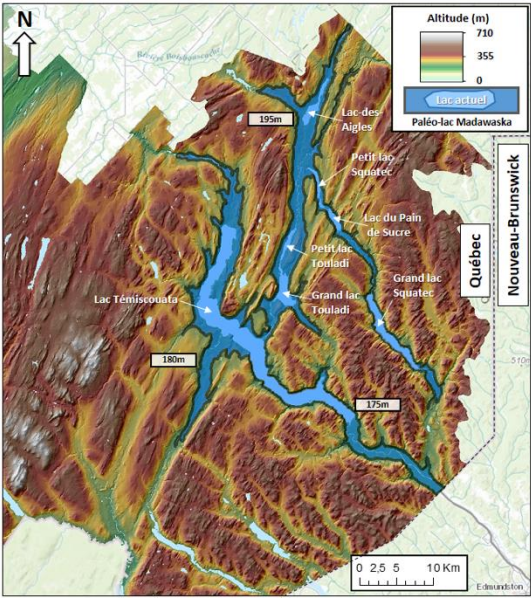
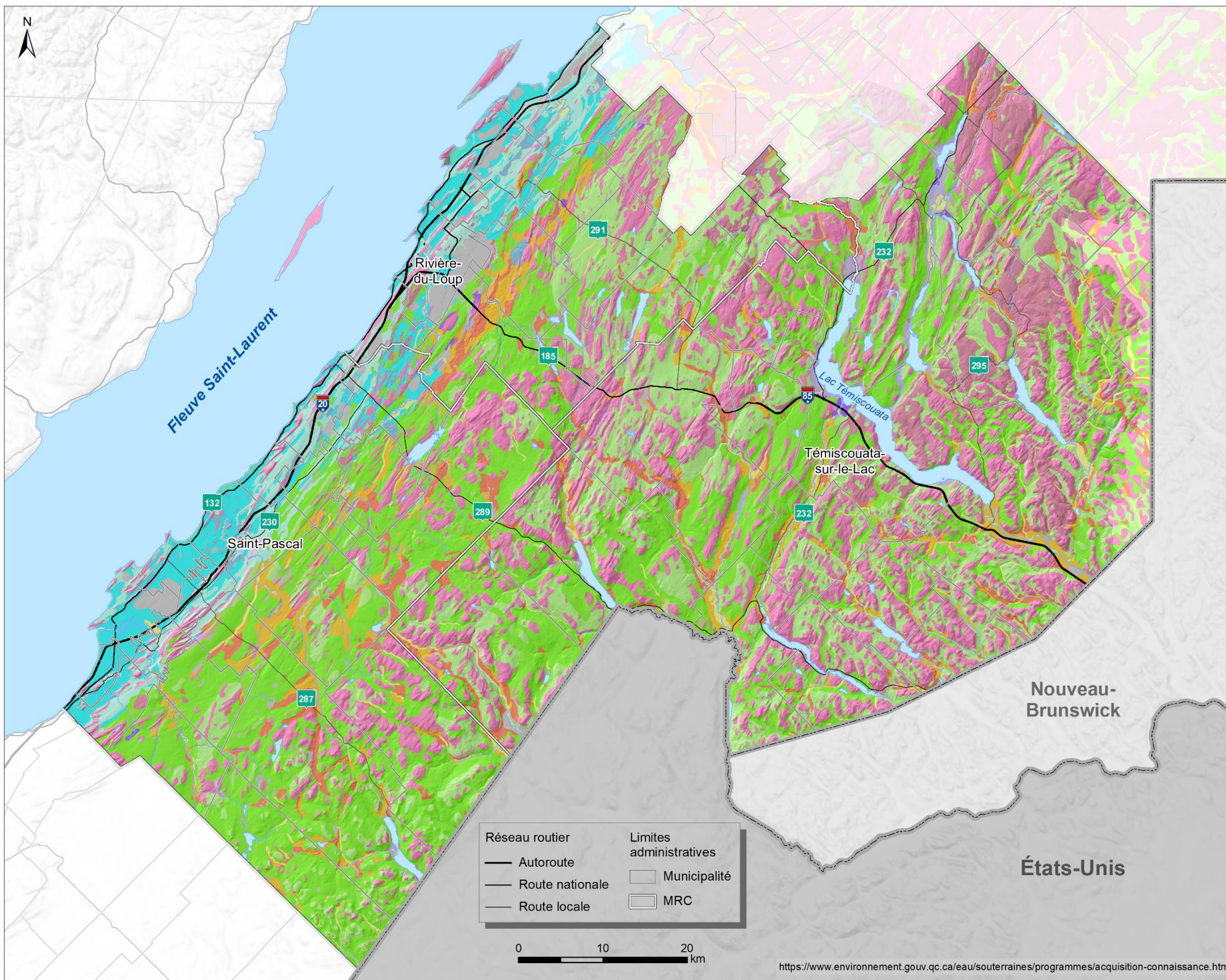


Figure 6-Représentation approximative des limites du paléo-lac Madawaska dans la MRC de Témiscouata.



Épaisseur des dépôts meubles

Sur le territoire, les plus grandes épaisseurs de dépôts (livrable 15A) se trouvent dans la plaine côtière des MRC de Rivière-du-Loup et de Kamouraska. Ils sont particulièrement présents à Cacouna où ils peuvent atteindre jusqu’à 60 m et à Rivière-Ouelle où ils atteignent près de 50 m. La Moraine de Saint-Antonin se démarque aussi avec des épaisseurs de plus de 30 m à certains endroits et s’étire sur environ 40 km de Saint-Épiphanie à Saint-Antonin. Sur le reste du territoire, l’épaisseurs des dépôts sédimentaires est très faible (moyenne de 2 m).

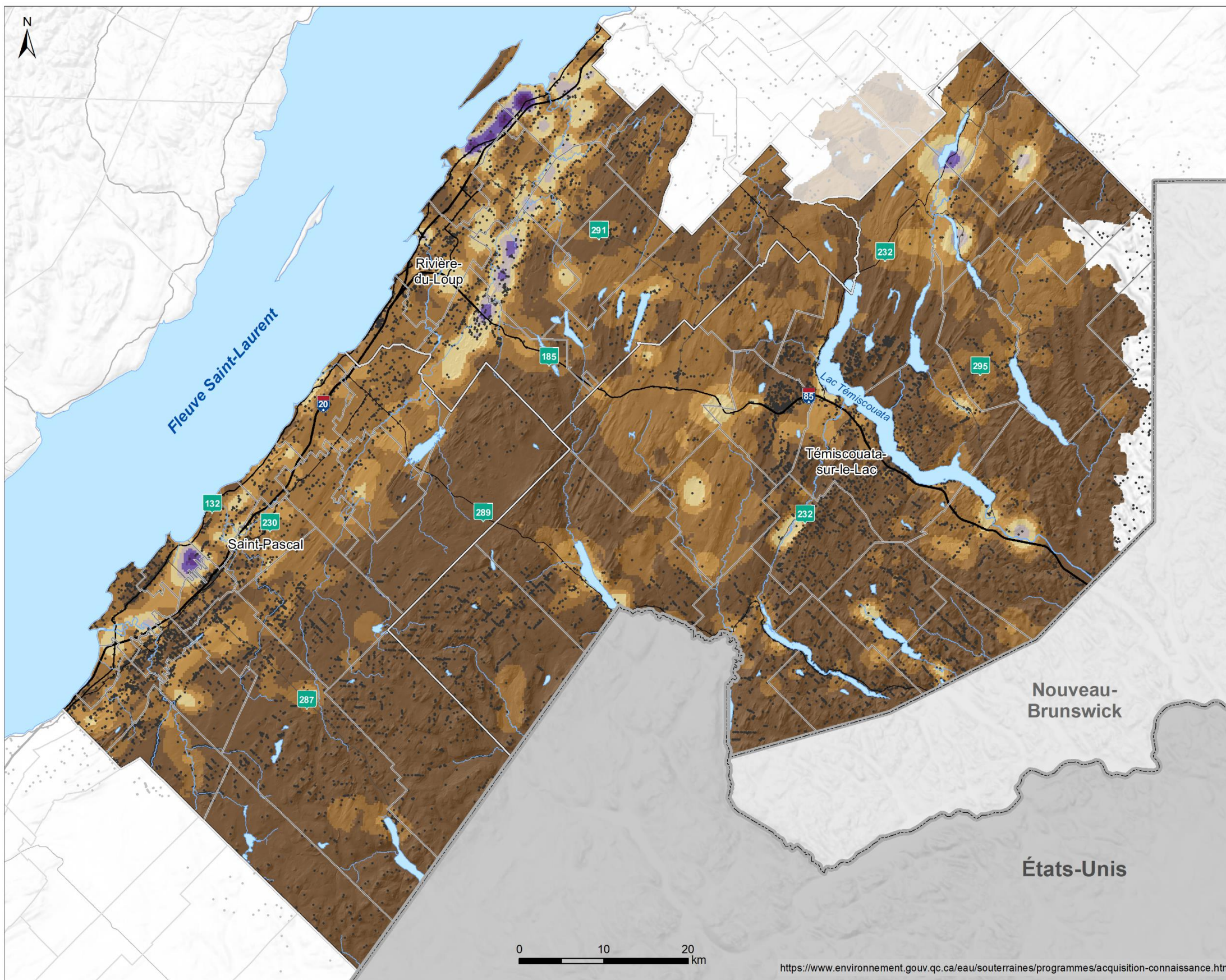
Si des épaisseurs importantes de dépôt meuble peuvent être un signe de potentiel aquifère, la nature des de ceux-ci joue un rôle primordial dans la dynamique de l’écoulement souterrain ainsi que dans la recharge de l’aquifère du roc fracturé sous-jacent. La figure 7 présente les types de dépôt quaternaire retrouvés sur le territoire du KRT (livrable 12) ainsi que leurs compositions et leur perméabilité. La carte des épaisseurs des argiles (livrable 15B) montre d’ailleurs que la plupart des dépôts d’importance du territoire sont majoritairement composés d’argile, comme la majorité des dépôts retrouvés dans la plaine côtière. Même la moraine de Saint-Antonin, composée de sable et de gravier, repose sur des épaisseurs non négligeables d’argile glacio-marine.

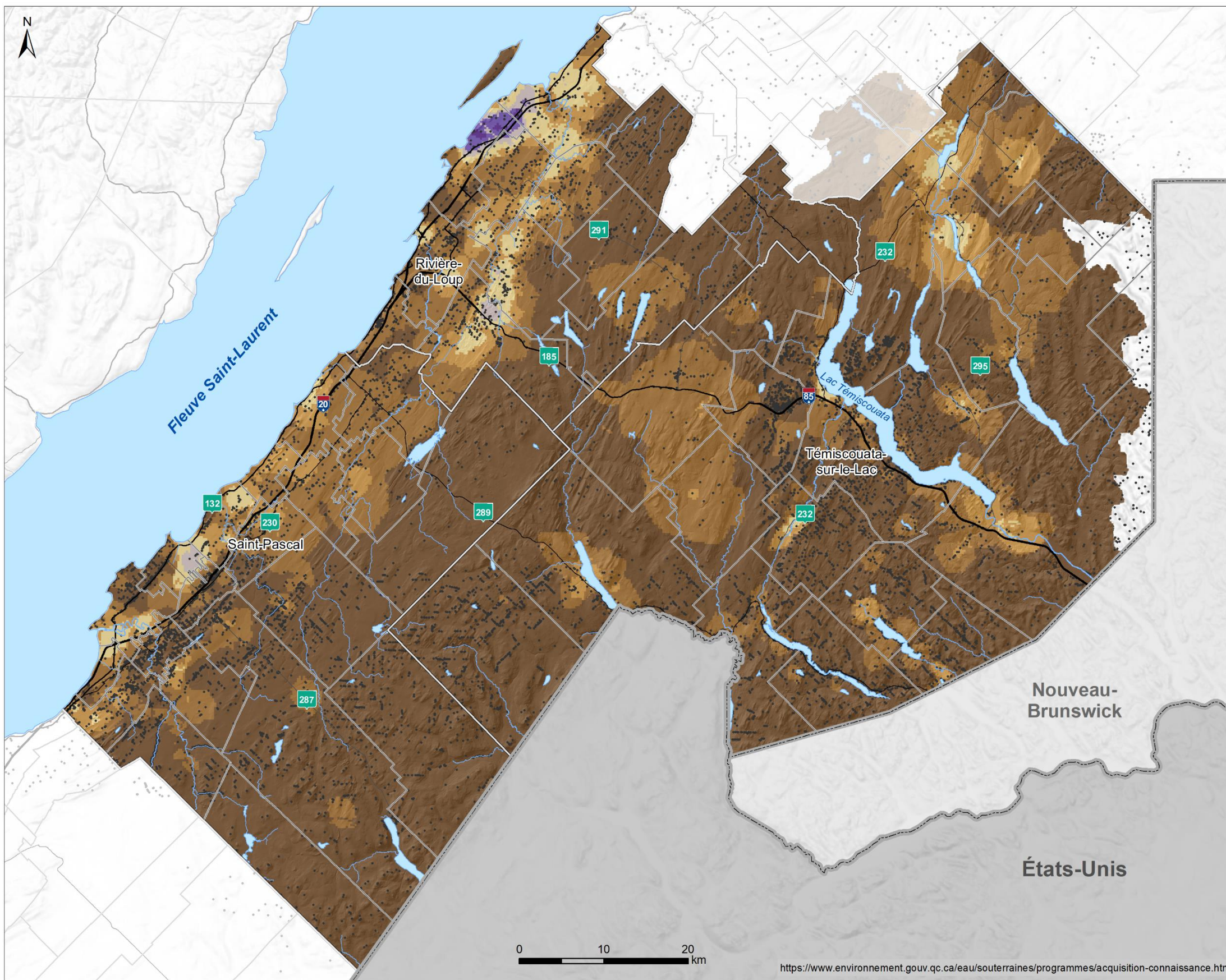
Méthodologie

L’épaisseur totale de dépôts meubles a été estimée en interpolant les données compilées dans le projet, incluant les forages (provenant de rapports hydrogéologiques et de base de données du MTQ, PACES, SIH), les affleurements rocheux compilés dans la couverture de l’IRDA, ainsi qu’en utilisant les données de la carte du Quaternaire (Veillette *et al.* 2017) pour les secteurs des hauts plateaux où l’on ne retrouve quasiment pas de données de forages, mais où nous savions que les épaisseurs de dépôts sont faibles. Les épaisseurs des différentes unités hydrostratigraphiques ont été additionnées et les épaisseurs totales ont été directement interpolées par krigeage ordinaire (livrable 15a). Comme vu précédemment, les dépôts quaternaires du territoire sont dominés par les argiles d’eau profonde de la mer de Goldthwait, mais aussi d’argile glacio-lacustre du paléo-lac Madawaska. Le livrable 15b montre la répartition de l’épaisseur d’argile sur le territoire.

Environnement postglaciaire	Dépôts organiques	O	tourbe, débris végétaux de 0,5 à 5m d'épaisseur	Imperméable
	Colluvions	C	fragments rocheux, graviers, sable et silt de 1 à 10 m ou plus d'épaisseur	Perméable
	Alluvions	Ap	sable, gravier, silt et blocs de 1 à quelques dizaines de m d'épaisseur	Perméable
Dépôts marins actuels	Sédiments de plages	Mr	sable, graviers et blocs de 1 à 5 m ou plus d'épaisseur	Perméable
	Sédiments de la zone intertidale	Mi	silt, sable, débris organiques de 1 à 5 m d'épaisseur	Perméable
Dépôts marins anciens	Sédiments littoraux	Mn	sable, gravier et blocs de 1 à 10 m d'épaisseur	Perméable
	Sédiments d'eau profonde	Mo	silt et silt argileux avec des lits sablonneux de 1 à 10 m d'épaisseur	Imperméable
	Sédiments deltaïques	GMd	sable, gravier, silt et blocs de 1 à 30 m d'épaisseur	Perméable
	Sédiments glaciomarins	GMn	diamicton silto-argileux, argiles rougeâtres ou grises caillouteuses	Imperméable
Dépôts glaciolacustres	Sédiments deltaïques	GLd	sable, silt, gravier de 1 à 5 m ou plus d'épaisseur	Perméable
	Sédiments d'eau profonde	Glo	rythmites de silt et argiles de 1 à 3 m d'épaisseur	Imperméable
Dépôts fluvioglaciers	Sédiments de plaine d'épandage	GFp	sable et gravier de 1 à 30 m d'épaisseur	Perméable
	Sédiments de contact glaciaire	GFc	gravier, sable, blocs de 1 à 25 m d'épaisseur	Perméable
Dépôts glaciaires	Till en couverture discontinue	Tv	gravier, galet, quelques blocs dans une matrice sablo-silteuse <0,5 m d'épaisseur	Semi-perméable
	Till en couverture généralement continue	Tb	gravier, galet, quelques blocs dans une matrice sablo-silteuse >1 m d'épaisseur	Imperméable
Quaternaire et pré-quaternaire	Régolite	Wv / Wb	fragments rocheux anguleux et altérites d'épaisseur moyenne de <1m pouvant être à 2m par endroits	Imperméable / perméable
	Roche en place d'origine indifférenciée	R	Roc à nu ou couverture sédimentaire mince (<0,5 m)	Imperméable / perméable

Figure 7-Correspondance entre les caractéristiques sédimentologiques des dépôts meubles et leur perméabilité sur le territoire du KRT (adapté de Veillette et al., 2017).



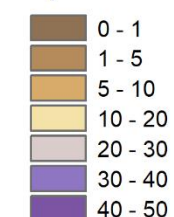


LIVRABLE 15-B

Épaisseur de l'argile

• Donnée de base utilisée

Épaisseur des dépôts d'argile (m)



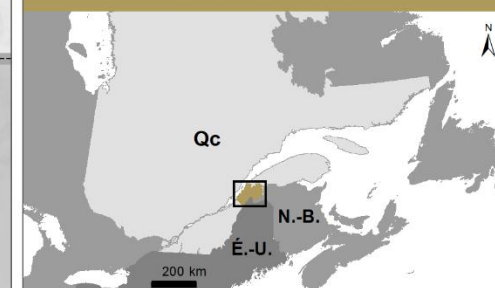
Réseau routier

— Autoroute
 — Route nationale
 — Route locale

Limites administratives

□ Municipalité
 □ MRC

Localisation



Réalisation

UQAR
 Université du Québec
 à Rimouski

Environnement
 et Lutte contre
 les changements
 climatiques
Québec

2021

CONTEXTES HYDROSTRATIGRAPHIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES

Les contextes hydrostratigraphiques se définissent sur la base de la séquence verticale de matériaux meubles recouvrant l’aquifère rocheux en un site donné. Ils sont donc la représentation planimétrique des séquences typiques d’unités hydrostratigraphiques que l’on retrouve sur le territoire du PACES-KRT. Les sédiments indifférenciés sous l’argile représentent tout sédiment s’apparentant à des dépôts fluvioglaciaires ou glaciaires recouvrant le roc (aussi appelés diamictons). Étant donné leurs faibles épaisseurs et le faible niveau de confiance de la majorité des données de description sédimentaire (notamment celles extraites du SIH), il était impossible de différencier avec exactitude les sédiments fluvioglaciaires potentiels des sédiments glaciaires. Il a donc été choisi de les regrouper. Cette simplification permet également d’obtenir une unité de sédiments indifférenciés généralement continue. Notons que la distinction de l’unité de « Till » présente sur la carte du livrable 18 s’explique par le fait que sur le territoire des hauts plateaux, il n’y a pas ou peu de données de forage sur de vastes étendues. Par conséquent, la carte des dépôts meubles de Veillette *et al.* (2015) a été utilisée pour pallier le manque d’informations stratigraphiques.

Méthodologie

Les séquences de sédiments des journaux de forages ont été regroupées et simplifiées en cinq grandes unités hydrostratigraphiques (figure 8) en fonction de leur perméabilité (potentiel hydrogéologique), de la dominance du matériel et de leur épaisseur. Pour parvenir à produire le livrable 18, les épaisseurs des unités hydrostratigraphiques ont été interpolées par krigeage ordinaire. Par la suite, pour parvenir à créer une matrice du territoire où chaque pixel représente une stratigraphie, la présence ou l’absence de chacune des unités ont été extraits à chacun des pixels d’une matrice aux 250 m x 250 m du territoire. Le livrable 18 est donc la représentation planimétrique de la stratigraphie du territoire sans tenir compte de l’épaisseur de chacune des couches hydrostratigraphiques. Seule leur séquence de superposition verticale a été utilisée.

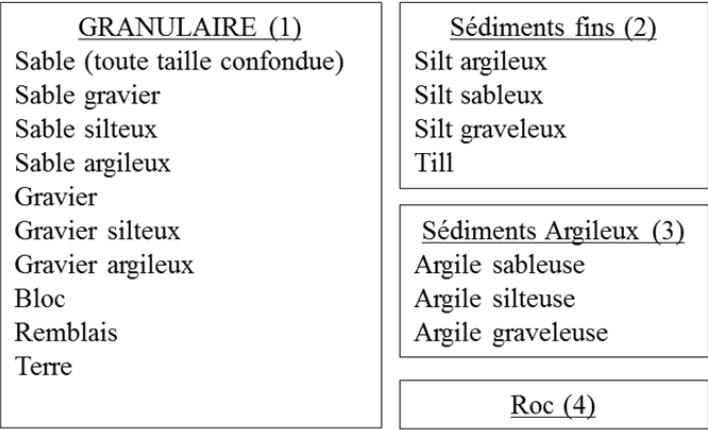


Figure 8-Regroupement des hydrofacies

À partir des contextes stratigraphiques ainsi que de la nature et de l’épaisseur des dépôts, il est possible de déterminer un contexte hydrogéologique, c’est-à-dire l’état de confinement de l’aquifère au roc (tableau 3). Le confinement d’un aquifère est déterminé par son recouvrement par une strate de matériaux peu perméables (aquitard) isolant de la surface l’eau souterraine qu’il contient.

Tableau 3-Critères de définition des conditions de confinement

Conditions de confinement	Critères utilisés
Nappe captive	Plus de 3 m de sédiments argileux ou plus de 5 m de till.
Nappe semi-captive	De 1 à 3 m de sédiments argileux ou de 3 à 5 m de till.
Nappe libre	Moins de 1 m de sédiments argileux ou moins de 3 m de till.

On retrouve donc des aquifères non confinés (nappe libre), semi-confinés (nappe semi-captive) et confinés (nappe captive). Les dépôts meubles fins composés de limon (silt) et d’argile agissent comme des matériaux confinant. Les dépôts marins d’eaux profondes et le till (dépôt glaciaire) sont aussi des types de dépôts susceptibles de confiner partiellement ou complètement des aquifères selon l’épaisseur des strates. En l’absence de dépôts meubles, ou lorsque ceux-ci sont perméables, les aquifères seront non confinés (nappe libre). Le niveau de confinement peut donner un premier aperçu sur la position des zones de recharge préférentielles et sur la vulnérabilité de l’aquifère.

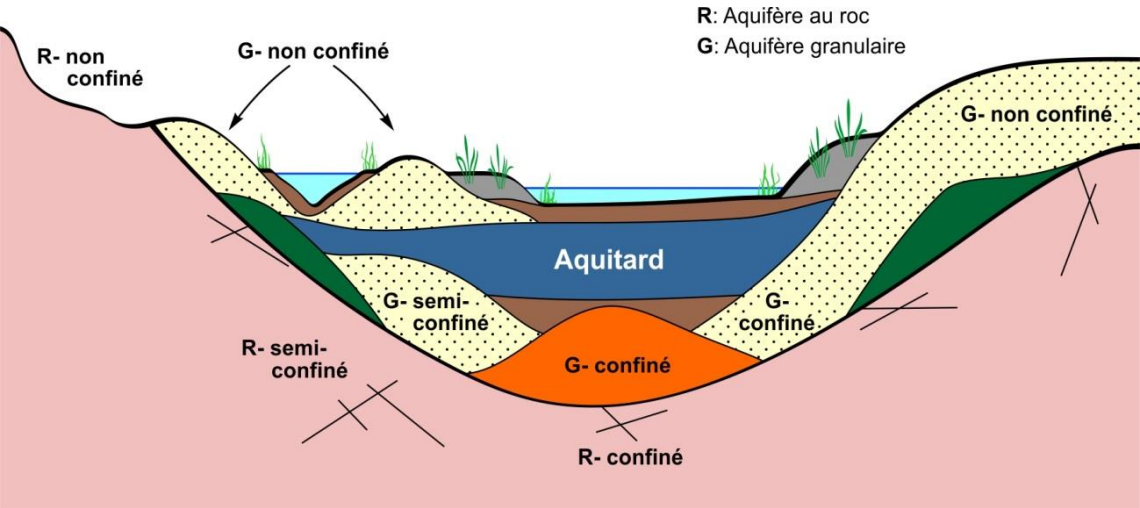
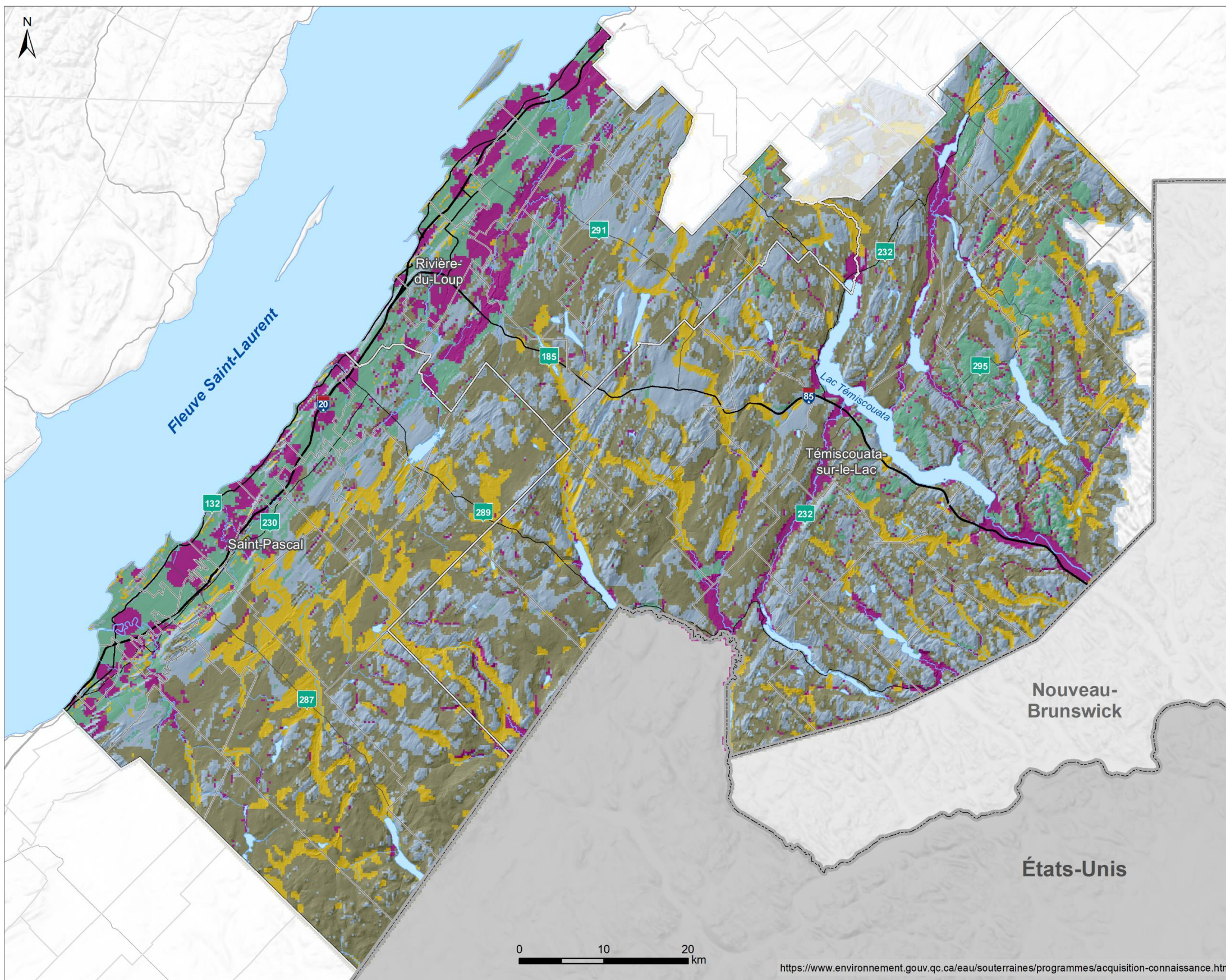


Figure 9-Schéma hydrogéologique conceptuel des conditions de confinement (RQES, 2021)



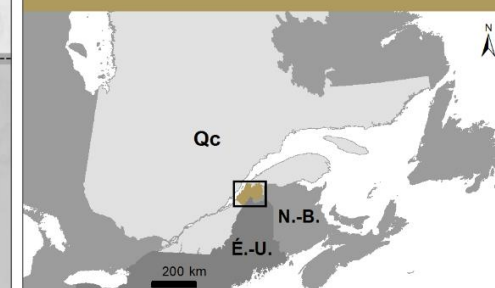
LIVRABLE 18

Contextes hydrostratigraphiques

- Roc affleurant
- Sable et gravier sur roc
- Sable et gravier sur sédiments argileux sur roc
- Sable et gravier sur sédiments argileux sur roc indifférenciés sur roc
- Till sur roc

- | | |
|--|---|
| Réseau routier | Limites administratives |
| Autoroute | Municipalité |
| Route nationale | MRC |
| Route locale | |

Localisation

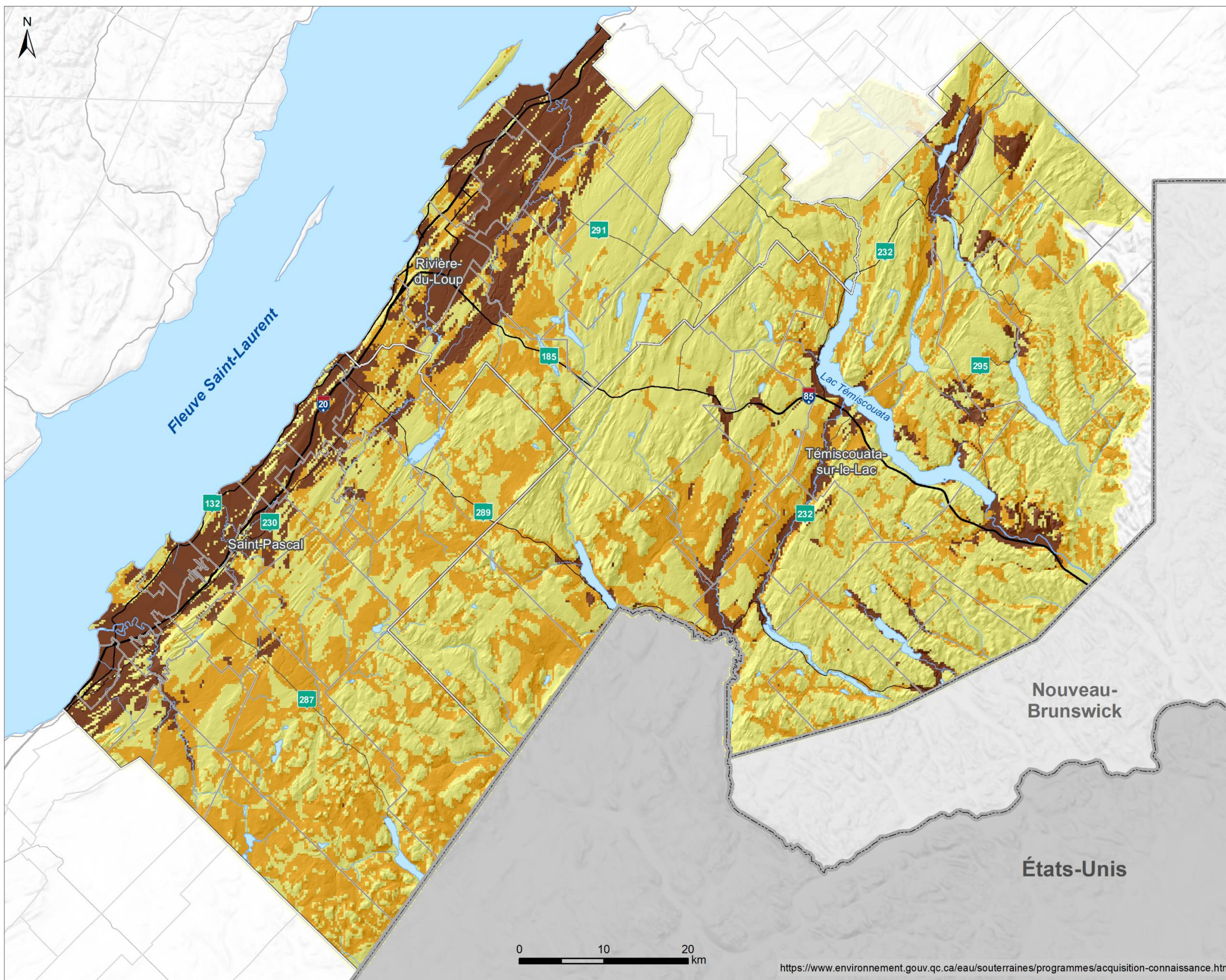


Réalisation

UQAR
 Université du Québec
 à Rimouski

Environnement
 et Lutte contre
 les changements
 climatiques
Québec

2021



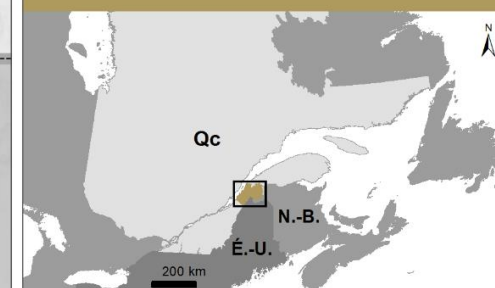
LIVRABLE 17

Contextes hydrogéologiques

- Nappe libre**
 Moins de 1 m de sédiments argileux ou
 moins de 3 m de sédiments fins.
- Nappe semi-captive**
 De 1 à 3 m de sédiments argileux ou
 de 3 à 5 m de sédiments fins.
- Nappe captive**
 Plus de 3 m de sédiments argileux ou
 plus de 5 m de sédiments fins.

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| Réseau routier | Limites administratives |
| — Autoroute | □ Municipalité |
| — Route nationale | □ MRC |
| — Route locale | |

Localisation



Réalisation

UQAR
 Université du Québec
 à Rimouski

Environnement
 et Lutte contre
 les changements
 climatiques
Québec

2021

STRATIGRAPHIE ET ARCHITECTURE DES DÉPÔTS MEUBLES

La couverture et la répartition spatiale des dépôts superficiels sur le territoire du KRT sont liées aux différentes étapes du dernier retrait glaciaire et du contexte géologique. La stratigraphie des dépôts meubles varie en fonction de la submersion marine de la mer de Goldthwait, de l'étendue des lacs proglaciaires et du trajet des eaux de fonte à la suite du retrait de la marge glaciaire vers le sud. Cette succession de paléoenvironnements est survenue sur un relief appalachien possédant des caractéristiques morphostruturales complexes qui ont affecté la distribution des dépôts à différents moments lors du dernier retrait glaciaire. Considérant la diversité du contexte stratigraphique sur le territoire et les particularités physio-géographiques, il est possible de distinguer cinq principaux environnements dans lesquels se sont déposés les dépôts meubles : (1) la basse plaine côtière, (2) les sillons appalachiens et vallées fluviales en dessous de la limite marine, (3) les sillons appalachiens et vallées fluviales au-dessus de la limite marine, (4) les vallées fluviales au-dessus de la limite marine et ayant été recouverts sporadiquement par des lacs proglaciaires ou postglaciaires et (5) les hauts plateaux et collines arrondies situés au-dessus de la limite marine. Considérant l'hétérogénéité des données et de l'étendue des forages au roc sur le territoire du KRT, six coupes stratigraphiques (figure 10) ont été générées afin d'illustrer la diversité régionale des dépôts meubles retrouvés sur le territoire (livrable 14).

Les coupes stratigraphiques, présentées ci-après, comprennent à la fois les informations sur les particularités géologiques (formations géologiques/plis/failles principales) issues des données sur la géologie générale du ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec, la topographie de surface obtenue des modèles numériques de terrain (LIDAR et 1 : 20 000 lorsque les données Lidar étaient non disponibles) et la caractérisation des dépôts granulaires obtenue grâce aux forages au roc situés à proximité des coupes stratigraphiques choisies.

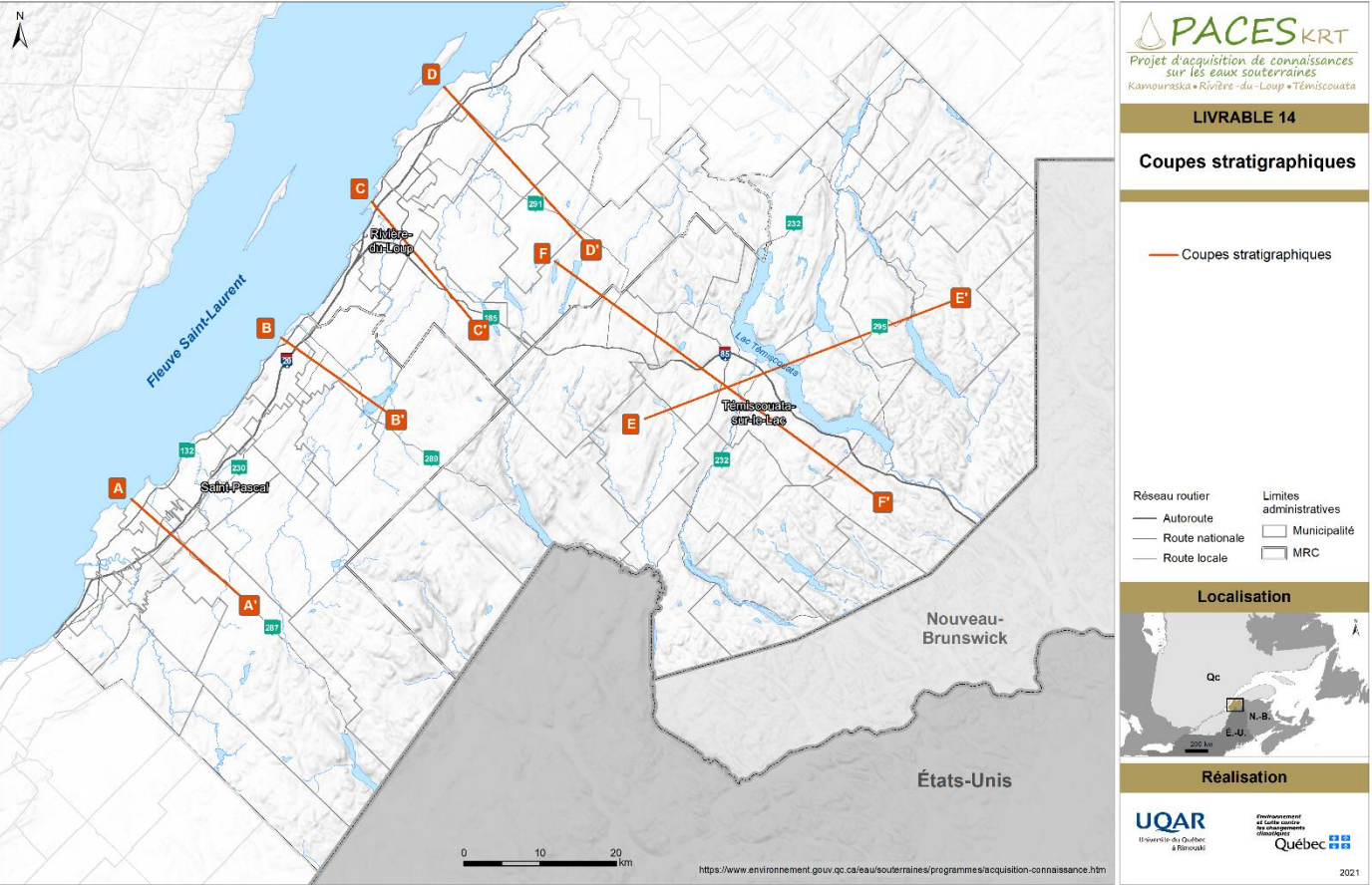
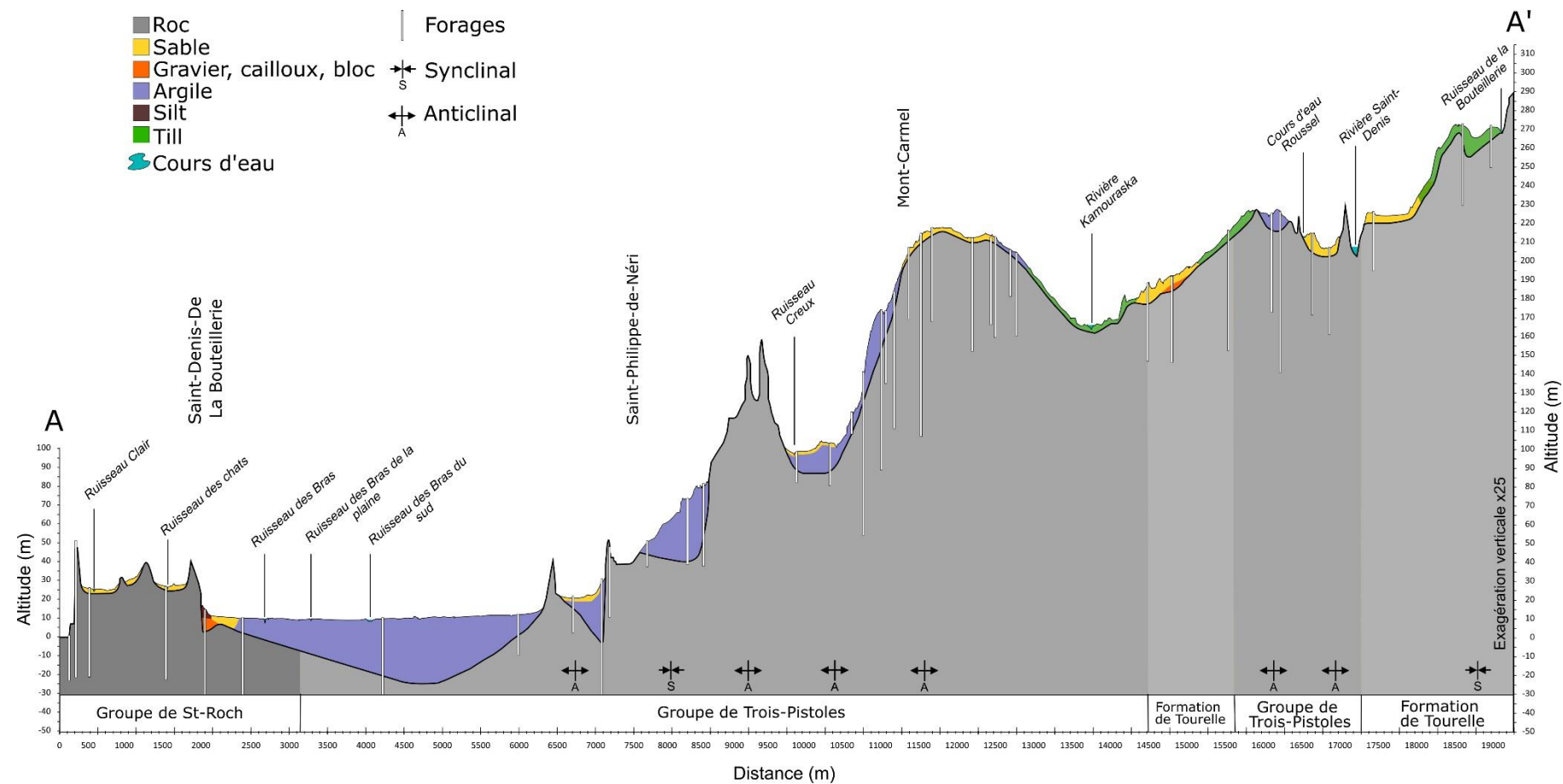


Figure 10-Localisation des coupes stratigraphiques sur le territoire PACES-KRT

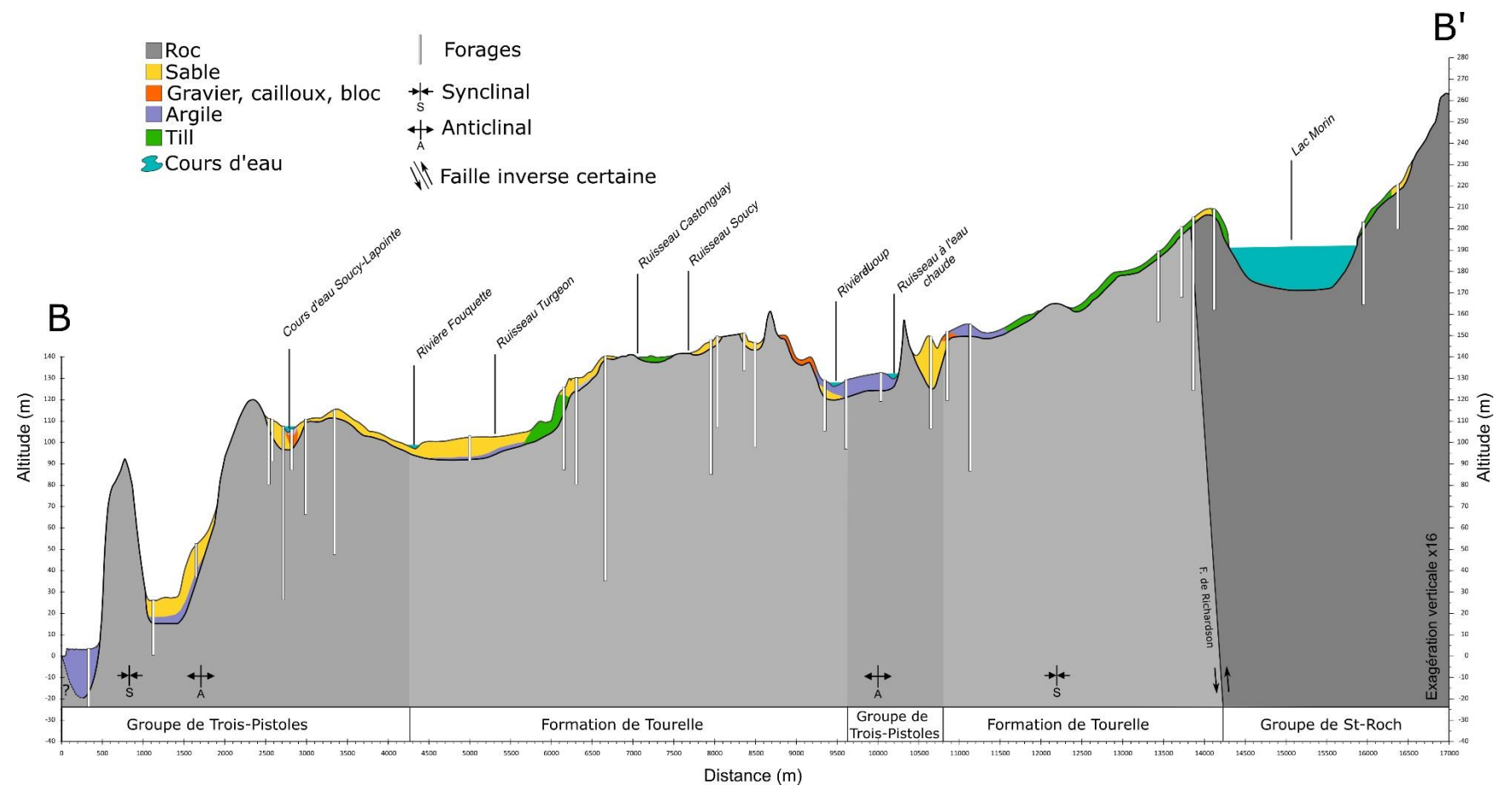


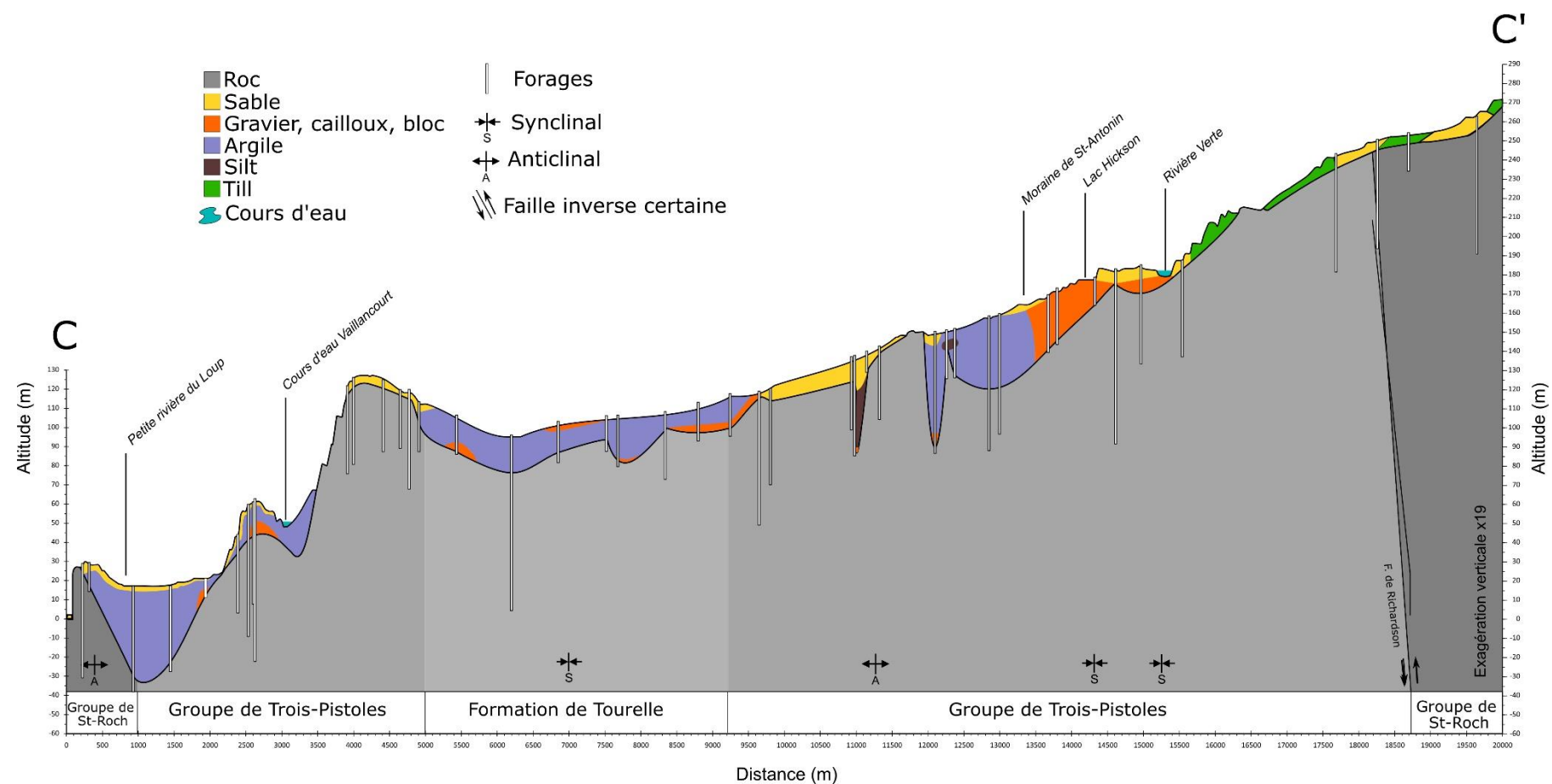
Coupe A-Saint-Denis-De La Boutellerie/Mont-Carmel

Dans cette partie du territoire, la limite marine maximale est à environ 165 m. Les argiles d'eau profonde se localisent dans la plaine côtière, reposant directement sur le roc, et pouvant atteindre des épaisseurs de 10 à 35 m. Des dépôts sablonneux de faibles épaisseurs (<3 m) et d'origine littorale se sont accumulés à l'occasion sur les dépôts argileux ou dans les sillons perchés près de la côte. Seul un étroit dépôt granulaire localisé au pied d'une crête appalachienne dans la basse plaine côtière près de Saint-Denis-De-La-Boutellerie peut être considéré comme un potentiel aquifère. Au-dessus de la limite marine maximale, on retrouve essentiellement des dépôts d'origine glaciaire (till) et des dépôts sablonneux et graveleux d'origine fluvio-glaciaire (contact et épandage). Reposant directement sur le roc, ces dépôts granulaires peuvent avoir entre 5 et 15 m d'épais et peuvent être considérés comme des aquifères.

Coupe B-Saint-André-de-Kamouraska/Lac Morin

La présence de crêtes appalachiennes de hautes altitudes à proximité de la côte cause une répartition différente des dépôts meubles dans la plaine côtière par rapport à la coupe A. Les dépôts argileux dominent la plaine côtière et tapissent le fond des sillons appalachiens principalement dans la basse plaine côtière à Saint-André-de-Kamouraska ainsi que dans les sillons bordés par de hautes crêtes rocheuses près de la côte. Les données de forages montrent peu ou pas de dépôts granulaires sous les argiles marines. On note également la présence de quelques dépôts sablonneux et graveleux ayant des épaisseurs significatives (10 à 25 m) qui pourraient être considérés comme des aquifères de surface, comme celui situé au SO de la vallée de la rivière du Loup. Au-dessus de la limite marine maximale, le roc est essentiellement recouvert de dépôts de tills (mince et épais).



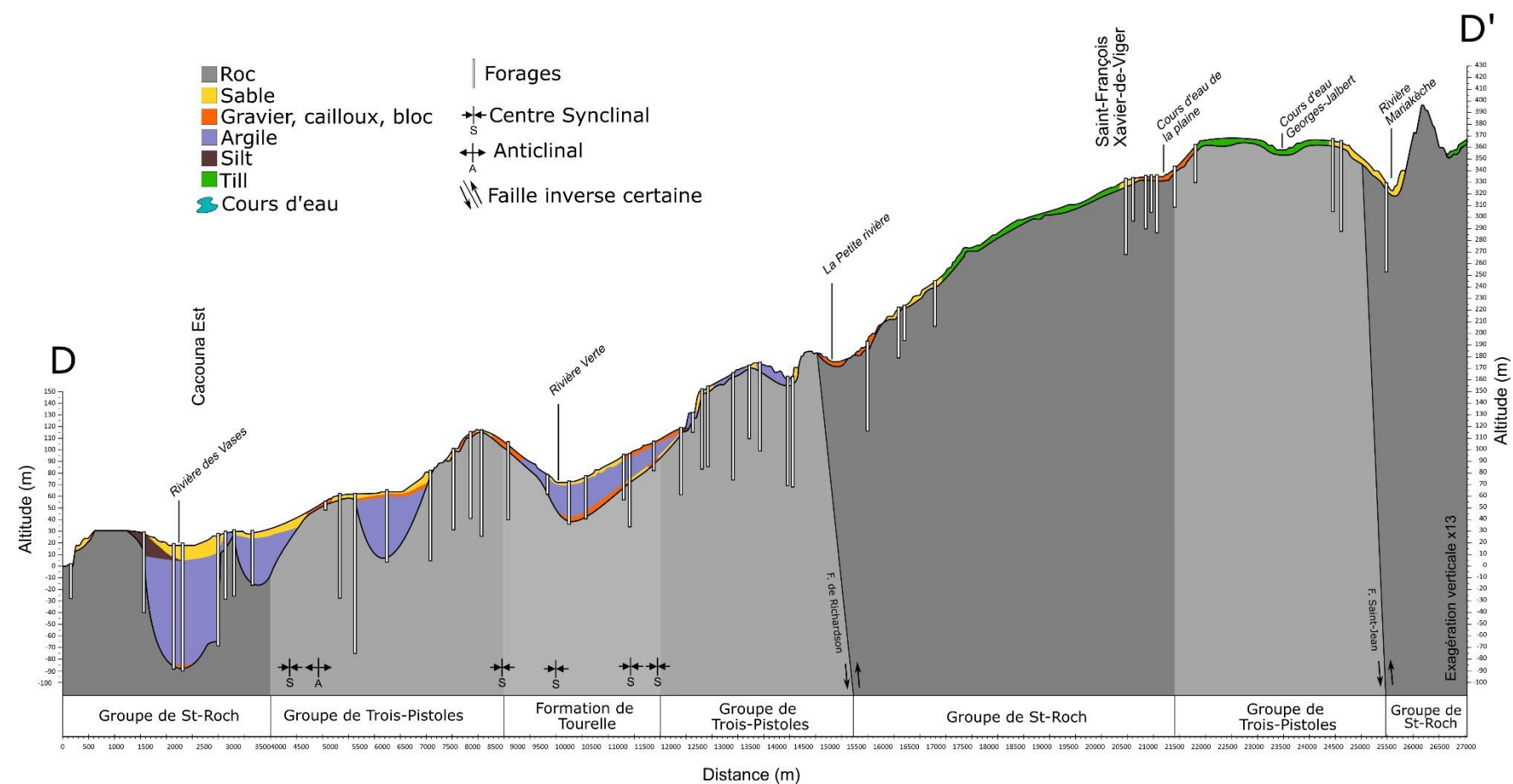


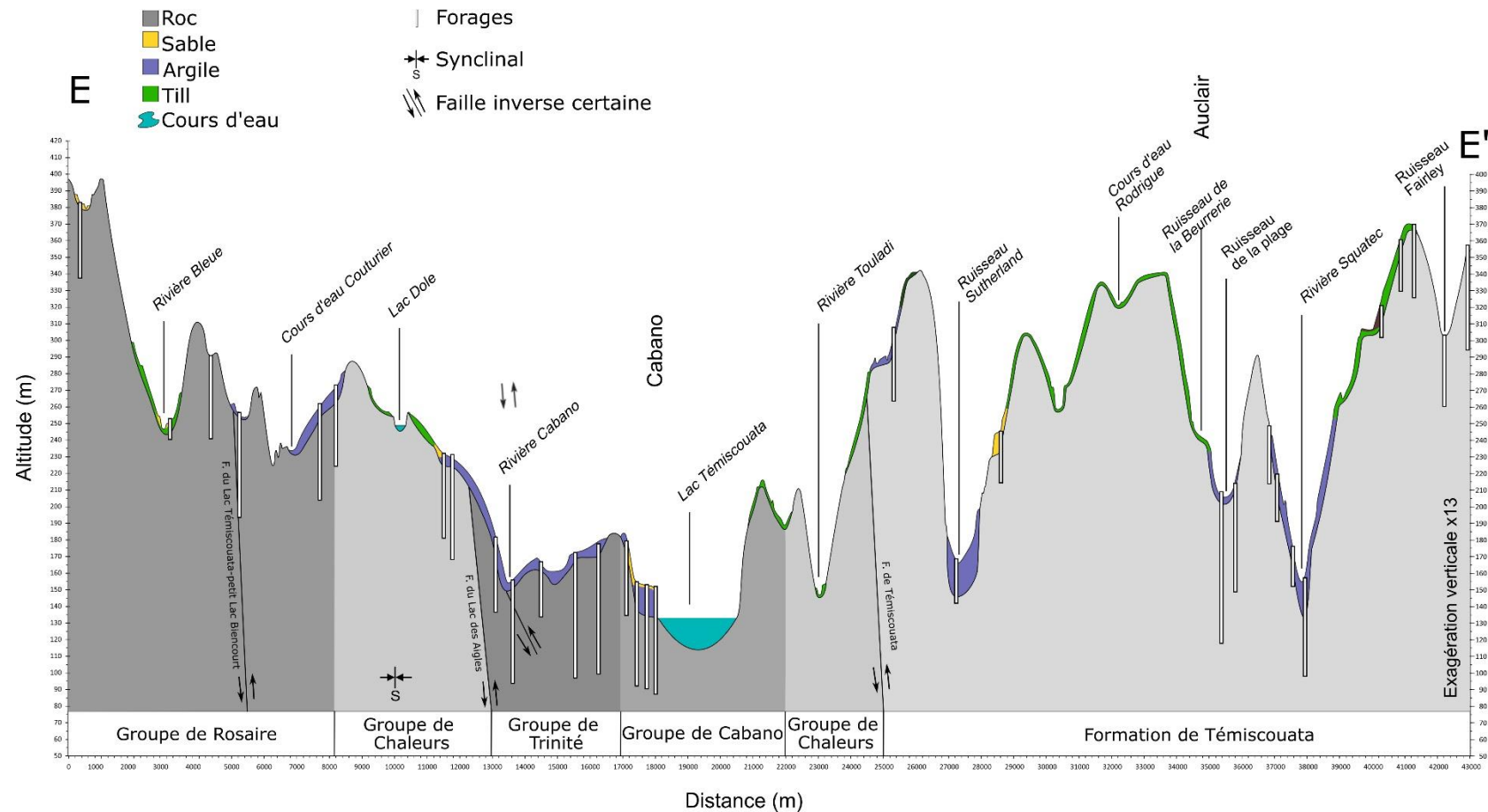
Coupe C-Rivière-du-Loup/Saint-Antonin

Comme à la coupe A et B, les épaisseurs d'argile dans la plaine côtière sont importantes, avec des épaisseurs pouvant atteindre plus de 60 m. Cette argile peut affleurer en surface ou être recouverte d'une mince couche sablonneuse d'origine littorale ou de dépôts organiques responsables de la présence de tourbières. Sporadiquement, des sédiments graveleux parfois d'une épaisseur significative (10 à 20 m) se retrouvent sous les argiles. À la limite marine maximale, on retrouve la moraine de Saint-Antonin qui constitue une accumulation sédimentaire majeure dans la région. Ce corps sédimentaire se caractérise par un important dépôt argileux (aquitarde) au sud-ouest duquel on retrouve une accumulation de sables et graviers (aquifère) pouvant avoir plus de 20 m d'épais. Ces dépôts se sont accumulés contre une crête rocheuse. Sur les hauts plateaux, on retrouve essentiellement des dépôts de till épais (<3 m) et localement quelques dépôts fluvioglaciaires de contact glaciaire.

Coupe D-Cacouna-Est/Saint-François-Xavier-de-Viger

Les dépôts meubles se concentrent majoritairement dans de larges sillons appalachiens situés sous la limite marine maximale. Ces sillons sont principalement comblés de dépôts argileux d'origine marine pouvant atteindre des épaisseurs très importantes comme par exemple dans la vallée de la rivière des Vases où les épaisseurs atteignent près de 95 m. De manière générale, ces argiles sont recouvertes de dépôts sablonneux ou graveleux de faible épaisseur (<5 m). Sous les argiles, les données des forages révèlent la présence de dépôts <5 m d'épais composés de sables et graviers. Au-dessus de la limite marine, on retrouve des dépôts de plus faibles épaisseurs et qui reposent directement sur le roc, plus précisément des tills (mince et épais)



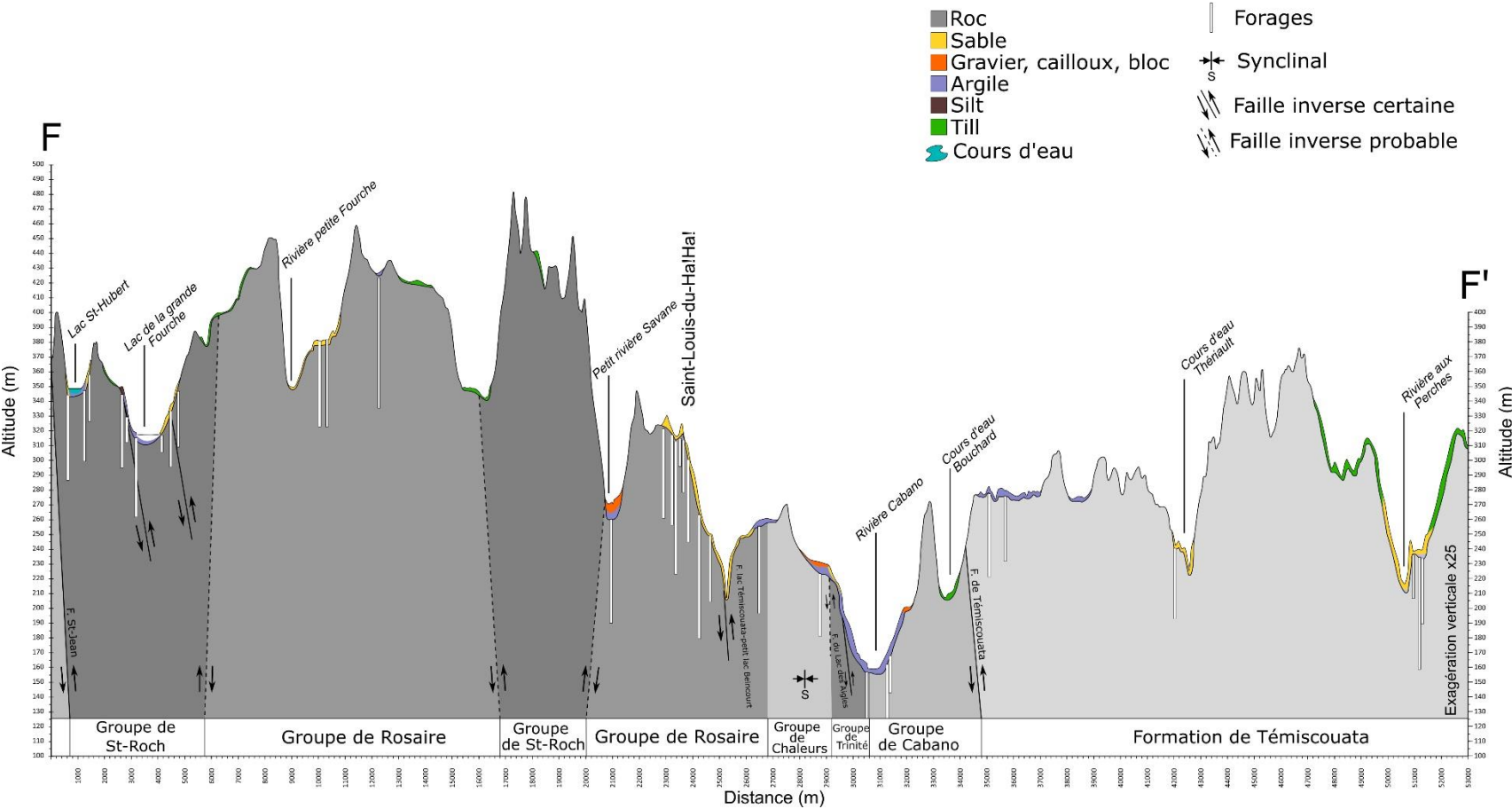


Coupe E-Rivière-Bleue/Squatec

L'accumulation des dépôts meubles s'est principalement réalisée sur les flancs et dans le fond des principales vallées et sur les hauts plateaux et collines arrondies. L'épaisseur des argiles d'origine glaciolacustre peut varier d'une vallée à une autre, mais elles ne dépassent que très rarement 20 m. Aucun dépôt granulaire (aquifère) n'a été caractérisé sous ces argiles glaciolacustres. Les autres dépôts retrouvés sont essentiellement composés de sables et graviers associés à des tills (épais et mince) reposant directement sur le roc. Les argiles situées au-dessus de 185 m d'altitude sont surprenantes étant donné que les plus hautes terrasses sablonneuses d'origine lacustre du lac glaciaire Madawaska ont été répertoriées à cette altitude.

Coupe F-Lac Saint-Hubert/Dégelis

La répartition des dépôts meubles montre que les épaisseurs sont peu importantes et que la nature des sédiments est variable spatialement. D'abord, on retrouve des dépôts d'argile de faible épaisseur (<8 m) surtout au fond des vallées des rivières Savane et Cabano ainsi qu'au sommet des plateaux situés de part et d'autre de la vallée de la rivière Cabano. Certaines accumulations superficielles de dépôts sablonneux et graveleux sont observées sur les flancs et dans le fond de certaines vallées, par exemple les dépôts fluvioglaciaires de plaine d'épandage peu épais (<3 m) dans les vallées de la rivière Petite Fourche et aux Perches ou bien dans le secteur de Saint-Louis-du-Ha! Ha!. Mis à part ces quelques dépôts, on constate que ce sont les dépôts de till (mince et épais) et le substrat rocheux affleurant qui sont le plus fréquemment observés et qui caractérisent généralement le contexte stratigraphique des hautes terres appalachiennes.



CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

PIÉZOMÉTRIE, ÉCOULEMENTS ET SUIVI DES NIVEAUX D’EAU

La piézométrie représente la hauteur de la nappe (aussi appelée charge hydraulique) par rapport au niveau moyen de la mer. Tout comme pour un écoulement de surface, l’écoulement souterrain se produit du point le plus haut vers le point le plus bas. La carte piézométrique (livrable 20) donne une vue d’ensemble de la direction de l’écoulement de l’eau souterraine de l’aquifère rocheux régional.

Les niveaux piézométriques sur la zone d’étude varient d’un maximum de 670 m en amont à un minimum de - 20 m à proximité de l’estuaire. La profondeur moyenne du niveau d’eau par rapport au sol est de 6 m. Les niveaux les plus près du sol (niveaux statiques 0 à 1,5 m) sont dans la plaine côtière alors qu’on retrouve les niveaux les plus profonds dans les escarpements aux pourtours de la région des lac Témiscouata – Grand lac Squatec.

Régionalement, les écoulements souterrains se divisent comme les grands bassins hydrographiques. Mais à plus petite échelle, l’écoulement se fait selon la topographie et s’oriente vers le lit des rivières. Les gradients hydrauliques les plus prononcés sont au niveau du piedmont appalachien. Au niveau des grandes plaines agricoles du Kamouraska et de la région de Rivière-Du-Loup, les gradients hydrauliques sont faibles. Les écoulements sont donc latéraux. Dans les hauts plateaux, les sommets topographiques représentent des dômes piézométriques et la topographie escarpée provoque des gradients hydrauliques très élevés. Les hauts topographiques sont des zones de recharge et les fonds de vallées sont les zones de décharge où l’on retrouve les cours d’eau et les plans d’eau.

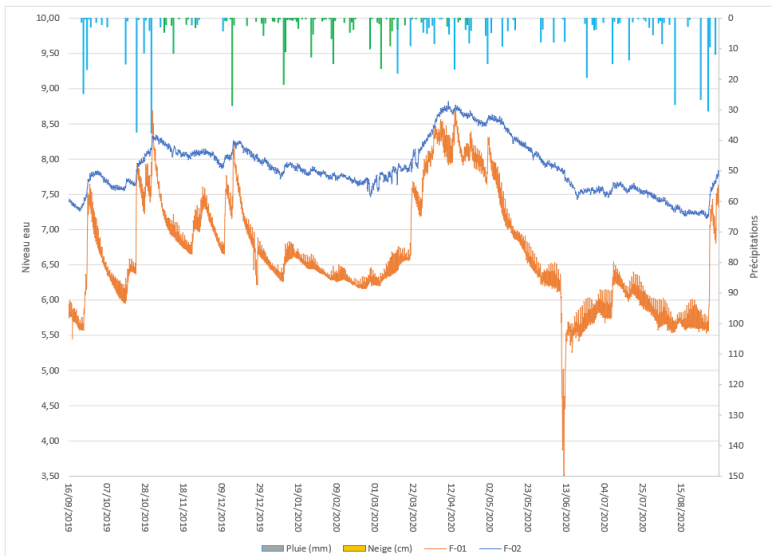


Figure 11- Exemple de variations des niveaux d'eau dans deux puits (F-01 et F-02) et précipitations durant la période de septembre 2019 à septembre 2020

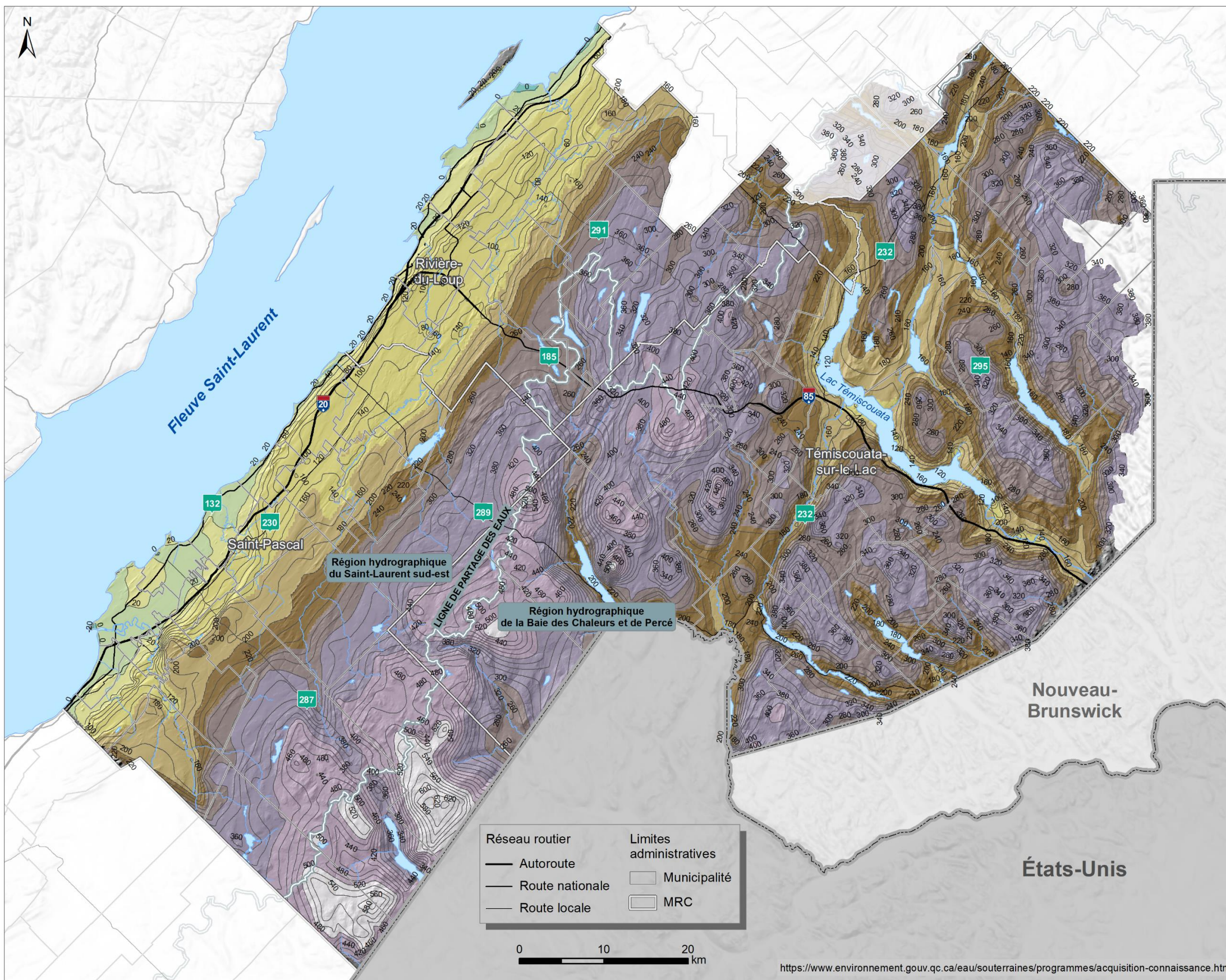
Une analyse de fréquence a été effectuée sur la série temporelle de niveaux d’eau enregistrée. Les composantes de marée lunaire expliquent des amplitudes de variation du niveau d’eau d’environ 1,2m dans F01 alors qu’elles semblent avoir peu d’impact dans le puits F02. La propagation de l’onde de marée, avec ou sans intrusion saline, a des répercussions sur les niveaux d’eau dans les aquifères côtiers.

La figure 10 présente un exemple de la variation des niveaux d’eau enregistrés dans deux puits au roc forés dans la région de Kamouraska en bordure du fleuve (F01, figure 12) et à quelques km en amont (F02)[†] sur la période 2019-2020. La nappe semble réagir de manière synchrone aux évènements de recharge par les précipitations (solides et liquides) surtout dans le puits F01, situé sur un cran rocheux en contexte de nappe libre. Les niveaux d’eau semblent aussi réagir à des composantes de fréquences plus régulières.



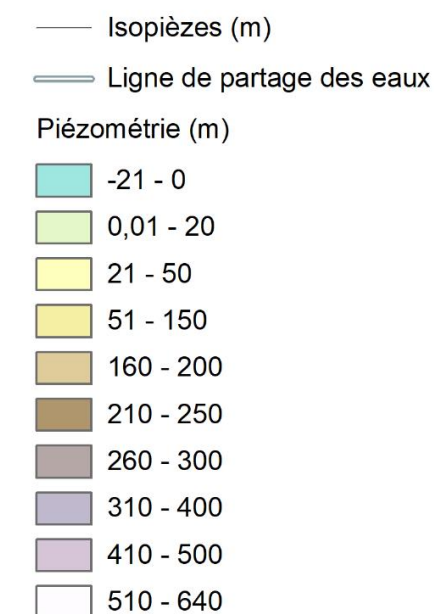
Figure 12- Forage du puits F-01 à Kamouraska avec une foreuse conventionnelle de type rotopercussion par la compagnie Puitbec

[†] Les localisations exactes de F01 et F02 sont dans le rapport scientifique joint à l’Atlas (pagexxx).

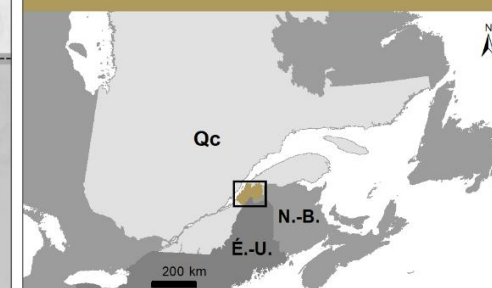


LIVRABLE 20

Piézométrie dans le roc



Localisation



Réalisation

RECHARGE ET RÉSURGENCES

La recharge moyenne sur le territoire est de 171 mm/an, avec un maximum de 500 mm/an. Le territoire semble découpé en trois zones : d'une part, deux zones avec une recharge autour de 100 mm/an le long de l'estuaire, ainsi que dans la partie est du territoire, et d'autre part une large bande centrale d'axes nord-est / sud-ouest qui présente la **zone de recharge préférentielle** avec une recharge moyenne autour de 250 mm/an (livrable 27). À noter que, très localement, la recharge est supérieure à 300 mm/an. **La recharge représente de 15 % à 23 % des précipitations annuelles** sur le territoire sur la période de calibration (2000 à 2017). On retrouve ici les différences marquées des bassins versants de la rivière du Loup et de la rivière Fouquette. Le ruissellement de surface représente 40 % à 48 % et l'évapotranspiration environ 38 % des précipitations annuelles. La figure 13 décrit la dynamique annuelle moyenne de la recharge potentielle (en mm/an) sur le territoire de 2000 à 2017. Les deux périodes de recharge classiquement retrouvées sont bien identifiables. La période de fonte entre avril et juin produit des pics de recharges variant entre 18 et 63 mm/mois avec une moyenne de 35 mm/mois. La recharge automnale qui s'étale d'octobre à décembre est moins intense, avec des valeurs variant de 12 à 32 mm/mois et une moyenne de 20 mm/mois.

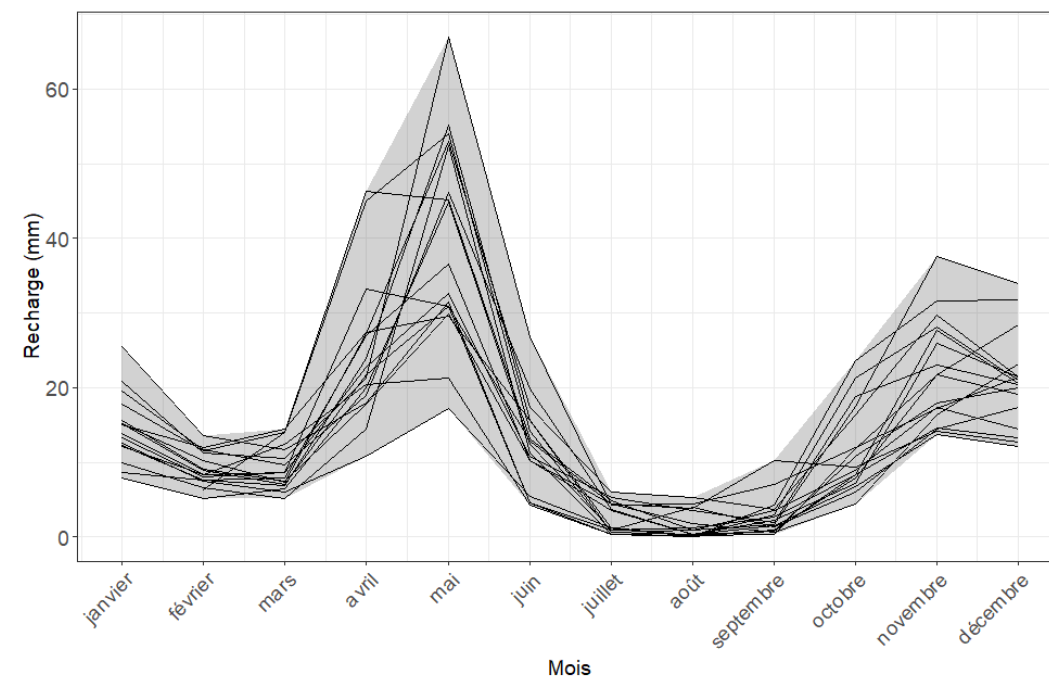


Figure 13-Recharge mensuelle moyenne de janvier 2000 à décembre 2017 sur le territoire du PACES-KRT

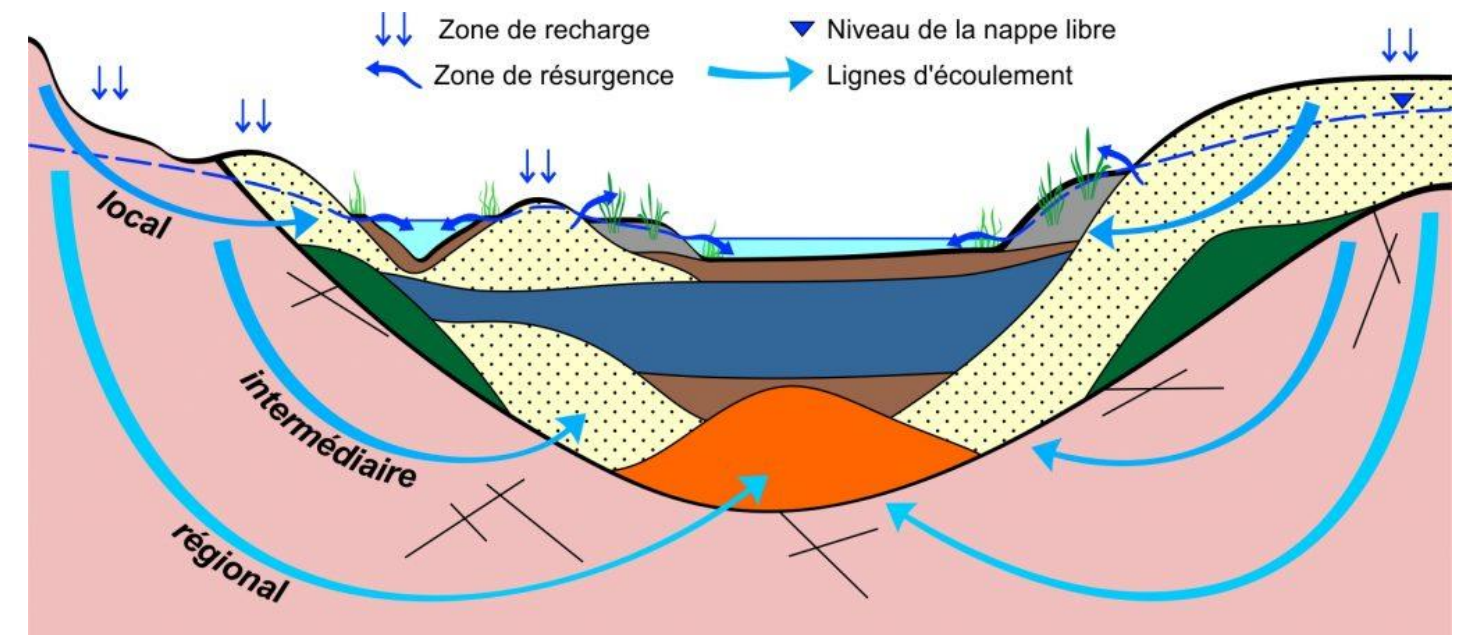
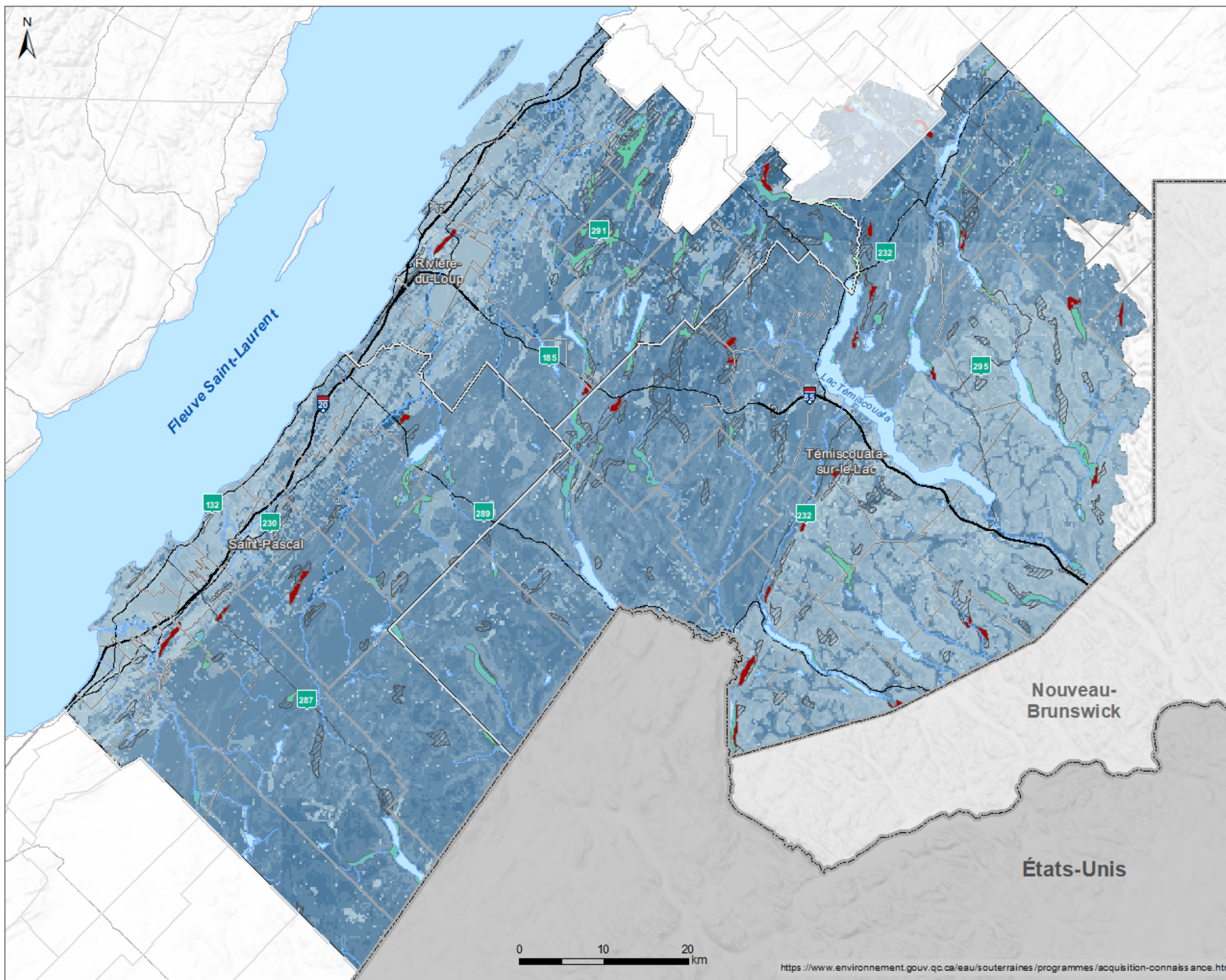


Figure 14-Écoulement, zones de recharge et de résurgence (RQES, 2022)

Au terme de leur parcours souterrain, les eaux souterraines font **résurgence** en surface (figure 14). Ces zones de résurgence sont en bonne partie diffuses (c.-à-d. largement étendue; représentée par les zones hachurées sur la carte), et se traduisent par la formation de **milieux humides**. Elles peuvent également être présentes sous forme de lien hydraulique avec les rivières (en turquoise sur la carte). C'est-à-dire, que la résurgence se fait lorsque l'aquifère sur lequel se trouve une rivière est en condition de nappe libre et forme ainsi des **sources** ou des têtes de ruisseaux situés en pied de talus. En période d'**étiage**, l'essentiel de l'eau qui s'écoule dans les rivières provient de l'apport des eaux souterraines. C'est ce qu'on appelle le **débit de base** des cours d'eau. Finalement, il y a également les résurgences ponctuelles qui auront lieu lorsqu'il y a un bris de pente (dénivellation importante) dans la piézométrie. Ces résurgences sont représentées en rouge sur la carte du livrable 27 et se caractérisent par des écoulements d'eau, en un point donné, temporaire ou permanent, généralement dans une paroi rocheuse ou au pied de celle-ci.

Les zones de résurgence jouent un rôle vital dans le maintien des écosystèmes, notamment en fournissant un apport constant en nutriments et en eau pour la faune et la flore aquatiques.



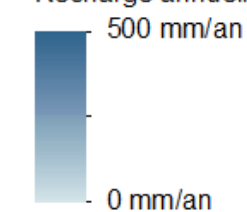
LIVRABLE 27

Zones de recharge et de résurgence

Type de résurgence

- Diffus
- Bris de pente piézométrique
- Lien hydraulique

Recharge annuelle



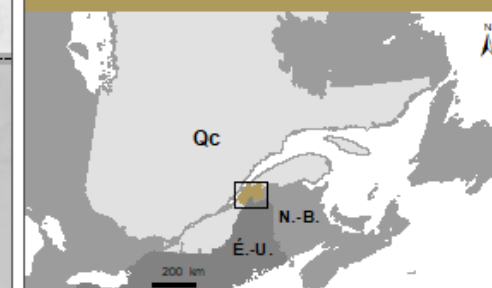
Réseau routier

- Autoroute
- Route nationale
- Route locale

Limites administratives

- Municipalité
- MRC

Localisation



Réalisation

VULNÉRABILITÉ DES AQUIFÈRES

La méthodologie suivie pour la production de l'indice DRASTIC est conforme à Aller *et al.* (1987). L'approche de classification multi critères pour le calcul du DRASTIC nécessite la connaissance de sept paramètres hydrogéologiques (figure 15) :

D : Profondeur de la nappe (Depth to water table); R : Recharge (Recharge); A : Nature du milieu aquifère (Aquifer media); S : Type de sol (Soil media); T : Pente du terrain (Topography); I : Nature de la zone vadose ou non saturée (Impact of vadose zone); C : Conductivité hydraulique de l'aquifère (Conductivity).

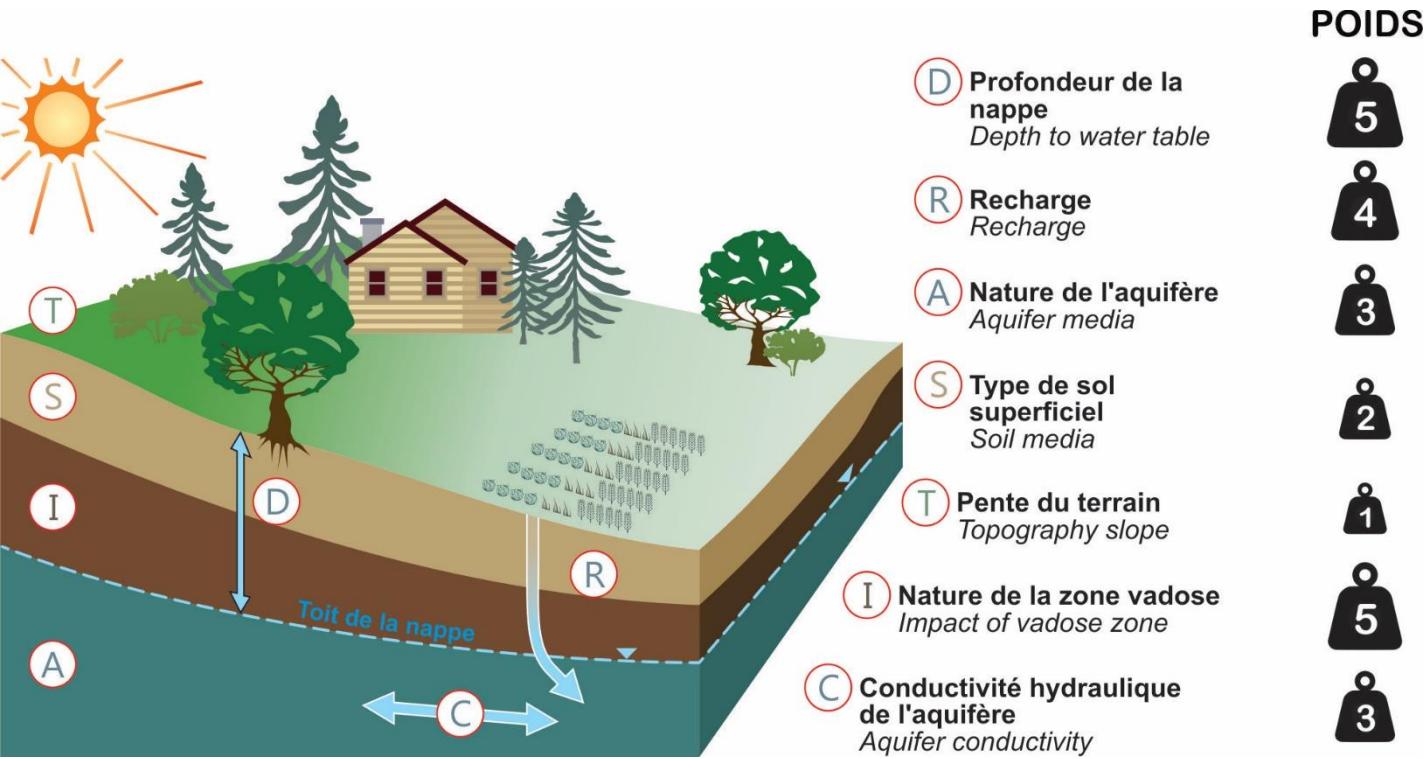


Figure 15-Méthode DRASTIC, ses paramètres et leurs poids respectifs (RQES,2022)

L'indice DRASTIC dans le cadre du PACES-KRT a été calculé pour l'aquifère rocheux. Dans la région, il n'y a pas d'aquifère granulaire suffisamment étendu pour en déterminer leur vulnérabilité. La représentation cartographique de l'indice DRASTIC se veut un outil d'aide à la décision concernant l'aménagement du territoire, facile d'utilisation et permettant de rapidement cibler les zones du territoire qui peuvent être sensibles à une contamination. **Autant pour la vulnérabilité DRASTIC que pour les autres livrables du projet PACES-KRT, les cartes sont produites à l'échelle régionale et des études hydrogéologiques complémentaires sont nécessaires si des interprétations à l'échelle locale sont réalisées.**

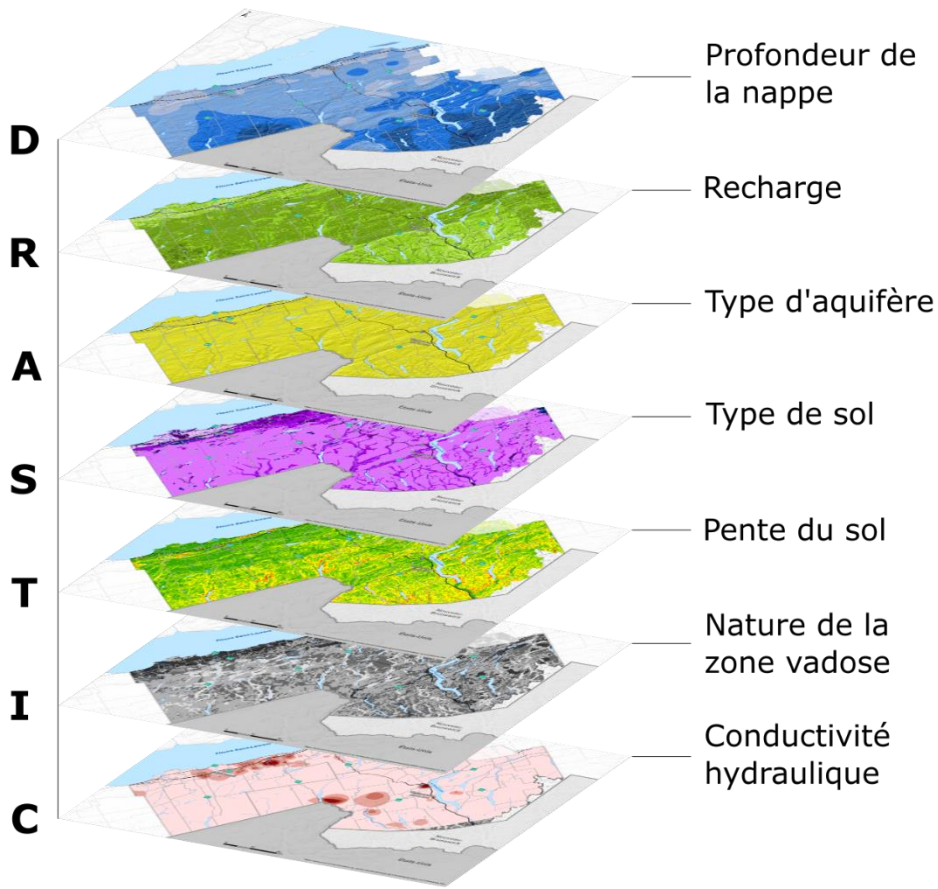
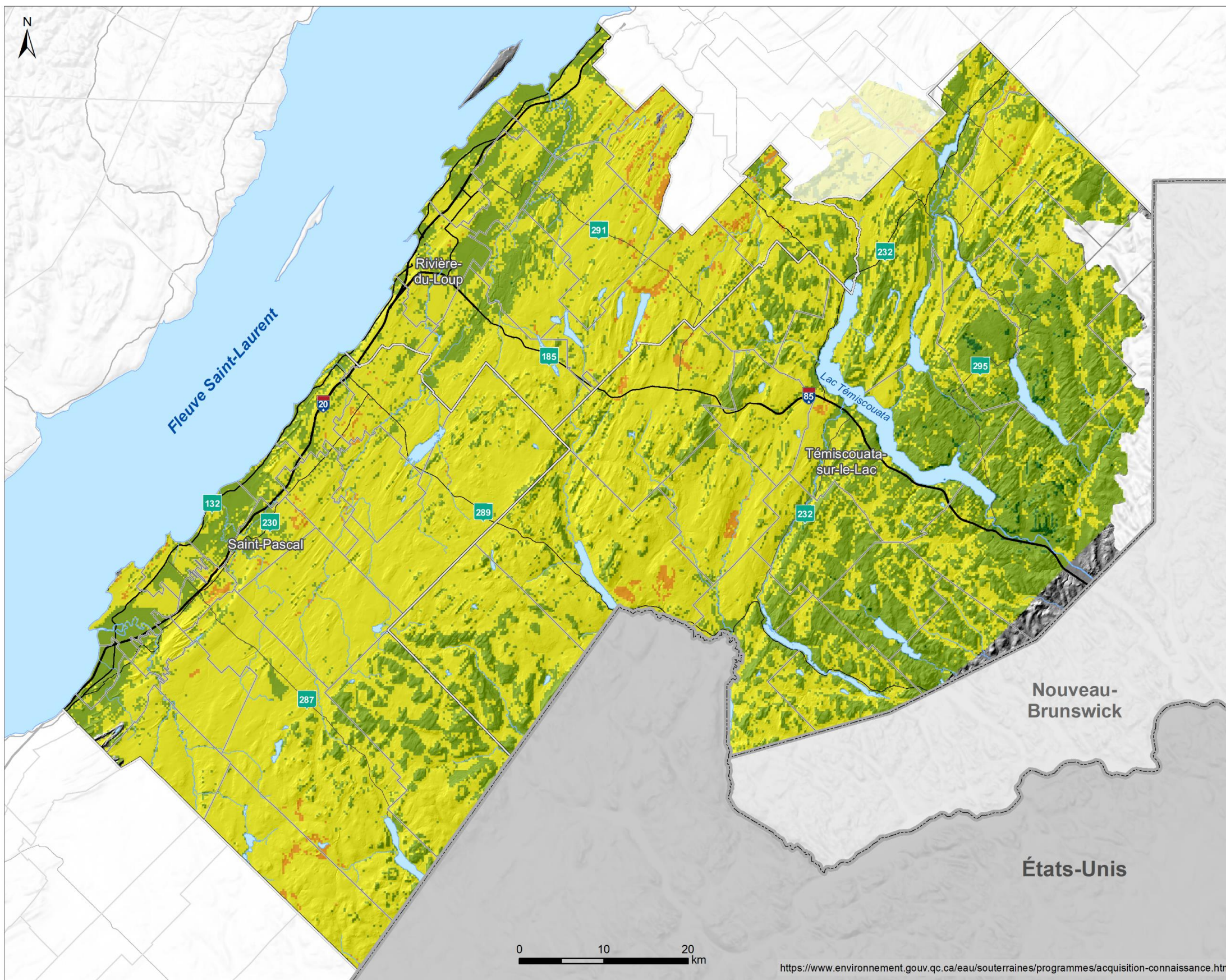


Figure 16-Cartes individuelles du PACES-KRT ayant servi au calcul de l'indice DRASTIC



LIVRABLE 22

**Indice de vulnérabilité
DRASTIC**

Indice de vulnérabilité

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

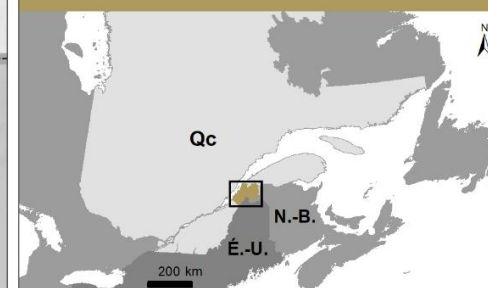
Réseau routier

- Autoroute
- Route nationale
- Route locale

Limites administratives

- Municipalité
- MRC

Localisation



Réalisation

RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

UTILISATION DE L’EAU SOUTERRAINE

Les réseaux municipaux desservent près de 75 % de la population du territoire. La majorité des municipalités comportant des réseaux d’aqueduc s’approvisionnent en eau souterraine (22 municipalités sur 34), mais ne desservent que 23% de la population (tableau 4). Ceci s’explique, car les villes les plus peuplées du territoire – qui représentent 40% de la population totale – s’approvisionnent en eau de surface, c’est-à-dire Rivière-du-Loup, Témiscouata-sur-le-Lac et La Pocatière. En considérant que les demeures du territoire non connectées aux réseaux d’aqueduc s’approvisionnent en eau souterraine, l’approvisionnement résidentiel en eau potable se fait donc à parts égales entre les eaux souterraines et les eaux de surface. Le tableau 4 résume les différents types d’approvisionnements par MRC.

La méthodologie utilisée pour le calcul de l’utilisation de l’eau par MRC est résumée à la figure 17.

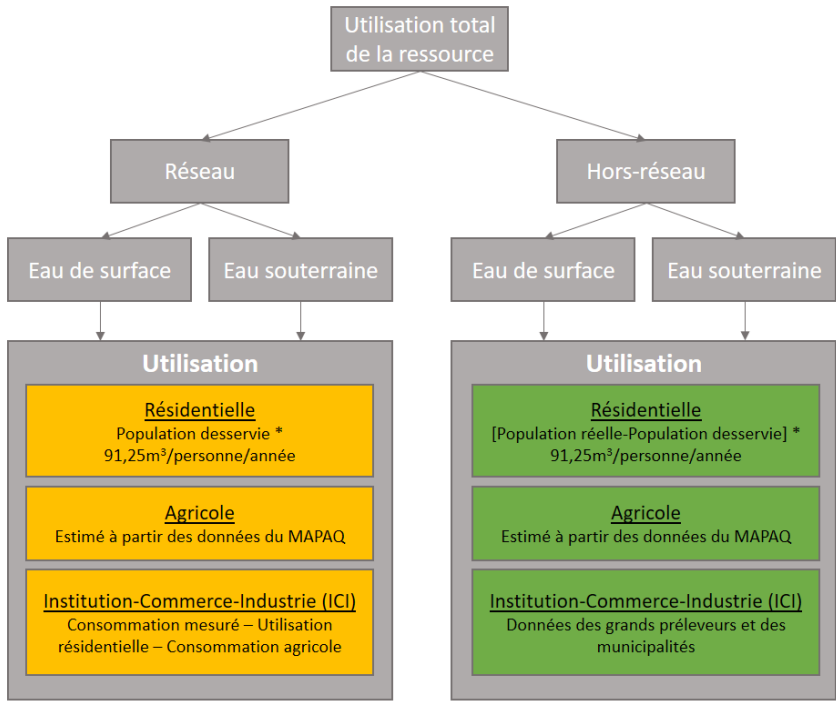


Figure 17-Schématisation de la méthodologie utilisée pour le calcul de l'utilisation de la ressource en eau

Tableau 4-Source d'approvisionnement en eau par MRC

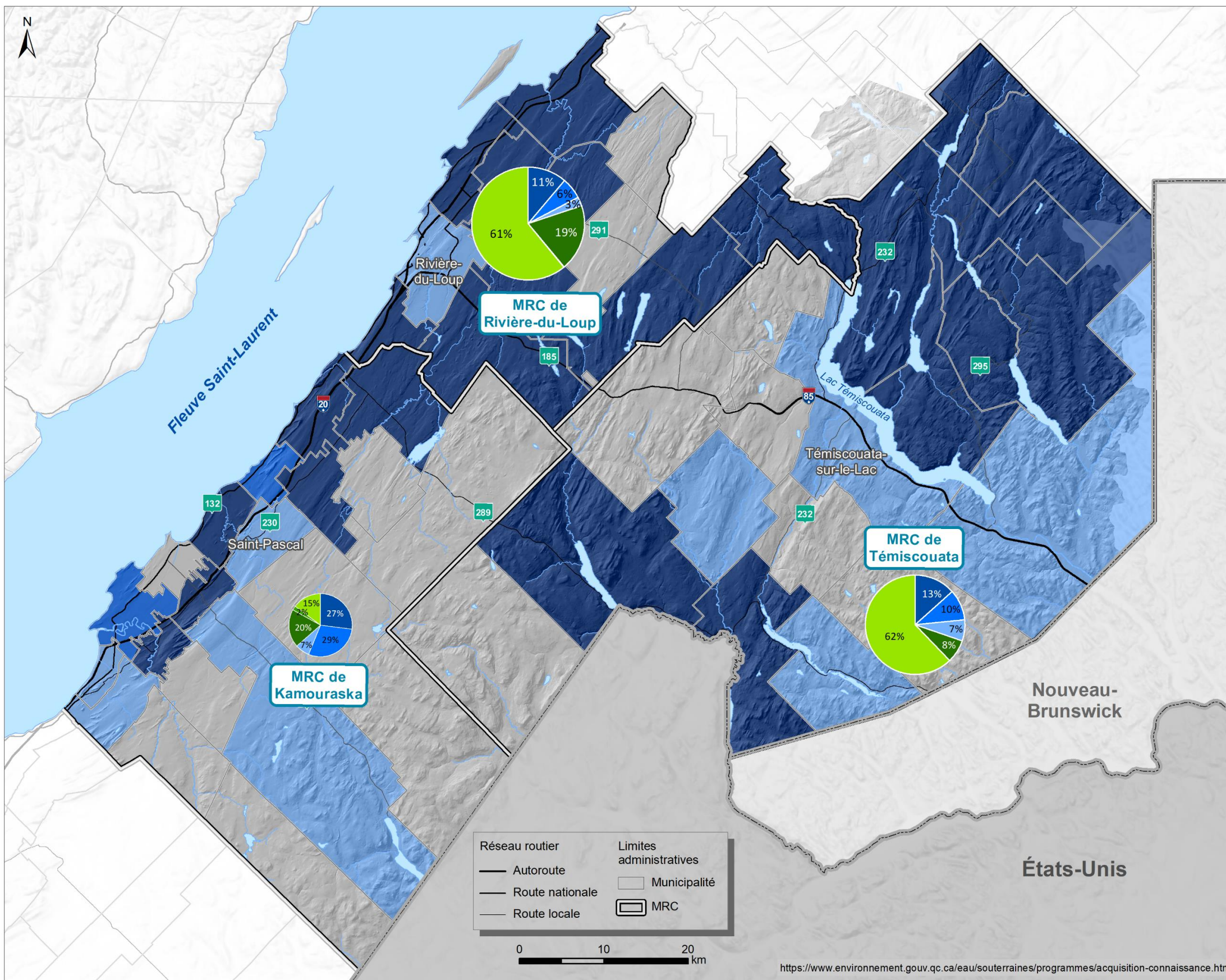
MRC	Eau souterraine		Eau de surface		Hors réseau
	Nb municipalité	% population par MRC	Nb municipalité	% population par MRC	Population sur puits privé
Kamouraska	6	23	6	42	35
Rivière-du-Loup	9	26	1	60	14
Témiscouata	8	26	4	36	38

Le livrable 25 représente le type d’eau utilisé par les réseaux de distribution municipaux. De plus, les diagrammes en pointes de tarte résumant la quantité d’eau totale consommée par MRC en fonction des trois catégories d’usages précédemment déterminées ainsi que la provenance de l’eau (l’eau souterraine en bleu et l’eau de surface en vert), indépendamment de l’utilisation en ou hors réseau. Le tableau 5 présente les chiffres de consommation en m³/année selon la source de consommation et le type d’utilisation.

Tableau 5- Consommation de l'eau souterraine et de surface pour les catégories d'usage.*

		Consommation sur réseau (m³/an)			Consommation hors réseau (m³/an)		
		Résidentiell e	Agricole	ICI	Résidentiell e	Agricole	ICI
Kamouraska	Souterraine	413 545*	18 186	301 130	694 595	1 175 368*	-
	Surface	801 358*	88 739	556 454	-	-	49 713
Rivière-du-Loup	Souterraine	739 764*	36 149	271 747	436 996	609 815	-
	Surface	2 009 234	11 483	2 268 563*	-	-	4 146 405*
Témiscouata	Souterraine	459 809	14 279	578 976*	661 471	831 617*	-
	Surface	634 005	-	1 702 163*	-	-	3 526 650*

*Les chiffres en caractères gras représentent les secteurs consommant le maximum d’eau, en et hors réseau



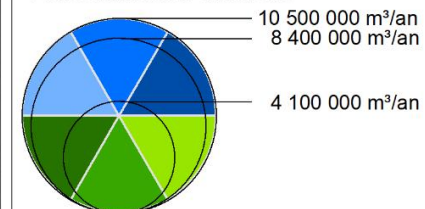
LIVRABLE 25

Utilisation de l'eau

Type d'approvisionnement

- Sans réseau
- Souterraine
- Souterraine considérée de surface
- Surface

Consommation annuelle



Répartition de la consommation

- | Souterrain | Surface |
|-------------|-------------|
| Residentiel | Residentiel |
| Agricole | Agricole |
| ICI | ICI |

Localisation



Réalisation

QUALITÉ DE L’EAU SOUTERRAINE

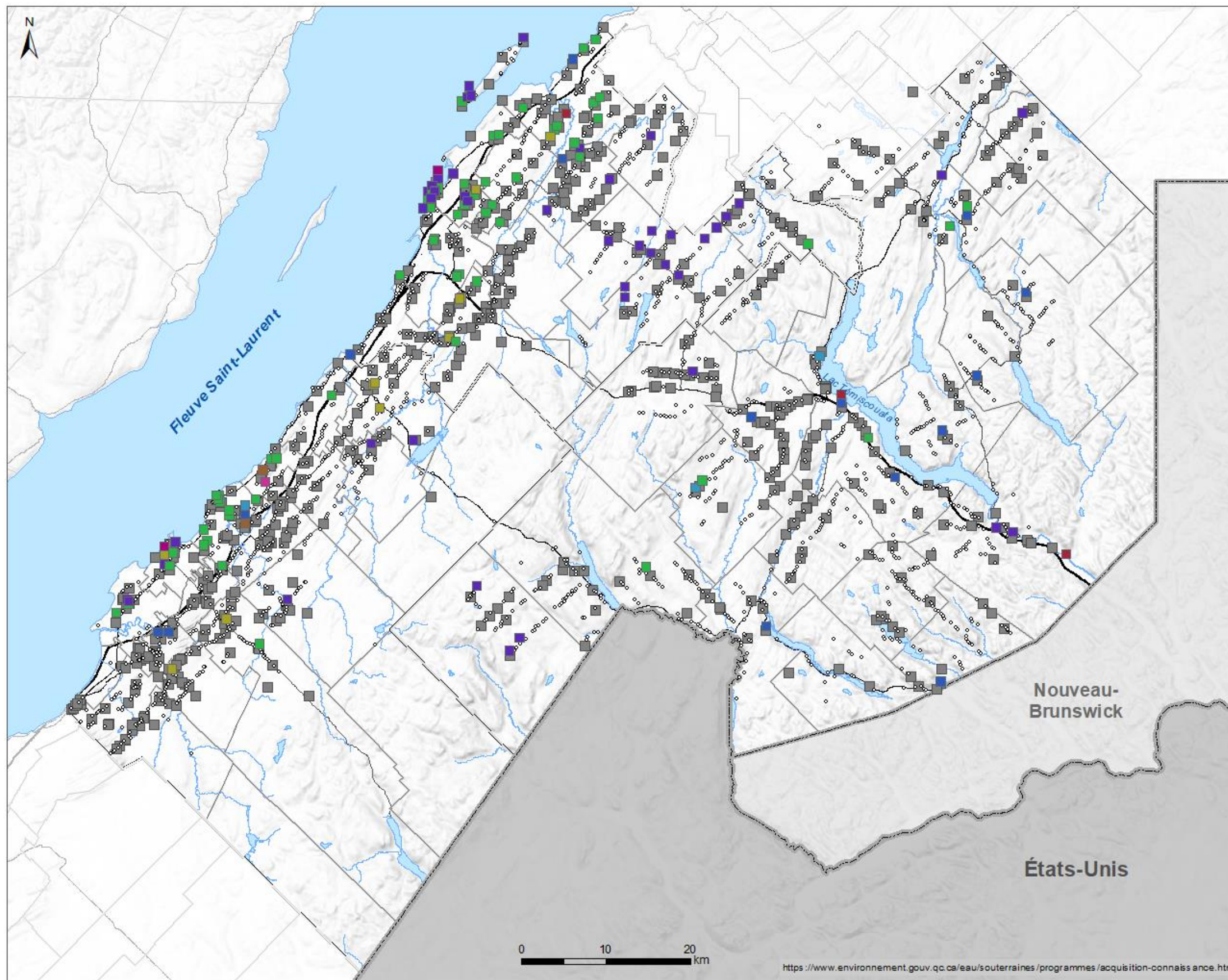
Les données utilisées afin de faire un portrait géochimique de l’eau souterraine proviennent, en plus des campagnes d’échantillonnages de 2019 et 2020, de la base de données géochimique du Québec. Aucune distinction n’a été faite quant à la date de prélèvement ou le type d’aquifère. Les deux TNO (10 % du territoire) ainsi que le sud de la municipalité de Mont-Carmel (4,5 % du territoire) ne sont pas couverts par les données disponibles. Le reste du territoire, en particulier les MRC de Rivière-du-Loup et Kamouraska, est mieux documenté.

Le tableau 6 dresse un bilan de la qualité des eaux souterraines pour 14 paramètres règlementés en vertu du Règlement sur la qualité de l’eau potable (RQEP) du MELCC afin de limiter les risques pour la santé humaine advenant l’ingestion d’eau contenant des contaminants d’ordre naturel ou anthropique.. Le tableau présente également les objectifs esthétiques (OE) établis et recommandés par Santé Canada, concernant principalement le goût, l’odeur et la couleur de l’eau



Tableau 6- Compilation des données disponibles sur le territoire du KRT selon les critères pour la santé et ceux d'ordre esthétique

Paramètres (CMA)	Nb d'échantillons	Maximum mesuré	Norme de potabilité	Nb dépassements	Proportion (%)
As (mg/L)	3026	0,79	0,010	87	2.88
B (mg/L)	292	0.91	5,000	0	0.00
Ba (mg/L)	2232	10,225	1,000	9	0.40
Cd (mg/L)	2846	0,130	0,005	4	0.14
Cr (mg/L)	2228	0,015	0,050	0	0.00
Cu (mg/L)	3024	2,000	≤ 1,000	3	0.10
F (mg/L)	3033	11,550	1,500	64	2.11
NO2 - NO3 (mg N /L)	299	14,9	10,000	0	0.00
pH	193	9,70	< 6,500 > 8,500	1 3	0.52 1.55
Pb (mg/L)	3028	0,095	0,010	18	0.59
Sb (mg/L)	280	0,048	0,006	1	0.36
Se (mg/L)	291	0,009	0,010	0	0.00
U (mg/L)	3021	0,045	0,020	1	0.03
Paramètres (OE)	Nb d'échantillons	Maximum mesuré	Objectifs esthétiques	Nb dépassements	Proportion (%)
Al (mg/L)	280	0,08	0,100	0	0.00
Cl (mg/L)	3037	8700	≤ 250	35	1.15
Fe (mg/L)	3043	20	≤ 0,30	412	13.54
Mn (mg/L)	3051	7,58	≤ 0,05	858	28.12
Na (mg/L)	3032	5100	≤ 200	54	1.78
S (mg H2S/L)	205	3.4	≤ 0,05	21	10.24
SO4 (mg/L)	2163	1100	≤ 500	1	0.05
Zn (mg/L)	3022	16	≤ 5,00	5	0.17



LIVRABLE 23

Qualité - Eau potable

Dépassement des normes

- ◊ Aucun dépassement
- Antimoine
- Baryum
- Arsenic
- Cadmium
- Cuivre
- Fluorures
- Nitrate_Ni
- Plomb
- Uranium
- Manganèse*

*CMA de Santé Canada de 07/2019

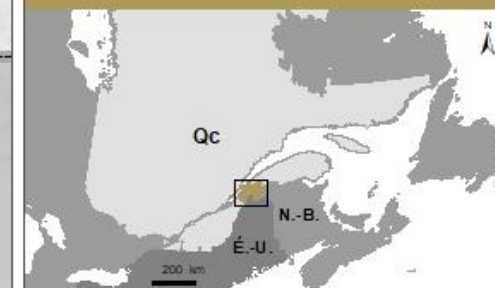
Réseau routier

- Autoroute
- Route nationale
- Route locale

Limites administratives

- Municipalité
- MRC

Localisation

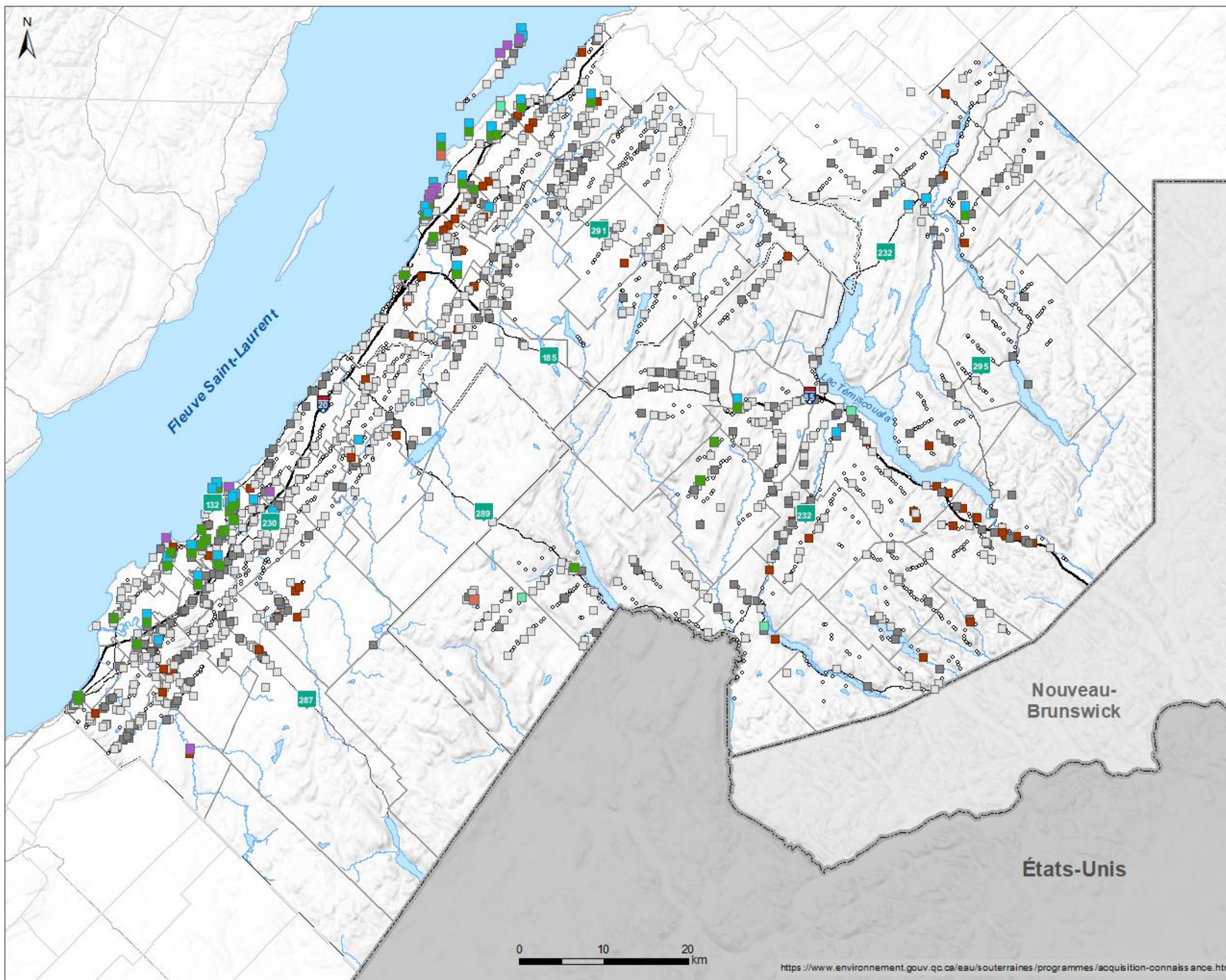


Réalisation

UQAR
 Université du Québec
 à Rimouski

Environnement
 et Lutte contre
 les changements
 climatiques
Québec

2021



LIVRABLE 24

**Qualité -
Objectifs esthétiques**

Dépassement des objectifs esthétiques*

- Aucun dépassement
- Aluminium
- Chlorure
- Fer
- Fer et Manganèse
- Manganèse
- Sodium
- Sulfate
- Zinc

*Les objectifs esthétiques
sont établis par Santé Canada

Réseau routier Limites administratives

— Autoroute □ Municipalité

— Route nationale □ MRC

— Route locale

Localisation



Réalisation

UQAR
 Université du Québec
 à Rimouski

Environnement
et lutte contre
les changements
climatiques
Québec

2021

<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm>

SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE

La compilation des informations stratigraphiques, hydrogéologiques et géochimiques permet de proposer un modèle conceptuel de l’hydrogéologie régionale de la région étudiée. Le contraste entre la plaine côtière et les hauts plateaux nous ont poussés à proposer deux modèles que nous présentons sur les coupes stratigraphiques B-B’ (plaine côtière, page 18) et F-F’ (hauts plateaux, page 20)

La **plaine côtière** est caractérisée par une couverture quasi continue de dépôts marins et littoraux allant jusqu’à une épaisseur de 100 m témoignant de l’invasion de la mer de Goldthwait. Ces dépôts marins comblent les sillons appalachiens et la plupart des vallées alluviales. Les aquifères sont principalement en nappe captive et leur recharge est faible. Au-dessus de la limite marine de la mer de Goldthwait, la couverture de dépôts meubles correspond majoritairement à du till discontinu de faible épaisseur. Les aquifères sont en nappe libre et la recharge y est plus facile.

Confinement : captif

Type d’eau : Na-HCO₃ + mix cation-HCO₃ + Na-Cl

Recharge : Faible (< 120 mm/an)

DRASTIC : Faible à moyen (60 à 140)

Avec un la présence des argiles de la mer de Goldthwait servant d’aquitard, on retrouve principalement des eaux minéralisées de type Na-HCO₃ dans les aquifères au roc. Cependant localement il est possible de retrouver des eaux jeunes de type Ca-HCO₃ ou mix cation-HCO₃. Nous supposons que les monadnocks agissent comme des zones de recharge locale où les eaux jeunes s'infiltrant plus profondément dans le roc, atteignant et se mélangeant à l'écoulement régional des eaux souterraines. La présence ponctuelle le long de la côte du faciès Na-Cl reflète les eaux souterraines salines dérivées du mélange avec l'eau interstitielle piégée dans les dépôts d'argile de la mer de Goldthwait.

Confinement : captif

Type d’eau : Na-HCO₃ + mix cation-HCO₃ + Na-Cl

Recharge : Faible (< 120 mm/an)

DRASTIC : Faible à moyen (60 à 140)

Avec un la présence des argiles de la mer de Goldthwait servant d’aquitard, on retrouve principalement des eaux minéralisées de type Na-HCO₃ dans les aquifères au roc. Cependant localement il est possible de retrouver des eaux jeunes de type Ca-SO₄²⁻. Ce faciès indique une infiltration à travers la couverture des argiles de la mer de Goldthwait associé à la dissolution de minéraux marins authigènes tels que le gypse.

Confinement : libre

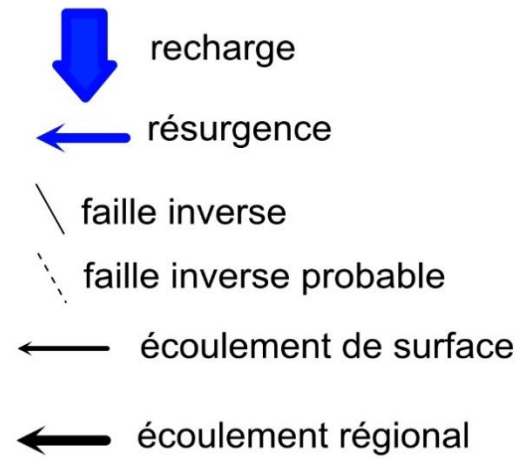
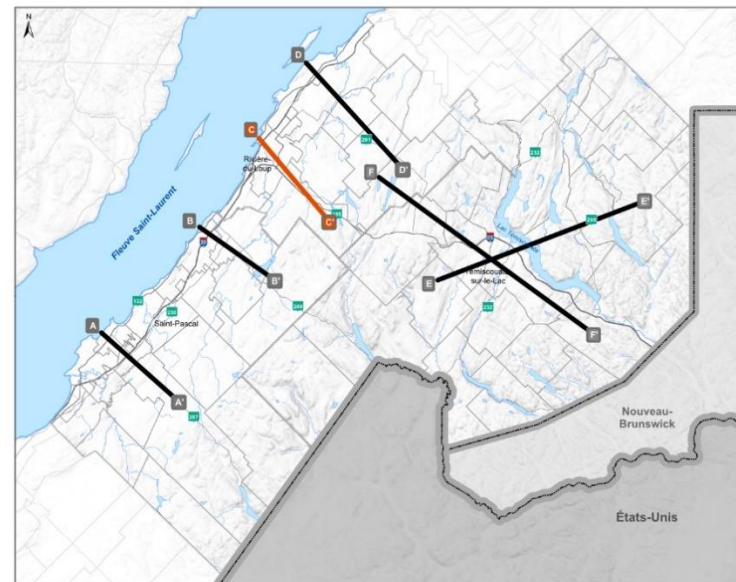
Type d’eau : Na-HCO₃ + mix cation-HCO₃ + Na-Cl

Recharge : Significatif (200 à 250 mm/an)

DRASTIC : Moyen (100 à 140)

La couverture de dépôts meubles correspond à un till discontinu de faible épaisseur ou à un manteau résiduel coiffant le roc. L’aquifère principal est un aquifère rocheux à nappe libre. Les échantillons ont une signature géochimique typique des eaux jeunes de type Ca-HCO₃. Ce type d’eau est l’expression d’une eau peu évoluée et peu minéralisée provenant d’une recharge récente. La présence du faciès Ca-Cl avec des activités de radon élevées à proximité des failles indique que localement les eaux souterraines minéralisées riches en radon peuvent se mélanger avec des eaux souterraines moins minéralisées.

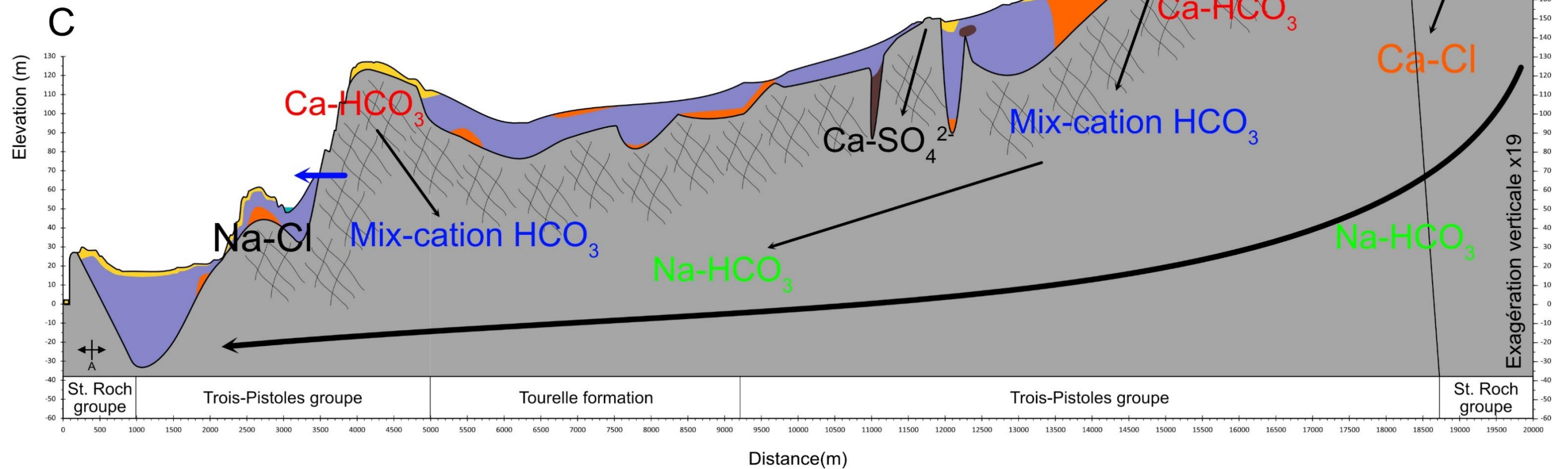
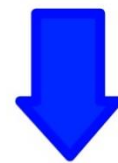
Plaine côtière



200 à 250 mm/an



< 120 mm/an



Les **plateaux appalachiens** sont caractérisés par une couverture de dépôts meubles correspond majoritairement à du till continu à discontinu de faible épaisseur. L’aquifère régional rocheux est principalement à nappe libre dans ce contexte, mis à part quelques secteurs semi-captifs où le till est plus épais. Les plateaux appalachiens sont la principale zone de recharge du territoire à l’étude.

Confinement : libre à semi-captif

Type d’eau : Ca-HCO₃ + mix cation-HCO₃ + Na-HCO₃

Recharge : Significatif à élevé (200 à 250 mm/an)

DRASTIC : Faible à moyen (60 à 140)

Avec un la présence d’une couverture de till discontinue de faible épaisseur, on retrouve principalement des aquifères au roc à nappe libre. Les eaux de recharge de type Ca-HCO₃ situées au nord de la ligne de drainage s’écoulent vers la plaine côtière et se minéralisent progressivement le long de l’écoulement en faciès Na-HCO₃.

Confinement : libre à semi-captif

Type d’eau : Ca-HCO₃ + mix cation-HCO₃ + Na-Cl

Recharge : Significatif à élevé (200 à 250 mm/an)

DRASTIC : Faible moyen (60 à 140)

Les sommets des plateaux appalachiens avec une couverture faible ou inexistante de till constituent la zone de recharge principale. L’aquifère principal est un aquifère rocheux à nappe libre. Les eaux de recharge de type Ca-HCO₃ situées au sud de la ligne de drainage s’écoulent soit vers les grands lacs un écoulement de surface soit vers la vallée du fleuve St-Jean par un écoulement régional et se minéralisent progressivement le long de l’écoulement en faciès Na-HCO₃.

Confinement : libre à semi-captif

Type d’eau : Ca-HCO₃ + mix cation-HCO₃ + Na-HCO₃

Recharge : Faible (100 mm/an)

DRASTIC : Faible à moyen (60 à 140)

Les vallées fluvio-glaciaires des plateaux appalachiens constituent la zone de décharge locale des eaux souterraines. La couverture de dépôts meubles correspond à un drapage de sable et de gravier de faible épaisseur ou à un manteau résiduel coiffant le roc. Les échantillons ont une signature géochimique de type mix cation-HCO₃ et Na-HCO₃. Ce type d’eau est l’expression d’une eau évoluée et minéralisée provenant de la recharge des plateaux appalachiens. Localement, la présence du faciès Ca-Cl avec des activités de radon élevées à proximité des failles indique que localement les eaux souterraines minéralisées riches en radon peuvent se mélanger avec des eaux souterraines moins minéralisées.

Plateaux appalachiens

