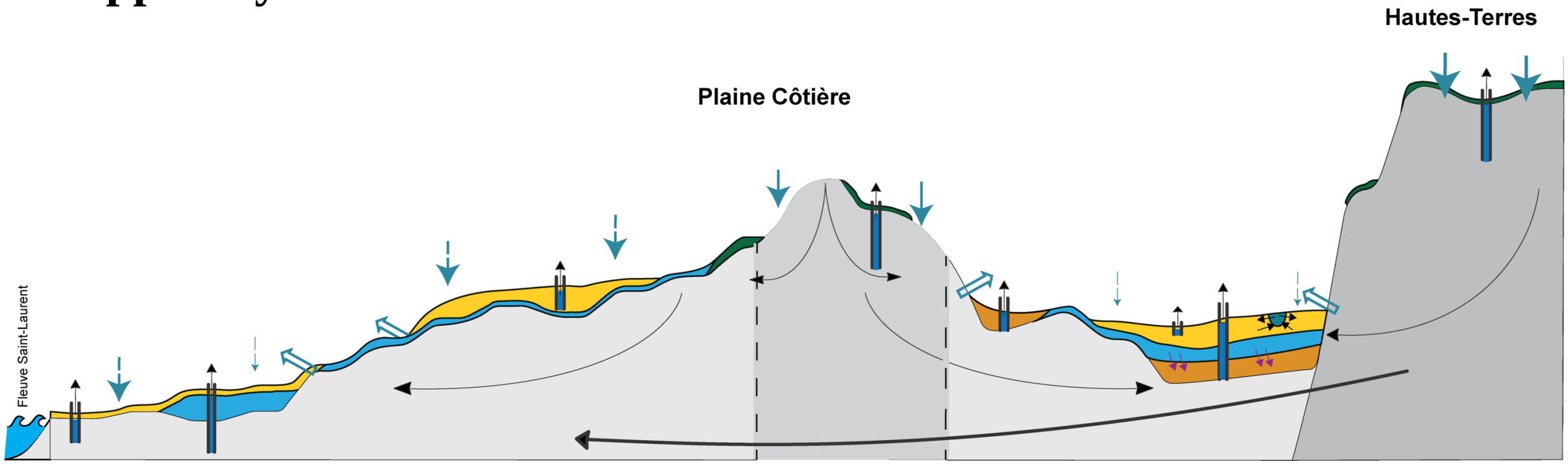
# Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent (PACES-NEBSL)

## Rapport synthèse




PACES NEBSL

PROGRAMME D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES NORD-EST DU BAS-SAINT-LAURENT

UQAR
Université du Québec à Rimouski

## ÉQUIPE DE RÉALISATION


Thomas Buffin-Bélanger (co-coordonnateur - professeur-chercheur, UQAR)
Gwénaëlle Chaillou (co-coordonnatrice - professeure-chercheure, UQAR)
Claude-André Cloutier (M.Sc. chargé de projet, UQAR)
Maud Touchette (M.Sc. chargée de projet, UQAR)
Marie-Andrée Roy (technicienne en géomatique, UQAR)
Bernard Hétu, professeur (professeur-chercheur, UQAR)


### Collaborateurs


Renald McCormack (Envir'eau Puits)
Jean Veillette (CGC)


### Étudiants M.Sc


Hélène Cocheril (étudiante M.Sc. UQAR)
Catherine Tremblay (étudiante M.Sc. UQAR)
Éric Fillion (étudiant M.Sc. UQAR)


### Assistants terrain et professionnels


Mathilde Gauthier-Pinsonneault, Mélodie Denis, Sophie Delormes,
Simon Claveau, Gwendoline Tomi-Morin, Laurent Gosselin Tarik Toubal,
Jérôme Dubé, Marise Bélanger, Giulia Mutti, Sylvio Demers,
Frédérike Lemay-Borduas, Wilbène Cenatus et Fatah Messaoudene


### Référence à citer


Buffin-Bélanger, T., Chaillou, G., Cloutier, C-A., Touchette, M., Hétu, et McCormack, R. (2015) Programme d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent (PACES-NEBSL): Rapport synthèse. 42 pages.


## PARTENAIRES

### Partenaires académiques

UQAR
INRS Université d'avant-garde
Groupe de Recherche Interuniversitaire sur les Eaux Souterraines
RES Réseau Québécois sur les Eaux Souterraines

### Gestionnaires du territoire

Conférence régionale des élus Bas-Saint-Laurent – vision et concertation
MRC lesBasques
MRC de Rimouski-Neigette
MRC de La Mitis
MRC de La Matanie

### Organismes à but non lucratif

OBV Nord-est Bas-Saint-Laurent
Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire
Conseil régional de l'environnement Bas-Saint-Laurent

### Partenaires ministériels

Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques Québec
Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec
Transports Québec
Commission géologique du Canada
Affaires municipales et Occupation du territoire Québec
Sécurité publique Québec
Centre d'expertise hydrique Québec

### Partenaires privés

Envir'eau Puits
MBMS Solution
Puits Artésiens Deschênes

# TABLE DES MATIÈRES


RÉSUMÉ..... 5

1) PRÉSENTATION DU TERRITOIRE .....6

Localisation .....7

Topographie .....7

Hydrographie et limites des bassins versants .....7

Couverture végétale .....7

Pédologie. .....7

Milieux humides. .....7

Utilisation du sol. .....10

Affectation du territoire .....10

2) CONTEXTES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES.. .11

Géologie du socle rocheux..... ..11

Géologie du Quaternaire.....13

Stratigraphie, épaisseur et architecture des dépôts meubles.....15

Épaisseur des dépôts meubles .....19

Topographie du roc.....20

Condition de confinement.....23

Contextes hydrostratigraphiques.....25

3) CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES .....27

Propriétés hydrauliques.....27

Piézométrie régionale et suivi des niveaux piézométriques.....29

Recharge et résurgences.....31

Vulnérabilité des aquifères.....34

4) RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE.....37

Utilisation de l'eau.....37

Qualité de l'eau souterraine.....39

Activités anthropiques potentiellement polluantes.....42

5) SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE.....45

6) CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....47


# LISTE DES FIGURES


Figure 1. Délimitation du territoire PACES-NEBSL.....5

Figure 2. Pédologie du territoire.....8

Figure 3. Délimitation des grands contextes hydrogéologiques régionaux.....11

Figure 4. Géologie du socle rocheux .....12

Figure 5. Géologie des formations superficielles.....14

Figure 6. Localisation des coupes stratigraphiques.....15

Figure 7. Coupe de l'Isle-Verte A-A' .....16

Figure 8. Coupe de Saint-Eugène - Saint-Fabien B-B'…….....16

Figure 9. Coupe Saint-Gabriel – Sainte-Luce C-C'.....17

Figure 10. Coupe de la vallée de Mitis D-D'.....17

Figure 11. Coupe de la vallée de Matane E-E'.....18

Figure 12. Épaisseur des sédiments argileux.....19

Figure 13. Épaisseur des sédiments granulaires surmontant les sédiments argileux.....20

Figure 14. Épaisseur des dépôts meubles.....21

Figure 15. Topographie du roc.....22

Figure 16. Schéma hydrogéologique conceptuel des conditions de confinement.....23

Figure 17. Indice de confinement du roc.....24

Figure 18. Contextes hydrostratigraphiques.....26

Figure 19. Hydrogrammes des puits de l'aquifère rocheux de Saint-Éloi et de Notre-Dame-des-Neiges.....29

Figure 20. Piézométrie régionale.....30

Figure 21. Schématisation du bilan hydrique.....31

Figure 22. Recharge de l'aquifère rocheux et zones de résurgence.....32

Figure 23. Méthodologie de calcul de la méthode DRASTIC..... 34

Figure 24. Indice de vulnérabilité DRASTIC pour la vallée de Matane..... ..35

Figure 25. Vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère rocheux.....…...36

Figure 26. Type d'approvisionnement des municipalités.....38

Figure 27. Distribution spatiale des dépassements (OE)….....40

Figure 28. Distribution spatiale des dépassements (pH) .....41

Figure 29 Distribution spatiale des dépassements (CMA) ……..41

Figure 30. Activités potentiellement polluantes ponctuelles.....43

Figure 31. Activités potentiellement polluantes diffuses.....44

Figure 32. Synthèse hydrogéologique régionale….....46


# LISTE DES TABLEAUX


Tableau 1. Superficie des classes d'utilisation du sol…….....9

Tableau 2. Critères de confinement…….....23

Tableau 3. Conductivités hydrauliques calculées dans par le PACES-NEBSL…….....28

Tableau 4. Consommation de l'eau souterraine dans les MRC selon les usages principaux…….....37

Tableau 5. Consommation de l'eau souterraine des municipalités avec réseau d'approvisionnement……..…….....37

Tableau 6. Statistiques de dépassements des critères d'eau potable.....39

# RÉSUMÉ


Les connaissances sur les eaux souterraines étaient jusqu'à présent minimales et fragmentaires dans le Bas-Saint-Laurent alors que près de 60% de sa population s'alimente à partir de cette ressource. La couverture de la cartographie hydrogéologique reconnue par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) souligne qu'aucun projet n'a été complété ni n'est en cours de réalisation dans cette région où habitent plus de 200 000 personnes (Institut de la statistique du Québec, 2012). Le plan directeur de l'eau de l'Organisme des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent (OBVNEBSL) ainsi que la Commission sur l'eau de la Conférence régionale des élus (CRÉ) du Bas-Saint-Laurent soulignaient tous la nécessité et l'importance d'acquérir des connaissances sur cette ressource afin de mettre en place des outils de gestion adéquats et d'en assurer la qualité et la quantité sur son territoire. C'est dans ce contexte qu'au printemps 2012, l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), a obtenu le financement du MDDELCC pour la réalisation du *Programme d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent* (PACES-NEBSL).

*Le Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent* (PACES-NEBSL) avait pour but d'établir une cartographie hydrogéologique du nord-est du Bas-Saint-Laurent. Le PACES-NEBSL fut réalisé par l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) en collaboration avec la CRÉ Bas-Saint-Laurent et les quatre MRC incluses dans le territoire ciblé (Rimouski-Neigette, Les Basques, La Matanie et La Mitis). Le projet a pu également compter sur un appui et une implication significative de l'Organisme des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent (OBVNEBSL), le Conseil régional en environnement du Bas-Saint-Laurent (CRE) et le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (ZIPSE). Pour renforcer son expertise en hydrogéologie, l'UQAR a travaillé en collaboration avec l'INRS-ETE ainsi qu'avec la firme de consultants en hydrogéologie Envir'eau Puits. Finalement, l'UQAR a participé aux efforts de concertation avec les autres projets régionaux en cours de réalisation au sein du Groupe Interuniversitaire sur les Eaux Souterraines (GRIES) et du Réseau Québécois sur les Eaux Souterraines (RQES).

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

1. **dresser** un portrait de la ressource en eau souterraine à l'échelle des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent pour soutenir les besoins d'information sur cette ressource concernant la qualité, la quantité et la vulnérabilité de l'eau souterraine;

2. **développer** des partenariats entre le milieu académique (UQAR, INRS-ETE), les gestionnaires du territoire (MRC et municipalités), les organismes régionaux (CRÉ-BSL, OBVNEBSL, ZIPSE) et l'expertise privée (Envir'Eau Puits) dans l'acquisition des connaissances sur la ressource en eau souterraine afin d'en favoriser une saine gestion;

3. **arrimer** les livrables du MDDELCC aux besoins régionaux des différents partenaires du projet pour optimiser l'utilisation des données;

4. **fournir** des outils de gestion de la ressource pour assurer la pérennité de la qualité et de la quantité des eaux souterraines dans le développement de la région et en intégrant la composante risque dans la perspective de changements environnementaux;

5. **soutenir** le développement d'une expertise en hydrogéologie ainsi que la formation de personnel hautement qualifié à l'UQAR pour l'acquisition, le développement et la gestion de connaissances tant d'un point de vue hydrogéochimique que social dans le domaine des eaux souterraines.

La réalisation du *Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines* dans le Nord-Est du Bas-Saint-Laurent, aura permis de compléter et d'uniformiser les connaissances sur les eaux souterraines de la région. Ces connaissances se traduisent par des documents écrits et cartographiques ainsi qu'une base de données régionale. Il est cependant important de mentionner que les cartes produites dans le cadre du projet sont à l'échelle régionale. Il est donc fortement recommandé d'éviter l'inférence à l'échelle locale d'informations générées à l'échelle régionale.

Les données acquises au cours des trois années du projet serviront à une gestion pérenne des eaux souterraines dans la région du nord-est du Bas-Saint-Laurent.

# 1) PRÉSENTATION DU TERRITOIRE

## LOCALISATION

Le territoire couvert par le PACES-NEBSL se situe dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent, région composée de huit municipalités régionales de comté (MRC) et 114 municipalités. Cette région de l'est du Québec est bordée au nord par le fleuve Saint-Laurent, au sud par le Nouveau-Brunswick et l'État du Maine, à l'est par la Gaspésie et à l'ouest par la Côte-du-Sud. Le territoire concerné par l'étude a une superficie de l'ordre de 4000 km$^2$. Cette superficie représente le territoire habité du nord-est du Bas-Saint-Laurent où sont recensés des problèmes de qualité et d'approvisionnement en eau souterraine. Le territoire à l'étude comprend une partie des territoires couverts par les MRC des Basques, de La Mitis, de Rimouski-Neigette et de la Matanie, et compte 39 municipalités. Le territoire couvre aussi de très petites surfaces des MRC de Matapédia et de Rivière-du-Loup, dont les municipalités n'ont finalement pas été intégrées au projet.

La Figure 1 montre que le territoire du PACES-NEBSL correspond à une bande littorale d'une quinzaine de kilomètres de largeur L'Isle-Verte et Les Méchins, ainsi qu'à quatre corridors de 20 km de largeur le long des rivières Trois-Pistoles, Rimouski, Mitis et Matane (10 km de part et d'autre de la rivière).

Le territoire correspond à près de 45 % du territoire couvert par l'OBVNEBSL, à près de 40 % du territoire couvert par les quatre MRC concernées (Les Basques, Rimouski-Neigette, La Mitis, la Matanie) et à un peu moins de 15 % de la région du Bas-Saint-Laurent. Les principales villes de chacune des MRC incluses dans le projet sont Trois-Pistoles (3471 habitants), Rimouski (48155 habitants), Mont-Joli (6673 habitants) et Matane (14600 habitants).

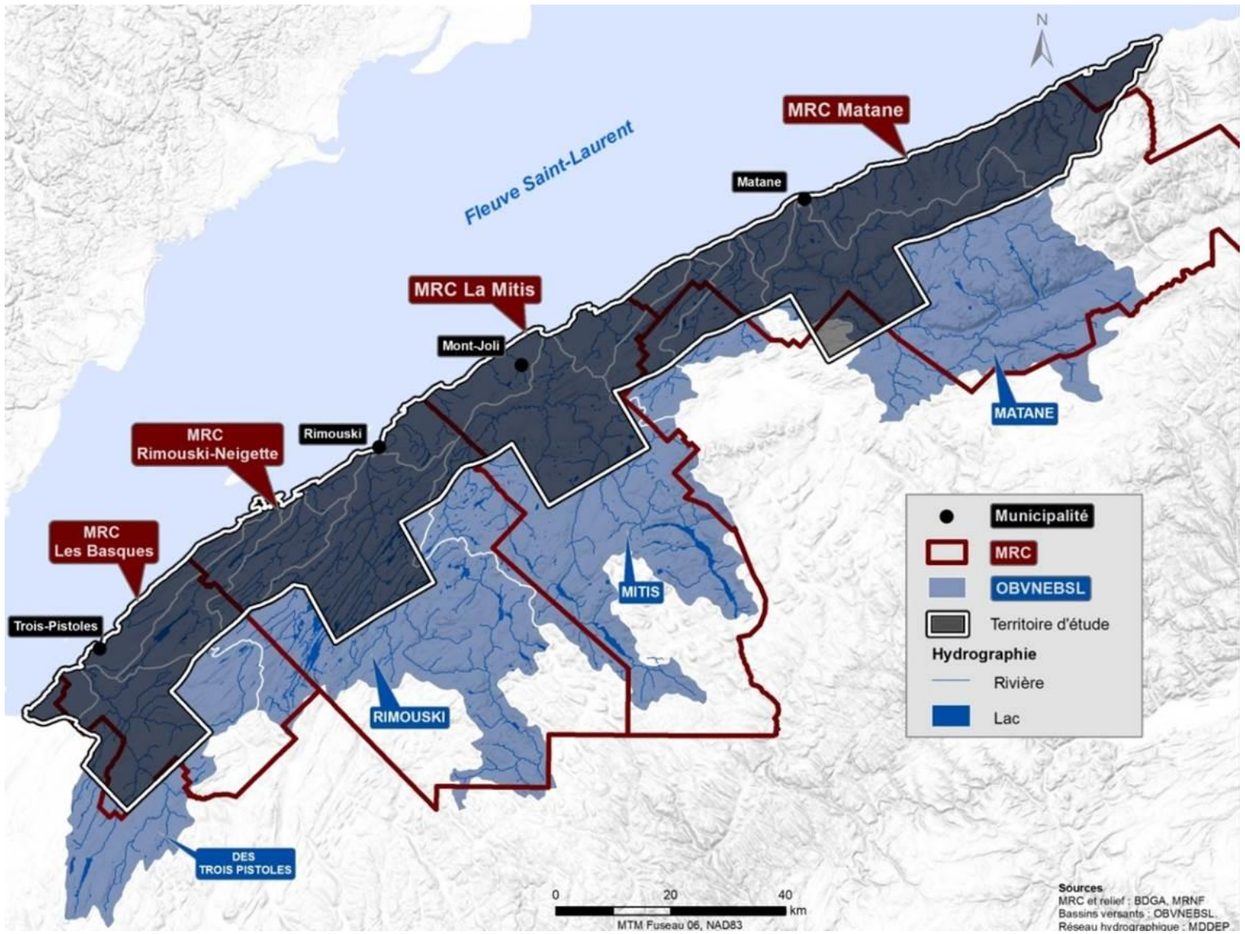



Figure1. Délimitation du territoire du PACES-NEBSL.

# TOPOGRAPHIE

Deux régions physiographiques dominent le territoire du PACES-NEBSL: la **Plaine Côtière** et les **Hautes-Terres.** La Plaine Côtière se caractérise par la succession de terrasses marines laissant émerger quelques barres rocheuses de faible dénivelé. Les terrasses correspondent à la succession des terrasses de Rimouski, de Mitis et Micmac (ou Bic). La Plaine Côtière comprend le littoral actuel (terrasse de Rimouski) et les territoires qui ont été envahis par la mer de Goldthwait. Son faible relief est contrôlé par les sédiments meubles déposés sur le substratum rocheux (terrasse Micmac) ou qui forment les terrasses d'accumulation marine (terrasse Mitis). Les Hautes-Terres sont constituées de hauts plateaux disséqués et ondulés et de massifs de collines arrondies. Elles sont aussi caractérisées par l'alternance de crêtes de roches dures et de sillons (vallées) de roches tendres généralement orientées SO-NE. En général, le passage de la Plaine Côtière aux Hautes-Terres s'effectue graduellement sauf au sud de Rimouski où l'escarpement de la faille Neigette dénivèle drastiquement deux paliers distincts.

# HYDROGRAPHIE ET LIMITES DES BASSINS VERSANTS

Le territoire du PACES-NEBSL comprend quatre bassins versants de taille significative : les bassins versants de la rivière Rimouski (1620 $km^2$), Trois-Pistoles (941 $km^2$), Mitis (1805 $km^2$) et Matane (1685 $km^2$). Ces quatre bassins drainent l'eau du territoire directement dans le fleuve Saint-Laurent (du sud au nord). Les limites physiographiques des bassins versants de la zone sont principalement dictées par la présence de la chaine de montagnes des Appalaches. Le territoire compte 145 autres bassins de plus petites superficies dont 55% d'entre eux sont de superficie inférieure à 5 $km^2$ et sont situés directement en zone côtière.

# COUVERTURE VÉGÉTALE FORESTIÈRE

La couverture forestière du nord-est du Bas-Saint-Laurent est relativement clairsemée dans le secteur de la Plaine Côtière et plus dense dans celui des Hautes-Terres. Le domaine bioclimatique de la zone d'étude est la sapinière à bouleau jaune qui s'étend du Témiscamingue à l'extrémité est de la péninsule gaspésienne. Ce domaine bioclimatique est un écotone qui agit à titre de transition entre la zone tempérée nordique dominée par les peuplements feuillus et mixtes et la zone boréale qui est dominée par les peuplements de conifères

Le sapin baumier, le bouleau jaune, l'épinette rouge et blanche, le thuya, l'érable à rouge et l'érable à sucre sont les principales essences que l'on retrouve sur le territoire. La superficie du couvert forestier représente 2550 $km^2$, soit un peu plus de la moitié du territoire du PACES-NEBSL.

# COUVERTURE VÉGÉTALE AGRICOLE

La couverture végétale agricole représente uniquement 18 % du territoire du PACES-NEBSL. Les cultures du foin (46,8 %), de l'orge (12,3 %) et de l'avoine (6 %) sont les plus importantes dans la région, alors que le blé, le canola, le maïs, les autres céréales, les cultures mixtes, le soya, les cultures maraîchères et les petits fruits occupent environ 6% du territoire cultivé.

# PÉDOLOGIE

Les données ayant servi à la production de la couverture pédologique (Figure 2) proviennent en partie de la cartographie des sols cultivés, faite par l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA). Les informations manquantes ont été comblées à l'aide de la base de données du 4$^e$ inventaire décennal du Système d'Information Écoforestière (SIEF). Sur la portion du territoire qui n'a pas été submergée par la mer de Goldthwait (limite approximée au-dessus de 150 m d'altitude) les sols sont majoritairement de types divers et issus de dépôts de till généralement bien drainés. Pour ce qui est des sols se trouvant sur la portion du territoire qui a été ennoyée lors de la déglaciation, on retrouve principalement des sols sableux et argileux de bien drainé à très mal drainé. Les fond de vallée sont quant à eux caractérisé par des sols sableux et graveleux allant de modérément bien drainés à très bien drainés.

# MILIEUX HUMIDES

Les milieux humides constituent l'ensemble des sites saturés d'eau ou inondés pendant une période suffisamment longue pour influencer la nature du sol et la composition de la végétation. Certains de ces écosystèmes sont en permanence inondés alors que pour d'autres le degré de saturation varie en fonction des saisons. La majorité des eaux de surface et souterraines qui circulent dans un bassin versant entrent en contact à un moment ou un autre avec un milieu humide. De plus, ces milieux agissent à titre de filtre naturel et de zone tampon en prévenant l'érosion et les inondations. Les milieux humides couvrent 1,7% de la zone à l'étude.

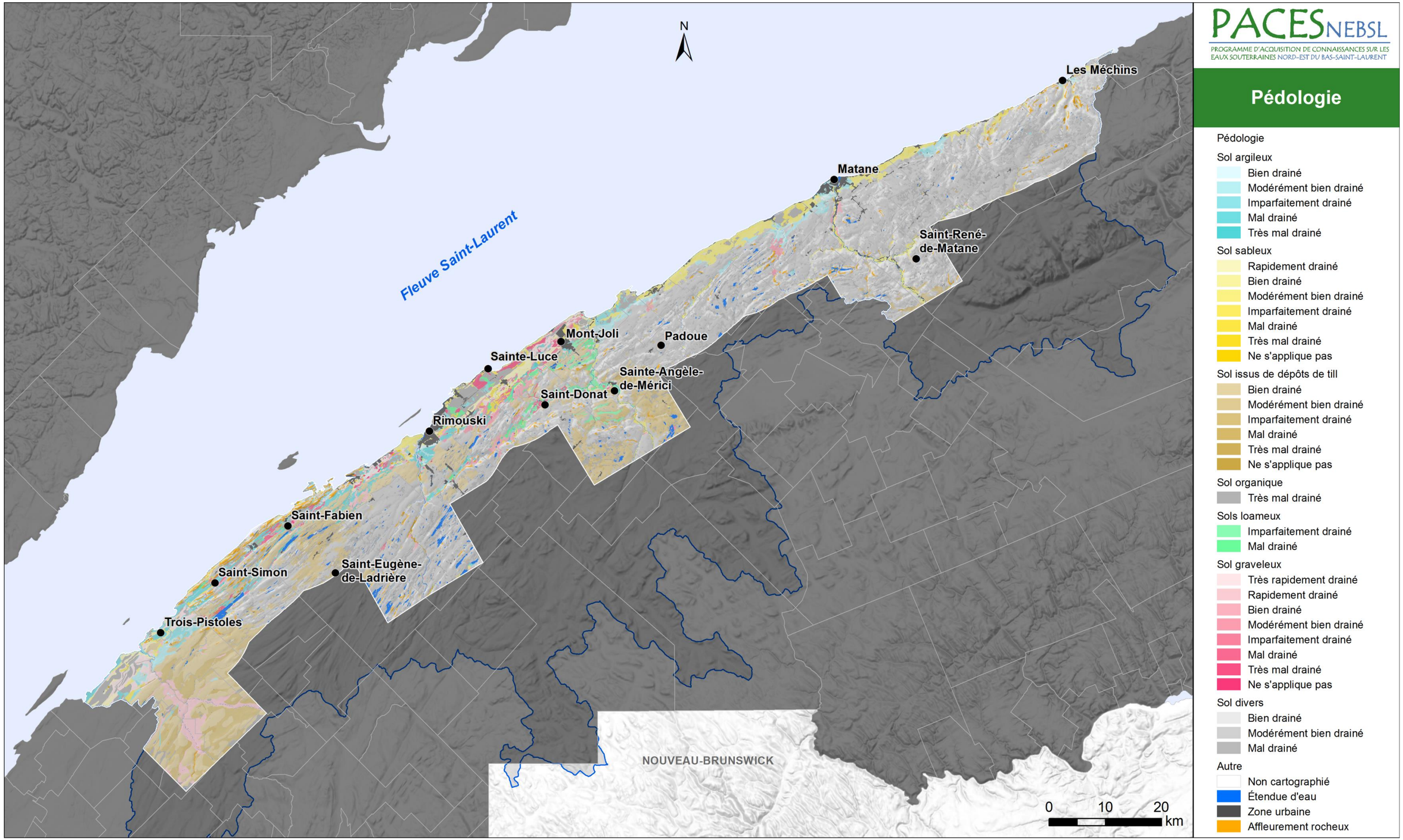



Figure 2. Pédologie du territoire

# UTILISATION DU SOL

Le territoire du PACES-NEBSL est divisé en huit classes d'utilisation du sol qui sont présentés au tableau 1. Une très grande superficie du territoire à l'étude est utilisée à des fins forestières (69%) et agricoles avec potentiel forestier (23%). La zone uniquement agricole est concentrée à l'extrémité ouest de la zone dans la MRC des Basques alors que la classe agricole avec potentiel forestier s'étale sur tout le territoire. Les zones dites anthropisées se concentrent le long du fleuve, là où les bassins de population sont les plus denses (Trois-Pistoles, Rimouski, Mont-Joli et Matane).

Tableau 1. Classes d'utilisation et leur superficie ($km^2$ et %).

| | **superficie ($km^2$)** | **% du territoire** |
|---|---|---|
| **Forestier** | 2668,3 | 69 |
| **N-Forestier** | 13,2 | 0.3 |
| **Agricole** | 47,5 | 1.2 |
| **Agricole avec potentiel forestier** | 899,5 | 23 |
| **Milieu humide** | 35,6 | 0.9 |
| **Eau** | 63,2 | 1.6 |
| **Milieu non-perturbé par activité humaine** | 15,23 | 0.4 |
| **Anthropisé** | 106,31 | 2.8 |

Source : SIEF 4ème inventaire; ARCGIS, 2010

# AFFECTATION DU TERRITOIRE

La détermination des grandes affectations du territoire est une partie intégrante d'un schéma d'aménagement et de développement de chaque MRC. Selon les schémas d'aménagement des quatre MRC incluses dans le PACES-NEBSL, les grandes affectations sont les suivantes : **agricole, agroforestière, commerciale, conservation, forestière, industrielle, récréative, résidentielle et urbaine**. Sur le territoire à l'étude ce sont les territoires à vocation agricole et forestière qui dominent le paysage et les centres urbains sont répartis le long des rives du Saint-Laurent autour des villes de Trois-Pistole, Rimouski, Mont-Joli et Matane.

# 2) CONTEXTES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES

Dans la région à l'étude, on distingue deux principaux contextes correspondant aux régions physiographiques : la **Plaine Côtière** et les **Hautes-Terres** (Figure 3). La zone de la plaine côtière fait référence aux territoires qui ont été submergés par la mer de Goldthwait il y a environ 13 000 ans. La plaine côtière comprend donc les grandes plaines agricoles de faible dénivelé en bordure de l'estuaire maritime où l'on retrouve beaucoup de municipalités du territoire. Elle comprend également tous les fonds de vallées entre les crêtes rocheuses, tel que la vallée de la route 132 dans les secteurs de Saint-Fabien et de Saint-Simon, ainsi que la majorité des vallées alluviales, comme dans les secteurs de Saint-Mathieu-de-Rioux, Saint-Donat et Sainte-Angèle-de-Mérici. Les Hautes-Terres englobent tous les reliefs dont l'altitude est supérieure à ~150 m. Elles correspondent aux hauts plateaux disséqués et ondulés ou aux massifs de collines arrondies où les dépôts meubles sont minces. À titre d'exemples, les municipalités de Saint-Valérien, Saint-Octave, Saint-Narcisse et Sainte-Blandine sont localisées sur les Hautes-Terres.

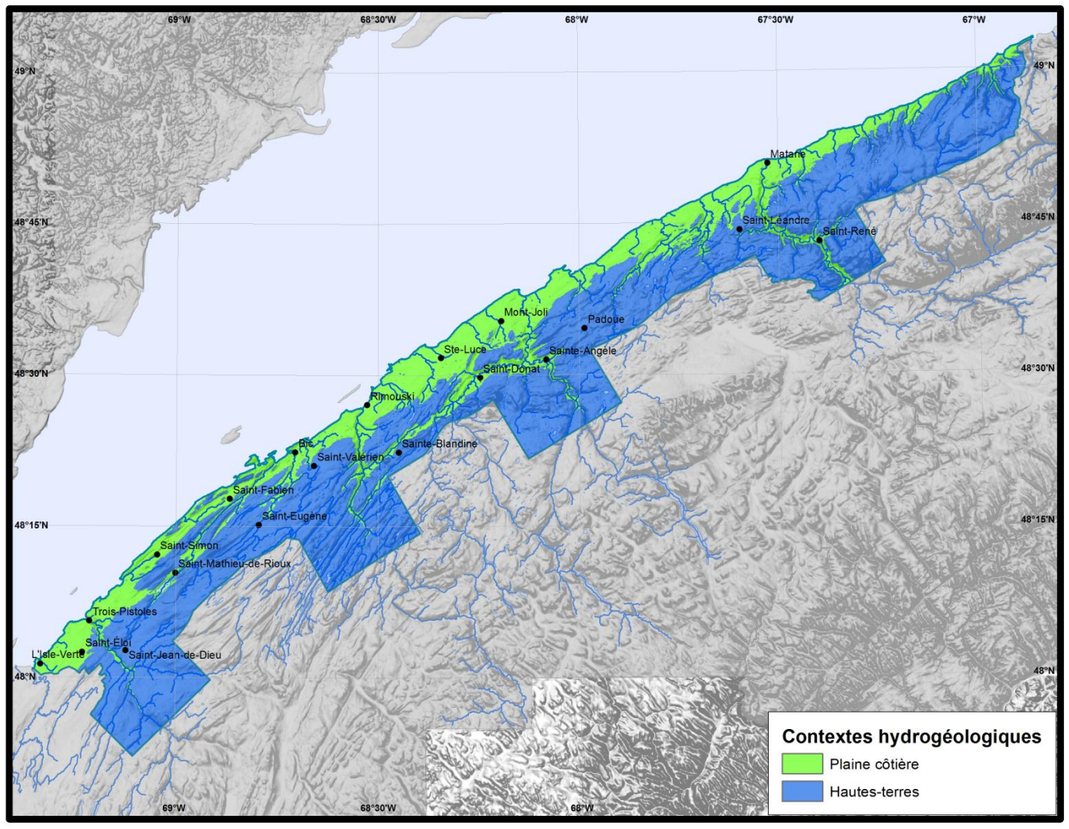



Figure 3. Délimitation des grands contextes hydrogéologiques régionaux du territoire du PACES-NEBSL

## GÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX

Les formations géologiques (Figure 4) constituant les aquifères rocheux peuvent influencer la composition chimique de l'eau qui circule dans ses réseaux de fractures en raison des différents processus qui ont cours durant le transport entre l'eau et le milieu aquifère (dissolution, échanges ioniques, etc.). Les propriétés hydrauliques vont aussi différées selon les formations géologiques. Une carte géologique régionale peut donc être utile à la compréhension des directions des écoulements souterrains, de la composition chimique de l'eau qui y circule et pour renseigner sur les propriétés hydrauliques des milieux géologiques.

Au niveau morphostructural, la région du Bas-Saint-Laurent fait partie de l'Orogenèse des Appalaches. Les roches sédimentaires constituant le socle rocheux du territoire à l'étude appartiennent à deux zones d'âges différents séparés par la faille normale Neigette. Deux domaines géologiques caractérisent le territoire à l'étude. L'unité taconienne contient les groupes et formations dont la lithologie est principalement composée de roches «tendres» (argilite, schistes, siltite, ardoise) avec la présence dans certains secteurs de barres appalachiennes de roches plus «dures» (conglomérat et de grès). L'unité acadienne est quant à elle formée de roches plus «dures» telles que les grès, les calcaires et le conglomérat. Ces deux domaines géologiques sont donc distinct géologiquement, mais aussi hydrogéologiquement en raison des différences au niveau des propriétés hydrauliques qui les caractérisent (porosité primaire/secondaire, conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement et transmissivité).

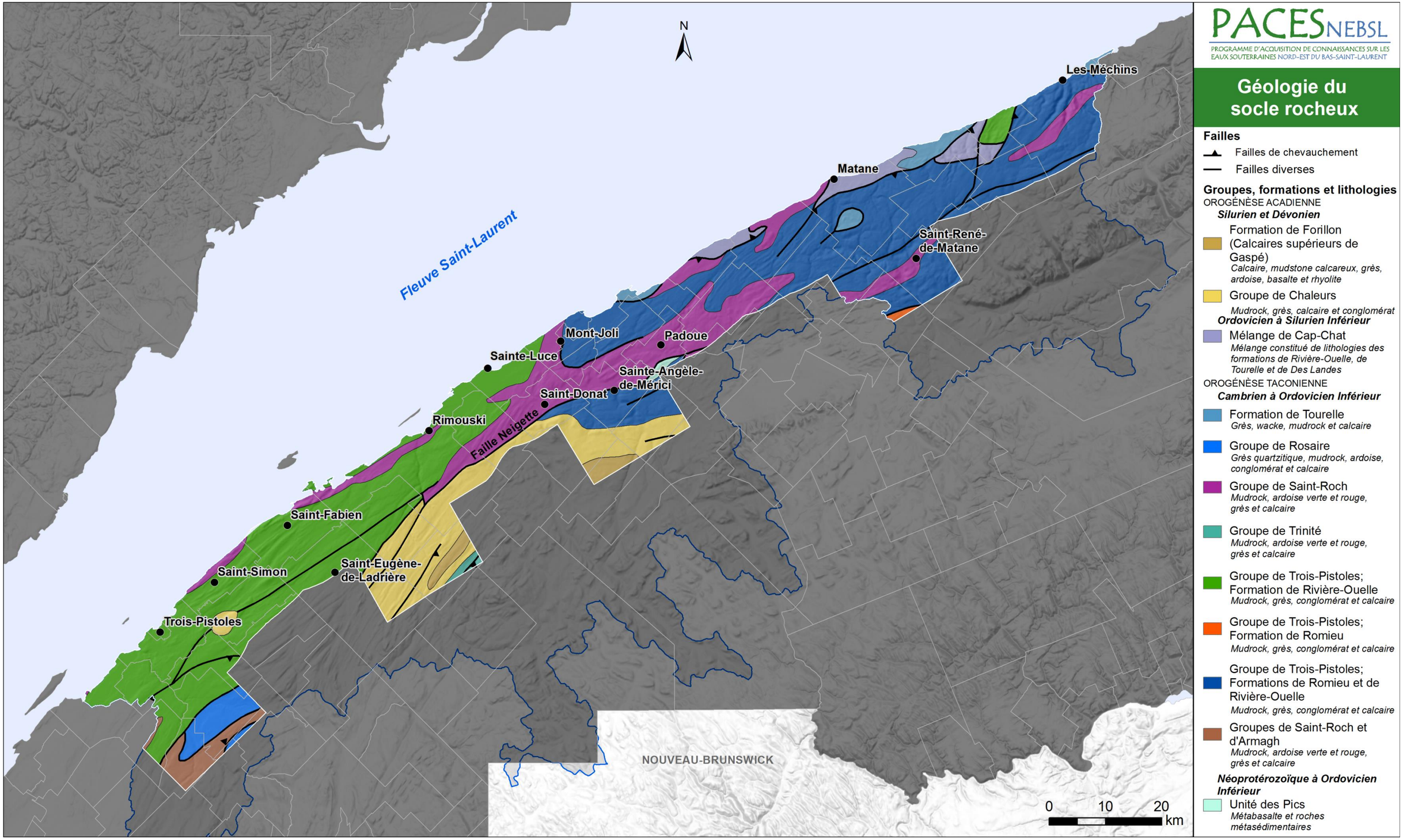



Figure 4. Géologie du socle rocheux

# GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE

La géologie des dépôts de surfaces (Figure 5) est caractérisée par la dernière glaciation. Au maximum glaciaire toute la région du Bas-Saint-Laurent est sous l'emprise d'un écoulement glaciaire vers le sud-est attribué à l'Inlandsis Laurentidien. Les principales vallées glaciaires de la région sont elles-mêmes orientées vers le sud-est. Plusieurs d'entre elles sont occupées par de profonds lacs de surcreusement glaciaire (lacs à la Croix, Témiscouata, Pohénégamook, Grand Lac Squatec, etc.) Ces nombreux lacs témoignent de l'intensité de l'érosion glaciaire produite par l'Inlandsis Laurentidien. Vers la fin de la dernière période glaciaire, un puissant courant de glace (*ice stream*) s'écoulant vers le nord-est s'est installé dans la vallée du St-Laurent, donc en sens inverse par rapport à l'Inlandsis Laurentidien. Puis vint la phase glacio-marine durant laquelle des quantités importantes de sédiments glaciaires ont été déversées directement dans la mer de Goldthwait (dont le niveau était supérieur à celui d'aujourd'hui) à la fois par la calotte glaciaire des Appalaches, les icebergs et les eaux fluvioglaciaires. Après la phase glaciomarine, le glacier des Appalaches s'est progressivement retiré vers le sud. Les étapes de la déglaciation dans l'arrière-pays bas-laurentien ne sont pas connues avec précision. L'invasion par la mer de Goldthwait a été plus précoce dans l'est et plus tardive dans l'ouest du territoire. La phase marine a laissé de nombreux sédiments glacio-marin et marins que l'on retrouve principalement sur la Plaine Côtière. Finalement le retrait progressif de la mer de Goldthwait a permis la mise en place de séries de plages soulevées, de terrasses marines et de deltas étagés, des formes qui façonnent aujourd'hui le territoire du Bas-Saint-laurent.

**LES HAUTES-TERRES**

Le contexte des Hautes-Terres est caractérisé par des dépôts superficiels minces et/ou discontinus, dont le plus fréquent est **le manteau altéré** d'épaisseur moyenne (moins de 1 m) recouvrant le socle rocheux. Les dépôts d'origine glaciaire (till) couvrent aussi une grande partie du contexte des Hautes-Terres. Le till se divise en deux classes :

1. **Till épais** qui est caractérisé par une couverture continue d'épaisseur d'un mètre ou plus
2. **Till mince** ayant une couverture discontinue et une épaisseur moyenne inférieure à 0,5 mètre. Sur le territoire, on le retrouve principalement dans les secteurs de Saint-Gabriel, Les Hauteurs, Sainte-Angèle-de-Mérici, Sainte-Jeanne-d'Arc et Saint-René-de-Matane.

Finalement, la **roche en place** est le troisième type de dépôt présent sur les Hautes-Terres. La majorité des affleurements rocheux sont localisés dans la portion ouest du territoire (St-Simon, Saint-Fabien, Bic) et correspondent aux barres appalachiennes. Le reste des affleurements sont les escarpements associés à la faille Neigette et aux falaises en marge de la route 132 dans les secteurs Grosses-Roches et Les Méchins.

**LA PLAINE CÔTIÈRE**

Ce contexte qui renferme les plus grands corps sédimentaires de la région, est majoritairement constitué de grandes plaines de sédiments marins d'eaux profondes et de terrasses sableuses laissées par la Mer de Goldthwait. Les **dépôts marins et littoraux** y sont généralement épais et leur altitude décroît d'ouest en est, passant d'environ 165 m à Trois-Pistoles à 105 m dans la région de Matane. **Les dépôts fluvioglaciaires** se retrouvent aux pieds des murs des vallées sous forme de lambeaux de plaines d'épandage ou de contacts glaciaires (par exemple des terrasses de kames) incisés par les cours d'eau actuels. Ils forment entre autre les grands complexes deltaïques de Neigette, Luceville, Saint-Anaclet, Saint-Fabien et du Bic. Dans les fonds de vallées, on retrouve généralement en surface des sables et des graviers alluviaux mis en place par des processus de migration latérale du chenal et d'accrétion verticale par les épisodes d'inondations. Ces **sédiments alluviaux** reposent généralement sur des argiles marines. On retrouve aussi sporadiquement des **dépôts organiques** sur la Plaine Côtière. Ils reposent soit sur des argiles, du till, des dépôts littoraux ou directement sur la roche en place.

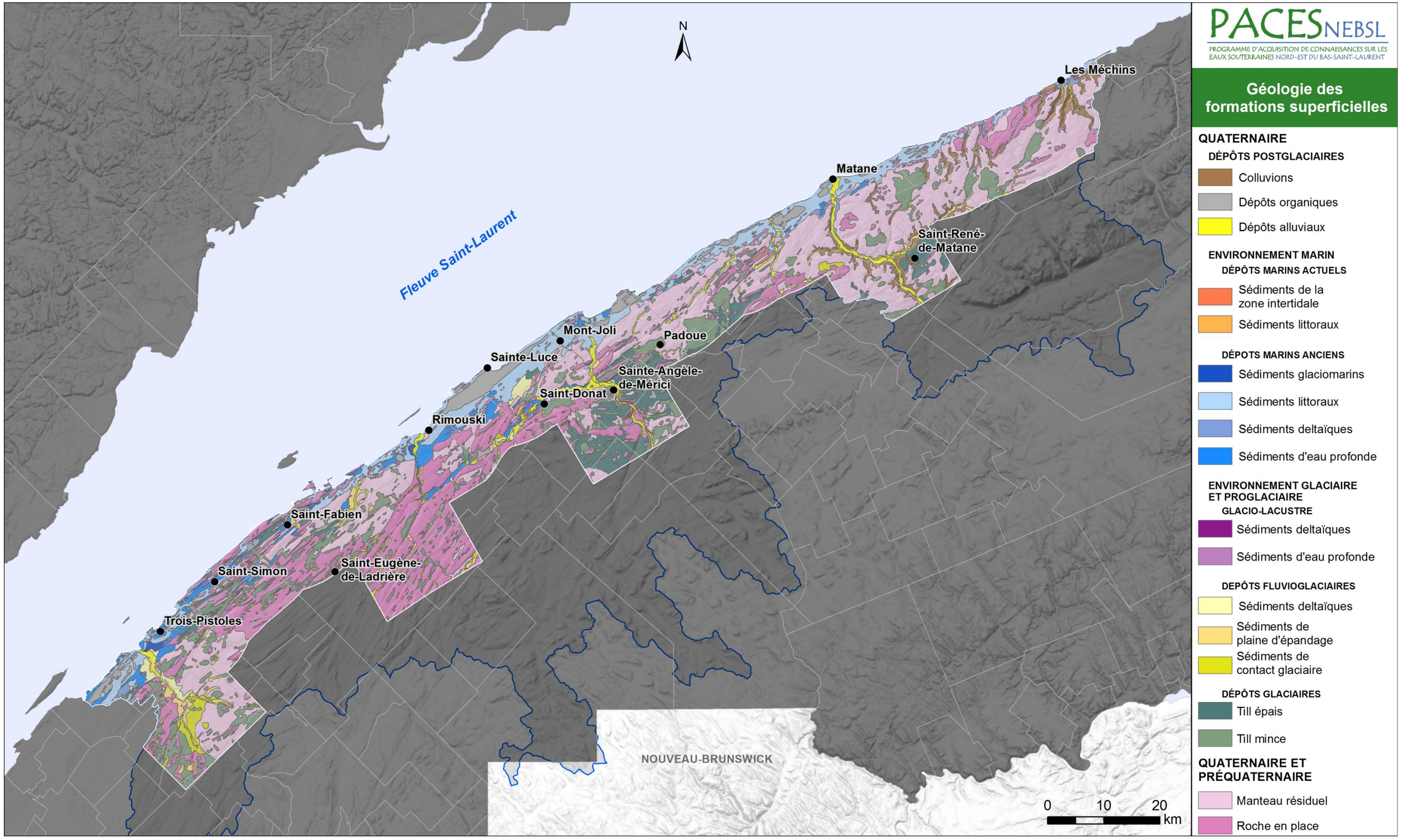



Figure 5. Géologie des formations superficielles (Quaternaire)

# STRATIGRAPHIE, ÉPAISSEUR ET ARCHITECTURE DES DÉPÔTS MEUBLES

La stratigraphie et l'architecture des dépôts varient considérablement à l'intérieur de la région à l'étude selon qu'on se trouve, d'une part, au-dessus ou en-dessous de la limite marine, et, d'autre part, dans une vallée ou sur un interfluve. Les dépôts meubles peuvent être subdivisés, schématiquement, en six environnements : 1) les basses plaines côtières; 2) les sillons appalachiens en dessous de la limite marine; 3) les sillons appalachiens au-dessus de la limite marine; 4) les vallées fluviales en dessous de la limite marine; 5) les vallées fluviales au-dessus de la limite marine; 6) les plateaux au-dessus de la limite marine. Les coupes de la page suivante, présentées de l'ouest vers l'est, recoupent des portions de territoire appartenant à chacun de ces six environnements physiographiques.

Les coupes stratigraphiques décrites ci-dessous sont présentées de l'ouest vers l'est et recoupent des portions de territoire appartenant à chacun de ces six environnements physiographiques. Compte tenu de la grande hétérogénéité entre les forages, une simplification des unités stratigraphiques a été faite dans un souci d'uniformité et de représentativité.

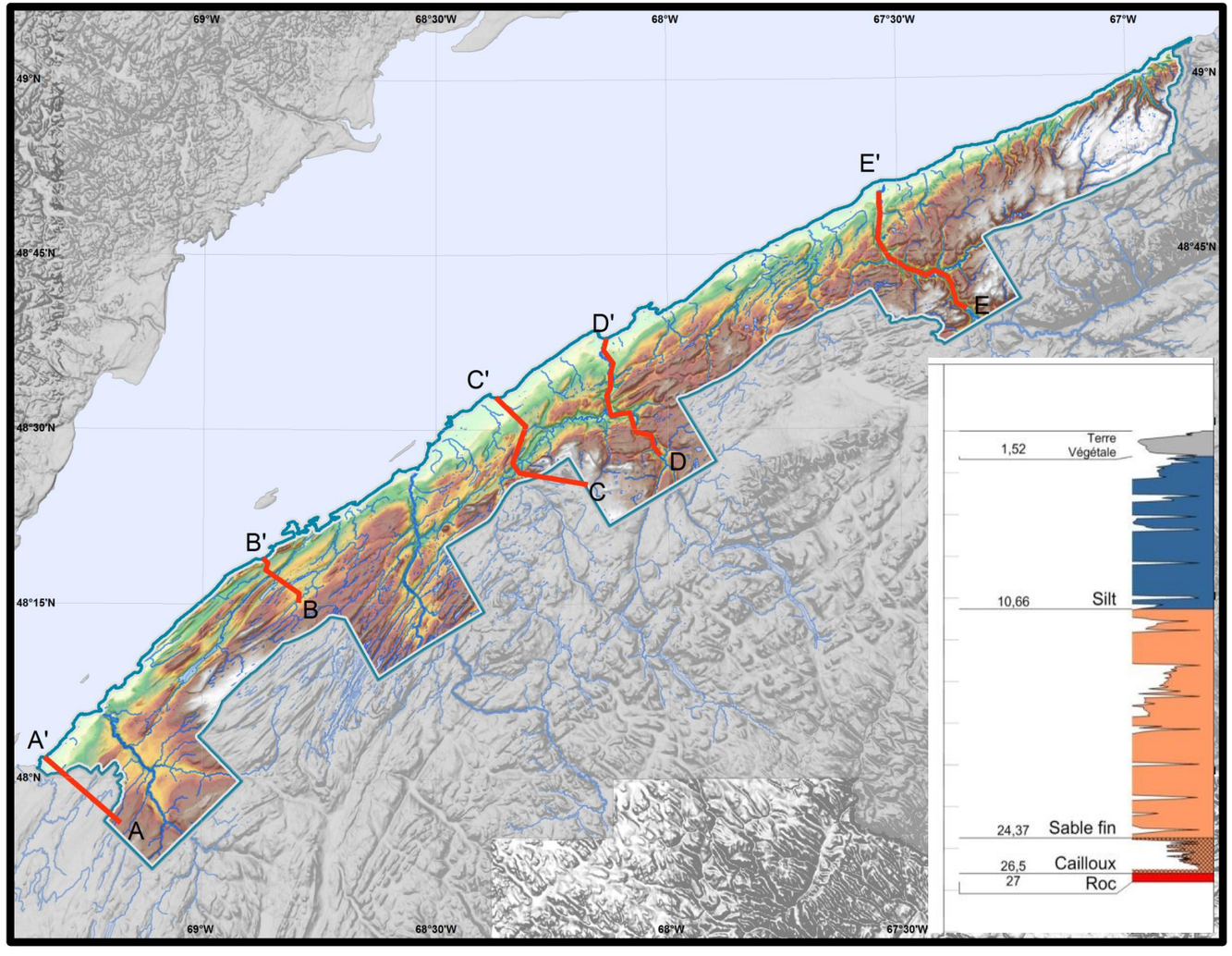



Figure 6 : Localisation des coupes stratigraphiques

FIGURE 7 : COUPE DE L'ISLE-VERTE A-A'

Les basses plaines côtières sont fréquentes à l'ouest de Trois-Pistoles et à l'est de Rimouski, la coupe de l'Isle-Verte schématise ces contextes. Les plus gros volumes de sédiments se trouvent sous la limite marine. Le corps sédimentaire le plus important sur cette coupe est représenté par un épais dépôt d'argile marine qui atteint plus de 40 mètres d'épaisseur. Sous la route 132, l'argile marine surmonte une couche de till de 7 m d'épaisseur qui repose sur un mince dépôt de sable et gravier dont l'origine reste indéterminée (possibilité d'un aquifère confiné et saumâtre). Au-delà de la limite marine (~165 m), les dépôts, toujours très minces, reposent directement sur la roche en place. Il s'agit principalement de till, de sable fluvioglaciaire et de tourbe.

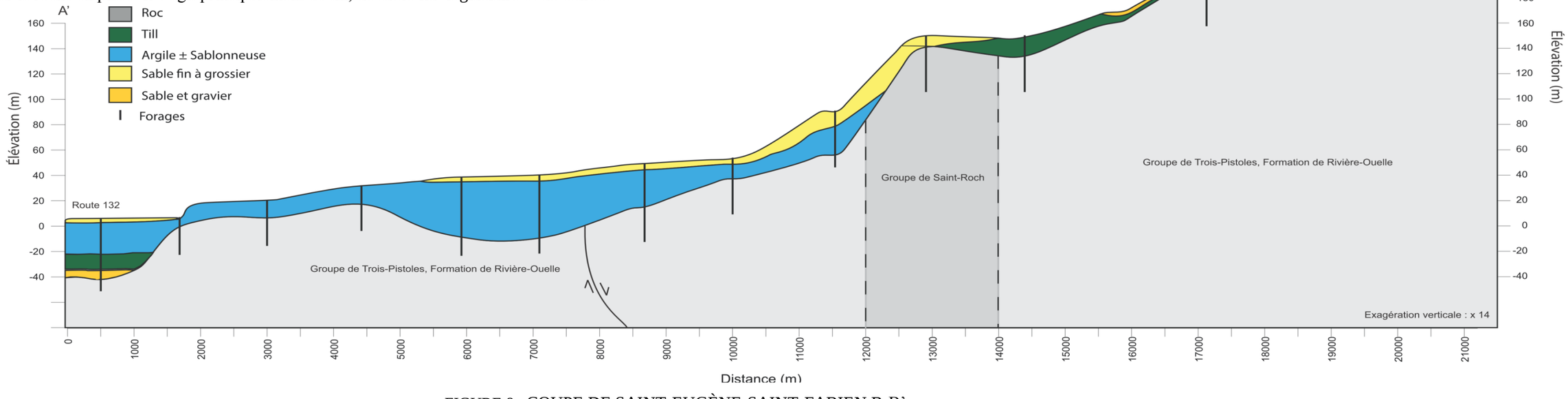



FIGURE 8 : COUPE DE SAINT-EUGÈNE-SAINT-FABIEN B-B'

Cette coupe est un bel exemple de l'accumulation de dépôts dans une succession de sillons appalachiens situés en dessous et au-dessus de la limite marine. Dans les deux cas, ils sont séparés par les barres de roches dures. Dans les sillons de la rivière sud-ouest et du Grand Lac Malobès, les dépôts argileux recouvrant des aquifères granulaires de faible puissance peuvent atteindre jusqu'à 30 m d'épaisseur.
Le sillon de Saint-Eugène, au-dessus de la limite marine (~160 m dans ce secteur), est quasiment dépourvu de sédiment.

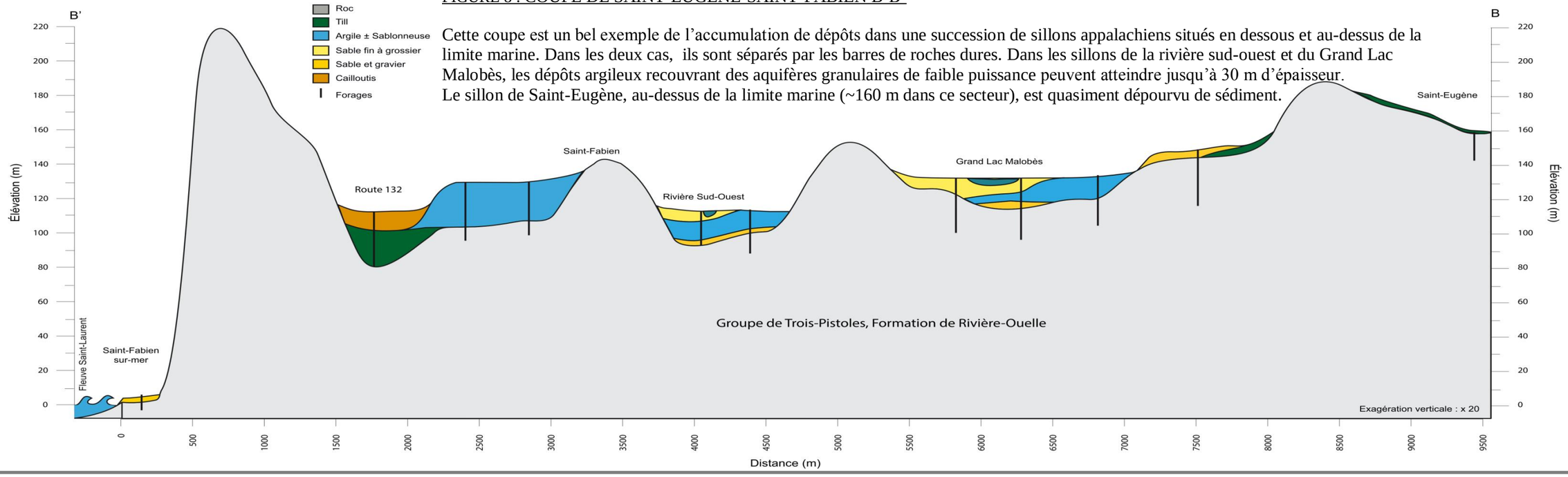


FIGURE 9 : COUPE DE SAINT-GABRIEL- SAINTE-LUCE C-C'

Elle recoupe du sud au nord, une portion de la basse Plaine Côtière, le delta de contact glaciaire de Luceville accroché au flanc nord de la barre appalachienne, la vallée de la rivière Neigette (sous la limite marine), et enfin, une portion de plateau au sud. Sur la basse plaine côtière, on retrouve une séquence typique d'argiles marines recouvrant les ondulations du roc surmontées par des sables et graviers littoraux. Les sables et graviers caillouteux composent le delta de Luceville et font de 10 à 35 m d'épaisseur. Le delta repose sur un dépôt interprété comme du till, mais pourrait être également des dépôts glaciomarins. La vallée de la Neigette (secteur de la chute) est composé d'une une unité de sables et graviers fluvioglaciaires de 10 à 20 m d'épaisseur, confiné par une épaisse couche d'argile marine. La séquence se termine en surface avec une seconde formation granulaire de 20 m. Enfin, le plateau au-dessus de la limite marine ne présente qu'un mince placage de till moulant la roche en place.

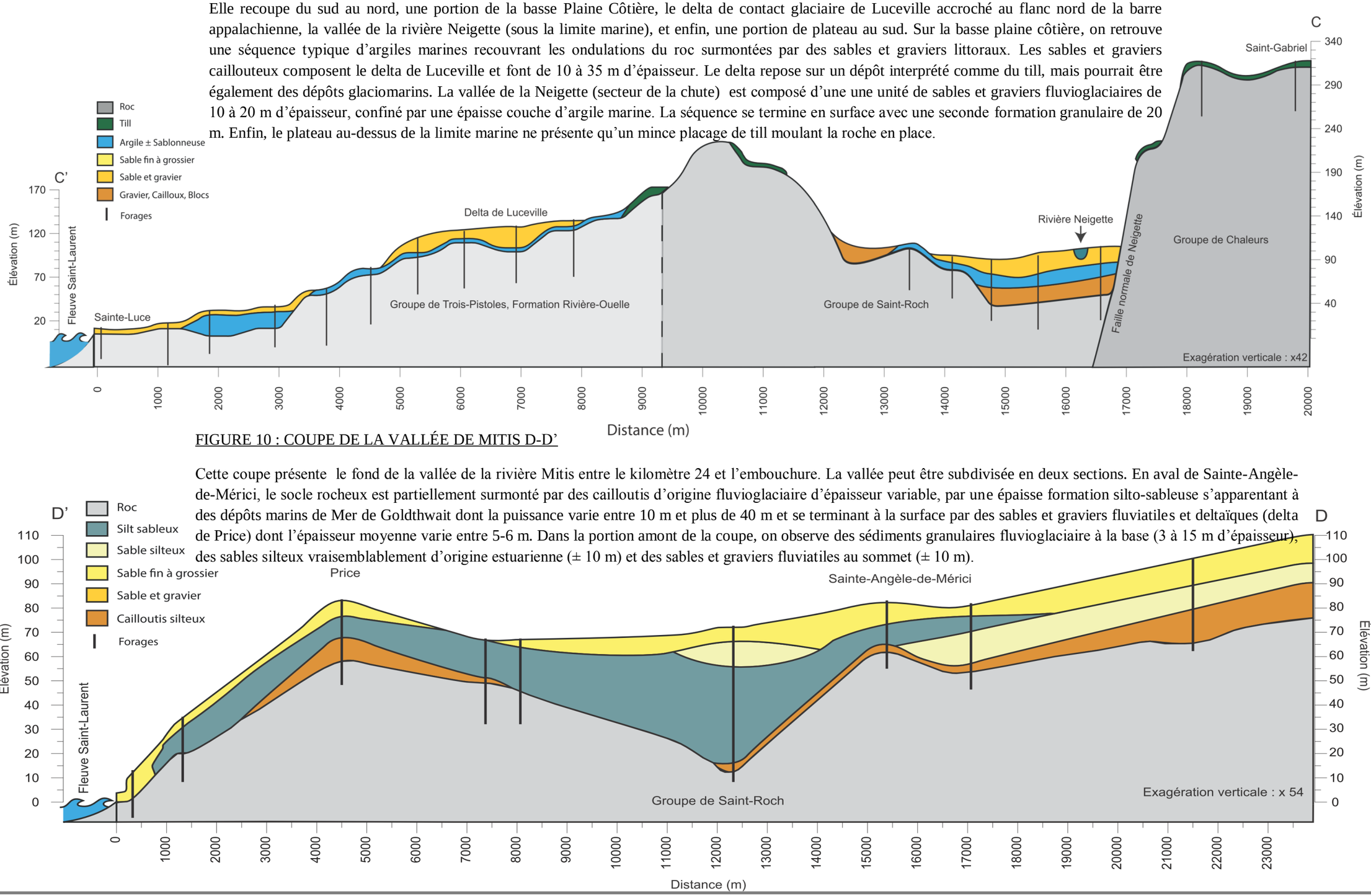
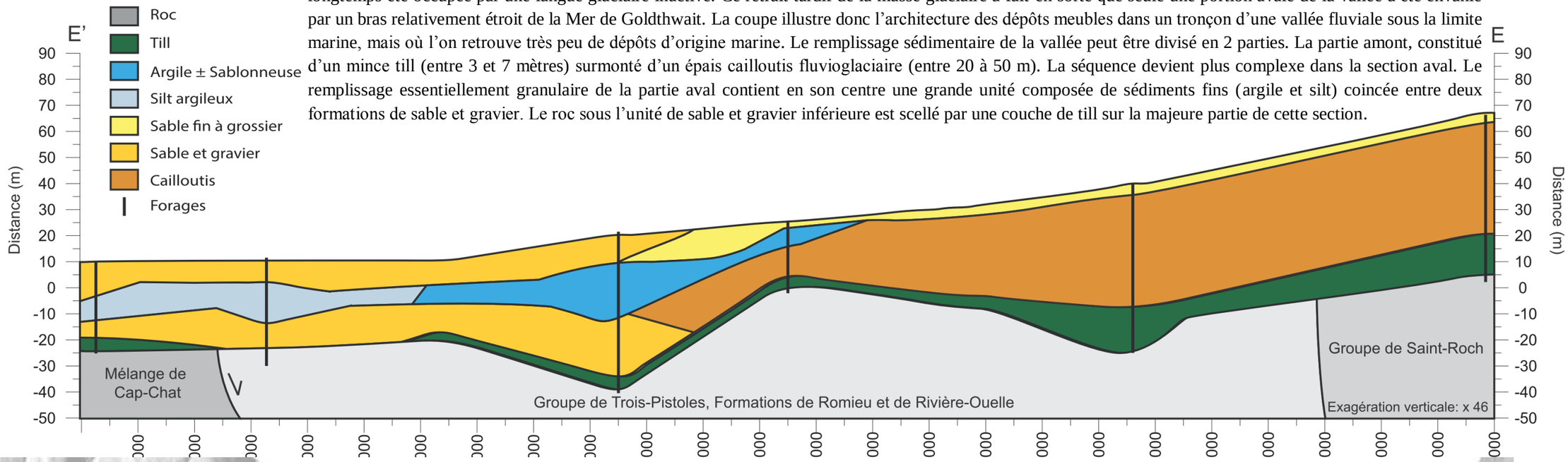


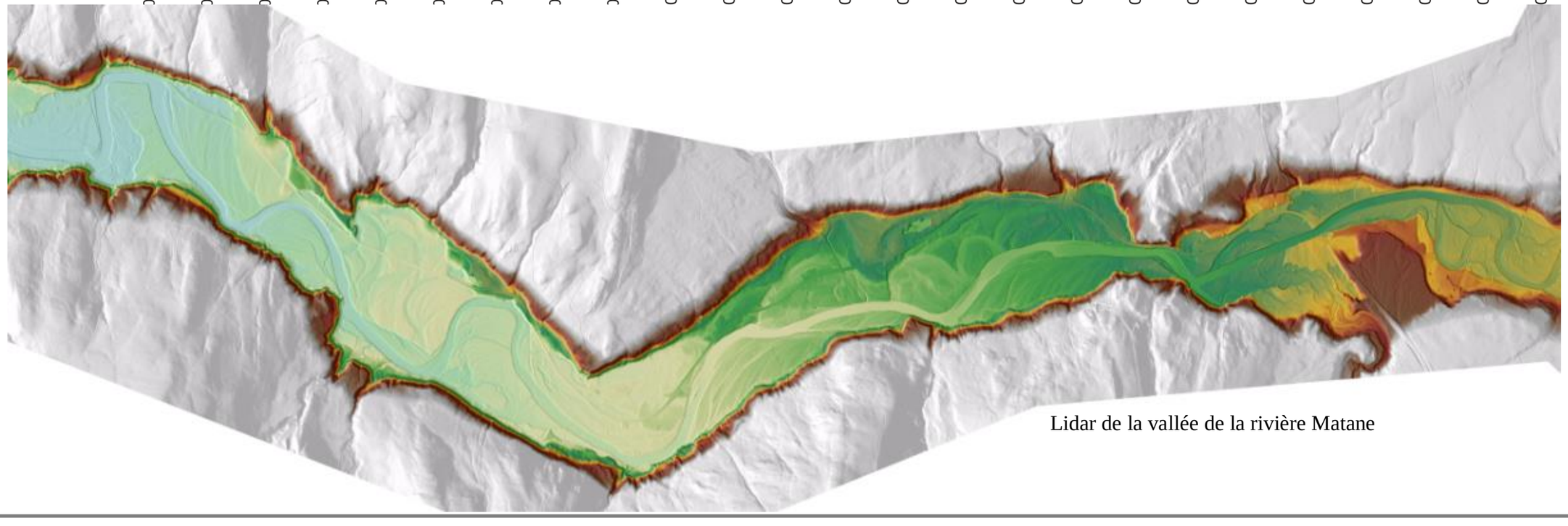

FIGURE 10 : COUPE DE LA VALLÉE DE MITIS D-D'

Cette coupe présente le fond de la vallée de la rivière Mitis entre le kilomètre 24 et l'embouchure. La vallée peut être subdivisée en deux sections. En aval de Sainte-Angèle-de-Mérici, le socle rocheux est partiellement surmonté par des cailloutis d'origine fluvioglaciaire d'épaisseur variable, par une épaisse formation silto-sableuse s'apparentant à des dépôts marins de Mer de Goldthwait dont la puissance varie entre 10 m et plus de 40 m et se terminant à la surface par des sables et graviers fluviatiles et deltaïques (delta de Price) dont l'épaisseur moyenne varie entre 5-6 m. Dans la portion amont de la coupe, on observe des sédiments granulaires fluvioglaciaire à la base (3 à 15 m d'épaisseur), des sables silteux vraisemblablement d'origine estuarienne (± 10 m) et des sables et graviers fluviatiles au sommet (± 10 m).

FIGURE 11 : COUPE DE LA VALLÉE DE MATANE E-E’

La vallée de la Matane a connu une évolution particulière qui est passablement différente des autres vallées du territoire en raison que durant la déglaciation, elle a longtemps été occupée par une langue glaciaire inactive. Ce retrait tardif de la masse glaciaire a fait en sorte que seule une portion avale de la vallée a été envahie par un bras relativement étroit de la Mer de Goldthwait. La coupe illustre donc l’architecture des dépôts meubles dans un tronçon d’une vallée fluviale sous la limite marine, mais où l’on retrouve très peu de dépôts d’origine marine. Le remplissage sédimentaire de la vallée peut être divisé en 2 parties. La partie amont, constitué d’un mince till (entre 3 et 7 mètres) surmonté d’un épais cailloutis fluvioglaciaire (entre 20 à 50 m). La séquence devient plus complexe dans la section aval. Le remplissage essentiellement granulaire de la partie aval contient en son centre une grande unité composée de sédiments fins (argile et silt) coincée entre deux formations de sable et gravier. Le roc sous l’unité de sable et gravier inférieure est scellé par une couche de till sur la majeure partie de cette section.



Lidar de la vallée de la rivière Matane

# ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Sur le territoire du PACES-NEBSL, les épaisseurs de dépôts meubles (Figure 14) les plus importantes se trouver au niveau des deltas de Trois-Pistoles, de Saint-Anaclet, de Luceville, de Price et de Matane, avec une épaisseur maximale observée de 65 m à Trois-Pistoles. Des épaisseurs considérables sont aussi présentes dans les fonds de vallées des rivières Matane (épaisseur moyenne de 30 m), Neigette (moyenne de 45 m secteur chute Neigette) et Mitis (plus 60 m à Sainte-Angèle-de-Mérici secteur confluence rivières Mitis-Neigette). On retrouve de très faibles épaisseurs de sédiments recouvrant le roc sur les Hautes-Terres (épaisseurs de moins de 2 m). Les dépôts meubles de grandes épaisseurs sont donc plutôt ponctuels sur le territoire, témoignant ainsi que les aquifères granulaires de bonne envergure sont assez rares dans la région.

## ÉPAISSEUR DES SÉDIMENTS ARGILEUX

La distribution spatiale des épaisseurs d'argile estimées (Figure 12) fait bien ressortir les contextes hydrogéologiques du Bas-Saint-Laurent et la limite marine de la mer de Goldthwait puisque les unités argileuses s'étendent sur presque l'entièreté de la plaine côtière, entre les crêtes appalachiennes et dans les fonds de vallées. Les variations d'épaisseur d'un aquitard régional comme l'argile permettent d'évaluer le degré de confinement des aquifères captifs. Ces sédiments argileux réduisent considérablement l'infiltration et la circulation d'eau souterraine, diminuant ainsi la recharge potentielle des aquifères sous-jacents, mais jouent aussi le rôle de frontière protectrice diminuant ainsi leur vulnérabilité.

## MÉTHODE

Les données utilisées pour la réalisation de la carte d'épaisseur des dépôts meubles proviennent des forages et des levés sismique réalisés dans le cadre du projet, ainsi que des bases de données de forages du SIH, du MTQ, de la compilation des rapports de recherche en eau des municipalités du territoire et de la carte des dépôts meubles. Les épaisseurs des différentes unités hydrostratigraphiques provenant de ces différentes sources ont toutes été additionnées et ont été directement interpolées en fonction de chacun des contextes hydrogéologiques.

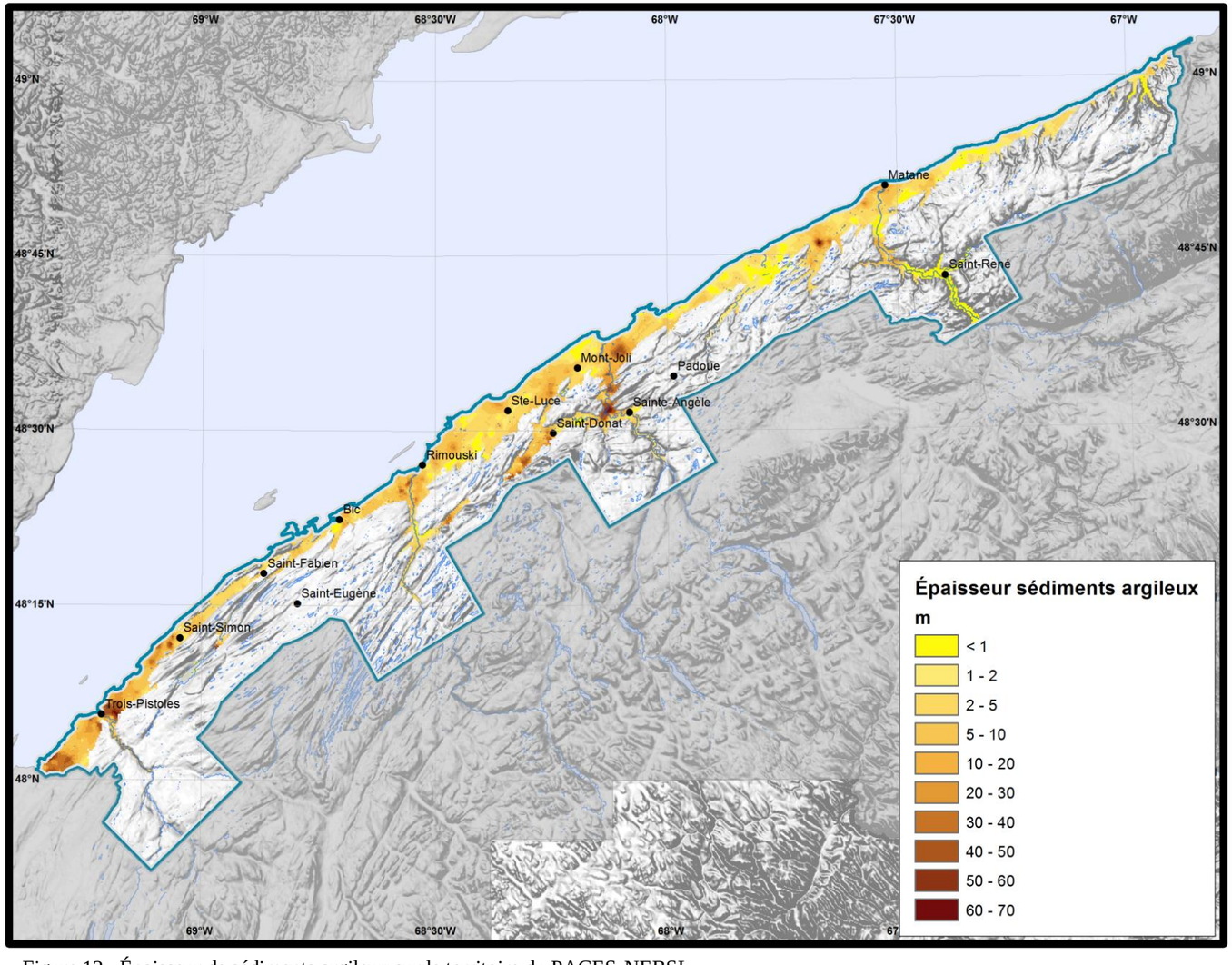



Figure 12. Épaisseur de sédiments argileux sur le territoire du PACES-NEBSL.

**ÉPAISSEUR DES SÉDIMENTS AU SURMONTANT L'ARGILE**

L'approvisionnement en eau à partir de puits de surface (souvent appelés fontaines) est un moyen d'approvisionnement largement employé sur le territoire du Bas-Saint-Laurent. Les dépôts meubles constituant ces aquifères de surface sont principalement des sédiments littoraux ou des sédiments sableux alluviaux surmontant une unité argileuse imperméable. Bien que sur le territoire on retrouve des secteurs ayant de grandes épaisseurs de sédiments granulaires de surface, leur puissance saturée pour y soutirer de l'eau n'est pas toujours proportionnelle à leur épaisseur totale (par exemple les deltas de Trois-Pistoles et du Bic). La Figure 13 présente les sédiments granulaire sus-jacent à l'argile.

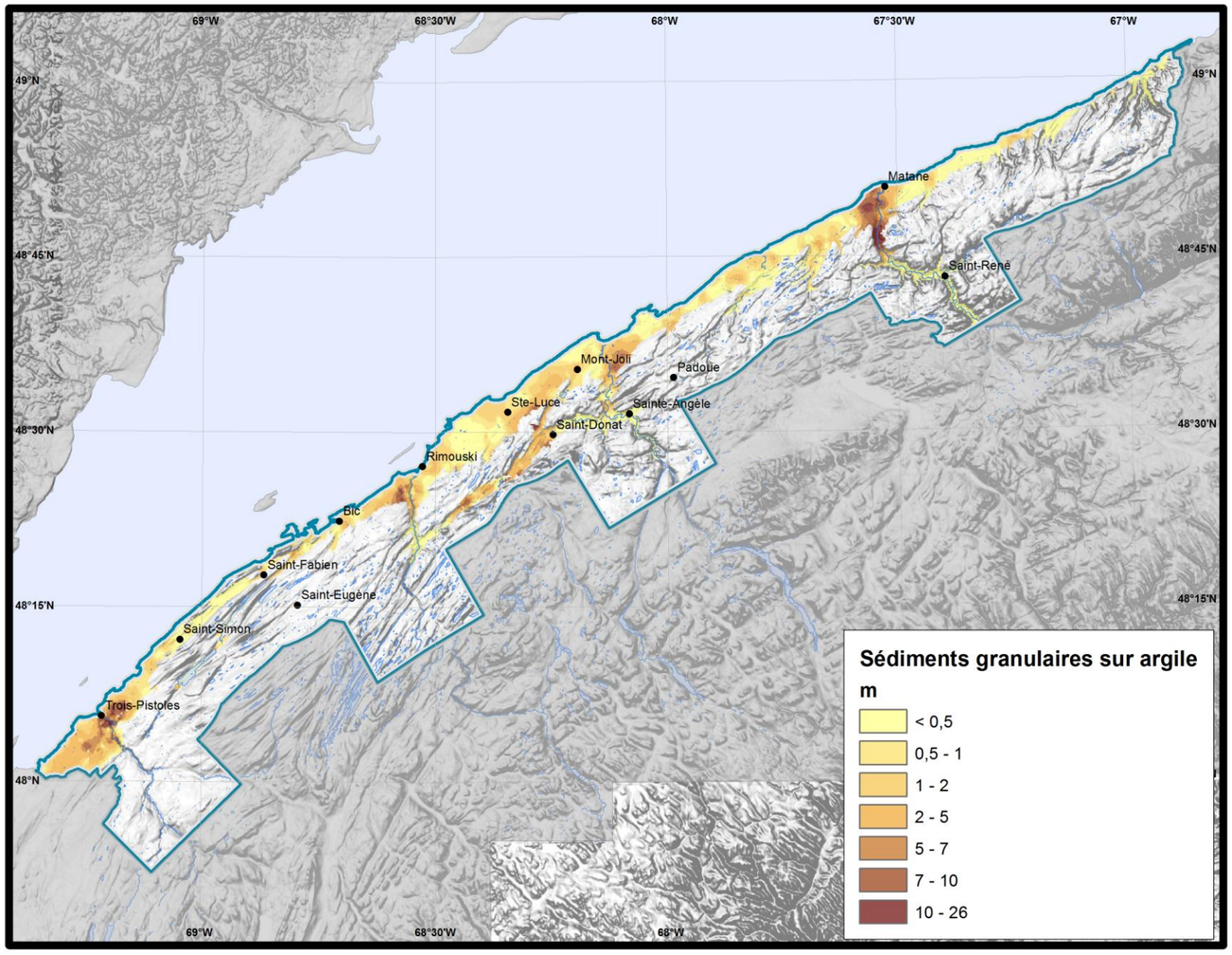



Figure 13. Épaisseurs de sédiments granulaires surmontant les sédiments argileux sur le territoire du PACES-NEBSL

# TOPOGRAPHIE DU ROC

Une carte de la topographie du roc (Figure 15) est un outil utile afin de repérer d'éventuelles vallées enfouies pouvant contenir d'importants aquifères granulaires.

Sur le territoire, on observe que la morphologie du socle rocheux reflète la topographie de surface avec une diminution progressive de l'élévation du roc des hautes terres vers l'estuaire, à l'exception vis-à-vis des imposants deltas perchés dans le paysage de Trois-Pistoles, de Luceville, de Price et de Matane où le socle plonge graduellement vers l'estuaire, alors que la topographie de surface se trouve à être surrélevé par les deltas. Également, quelques surcreusements du socle sont observables dans les vallées des rivières Neigette, Mitis et Matane, dont un particulièrement important à la confluence des rivières Mitis et Neigette à Sainte-Angèle-de-Mérici, où un aquifère granulaire productif est captif sous une épaisse couche d'argile. Le profil longitudinal du socle rocheux de la vallée Matane présente une morphologie de succession de crêtes et sillons enfouis sous les dépôts meubles.

**MÉTHODE**

La topographie du roc a été calculée en jumelant deux méthodes. Dans les secteurs avec de grandes épaisseurs de dépôts, l'élévation du socle rocheux a directement été interpolée en soustrayant l'épaisseur de dépôt de l'élévation du sol. La morphologie du socle rocheux devient ainsi indépendante de la surface du terrain. Pour les secteurs à faibles épaisseurs de dépôts où la surface du sol est susceptible de refléter la morphologie du roc, la grille de l'épaisseur de dépôts meubles a été soustraite à la grille d'élévation du terrain.

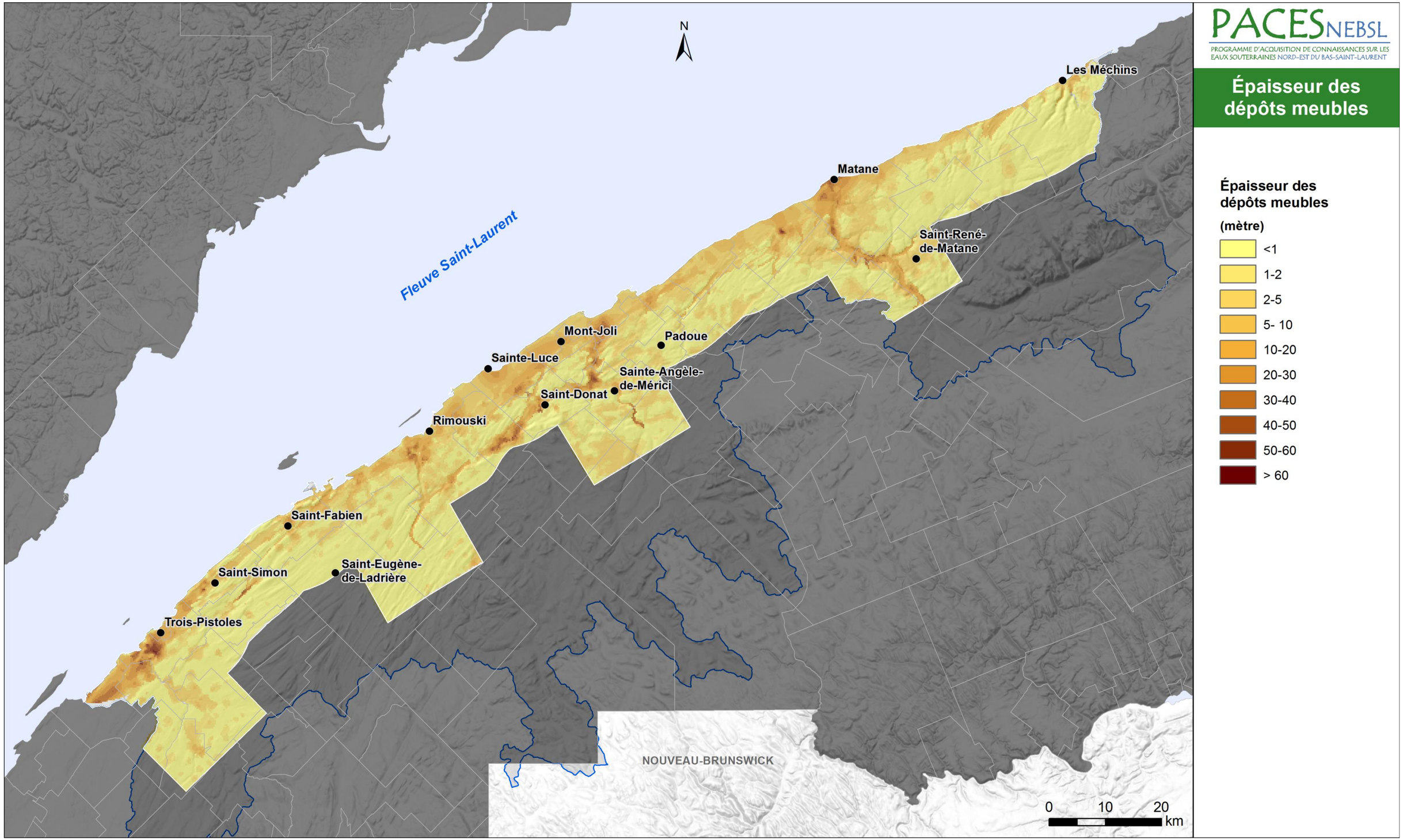



Figure 14. Épaisseur des dépôts meubles

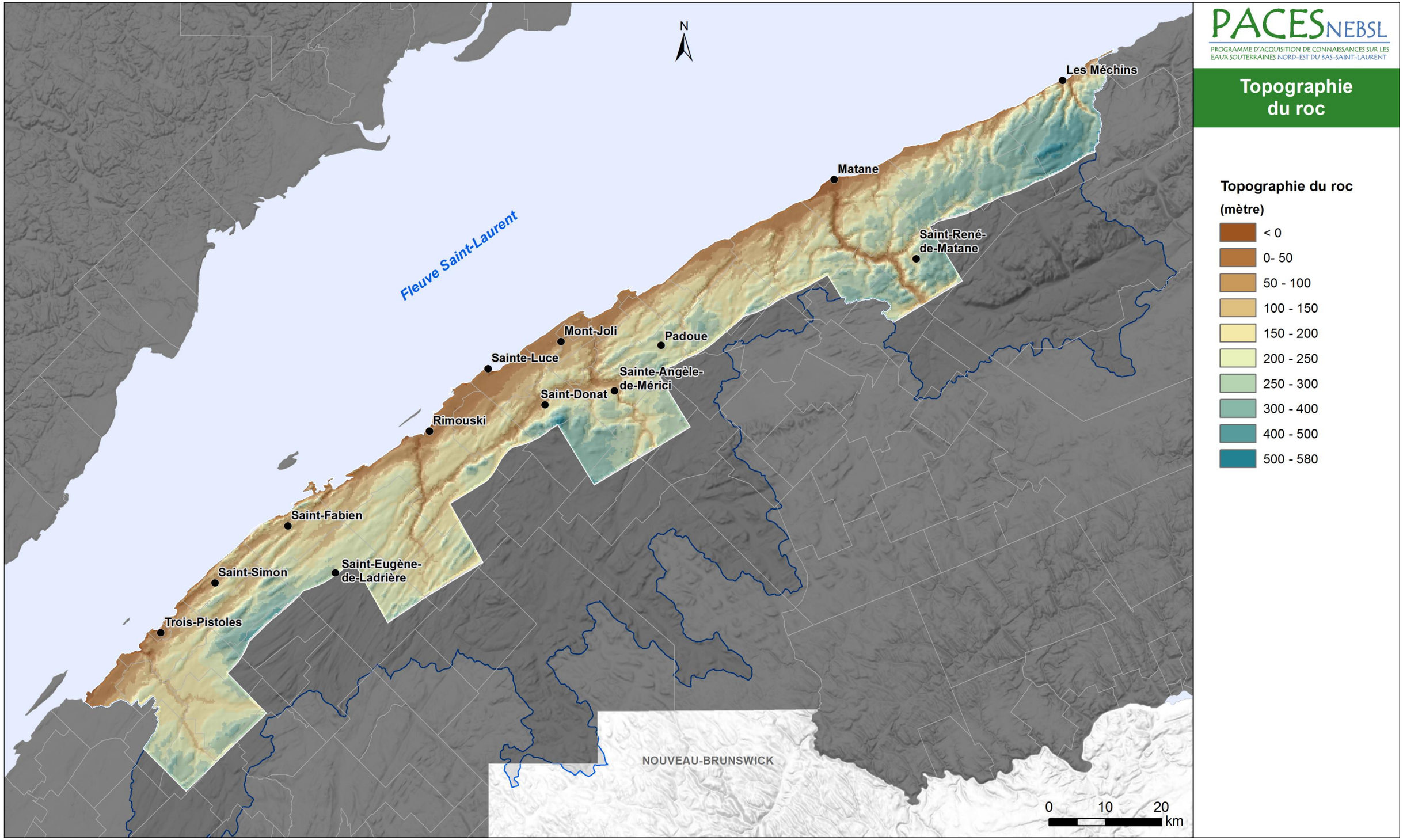



Figure 15. Topographie du roc

# CONDITION DE CONFINEMENT

Les niveaux de confinement représentent le contact entre la surface et l'aquifère considéré, dans ce cas-ci, on considère l'aquifère rocheux. Les conditions de confinement applicables aux aquifères granulaires peuvent être différentes de celles déterminées pour l'aquifère régional rocheux. Elles n'ont pas été définies, car les aquifères granulaires sont très localisés et de faibles étendues, ce qui rend difficile la production d'une carte régionale. Le niveau de confinement peut donner un premier aperçu sur les zones de recharge préférentielles, sur la vulnérabilité de l'aquifère, et peut aussi donner des indices sur la géochimie de l'eau. Par exemple, un aquifère confiné peut être protégé d'un contaminant de surface, mais sa recharge verticale est restreinte à nulle. La Figure 16 permet de visualiser une coupe en plan d'aquifères granulaires et rocheux selon leur condition de confinement.

La Figure 17 présente les indices de confinement du roc. Sur le territoire on observe que les zones de nappe captive sont principalement localisées dans les reliefs ayant une altitude inférieure à 150 m, altitude approximative de la limite d'immersion marine de la mer de Goldthwait. Ces reliefs correspondent entre autre à la plaine côtière, aux fonds de vallées, et aux sillons situés entre deux crêtes appalachiennes. L'aquifère rocheux du fond de la vallée de Matane est aussi considéré comme étant en condition captive en raison de la grande épaisseur de sédiments fins qui recouvre le roc sur l'entièreté de la vallée. Les conditions de nappe semi-captives sont présentes majoritairement dans les hautes terres et correspondent aux secteurs de till épais, identifiés sur la carte de dépôts meubles. Les zones de nappe libre correspondent aux zones de manteau résiduel et d'affleurements rocheux.

**MÉTHODE**

Les zones de confinement ont été déterminées par l'interpolation des épaisseurs des sédiments argileux et fins. Dans le cas où plusieurs unités imperméables étaient présentes dans la description des forages, le niveau de confinement a été évalué selon l'unité la plus épaisse et non selon la somme de toutes les unités. La carte des dépôts meubles et les affleurements rocheux ont aussi été utilisés pour combler les zones où il n'y avait aucun forage.

Tableau 2. Critères de confinement

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

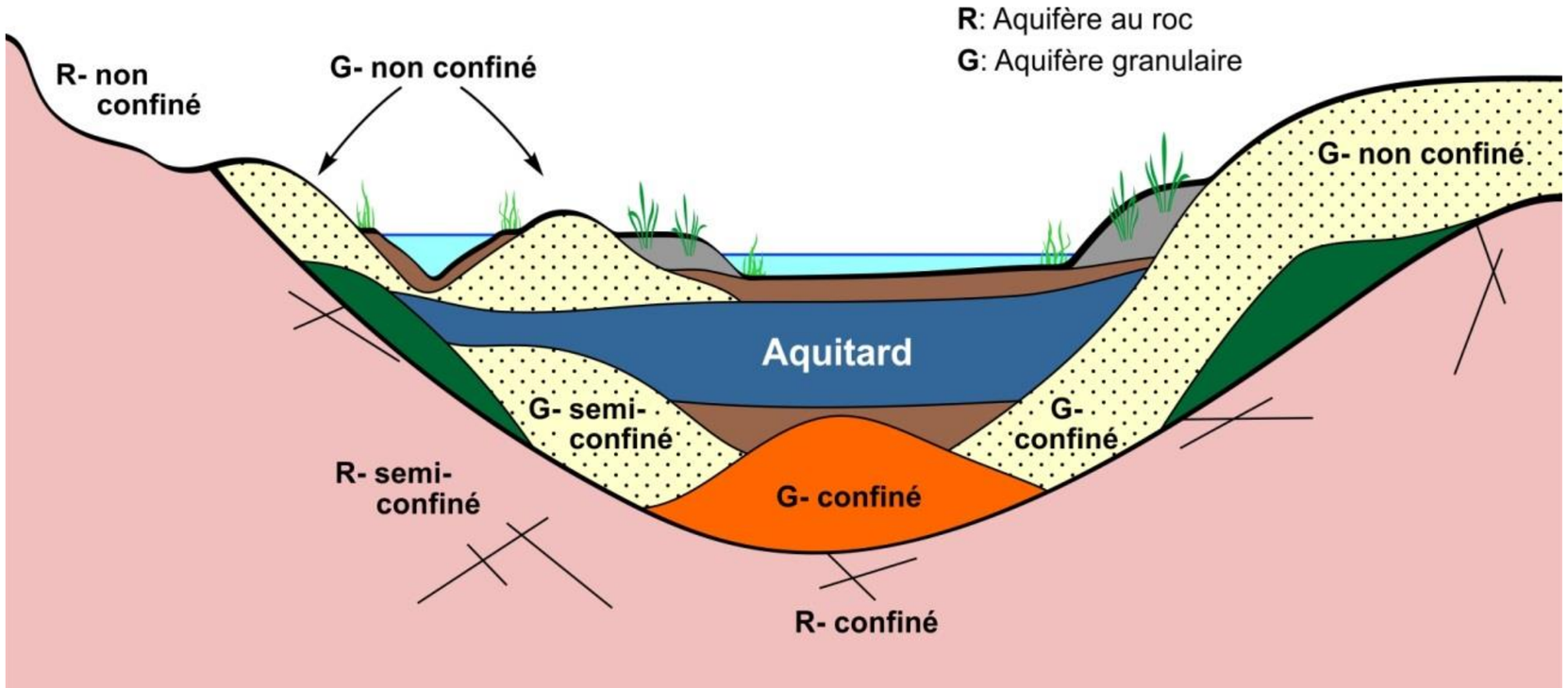



Figure 16. Schéma hydrogéologique conceptuel des conditions de confinement (tiré du site du RQES, 2015)

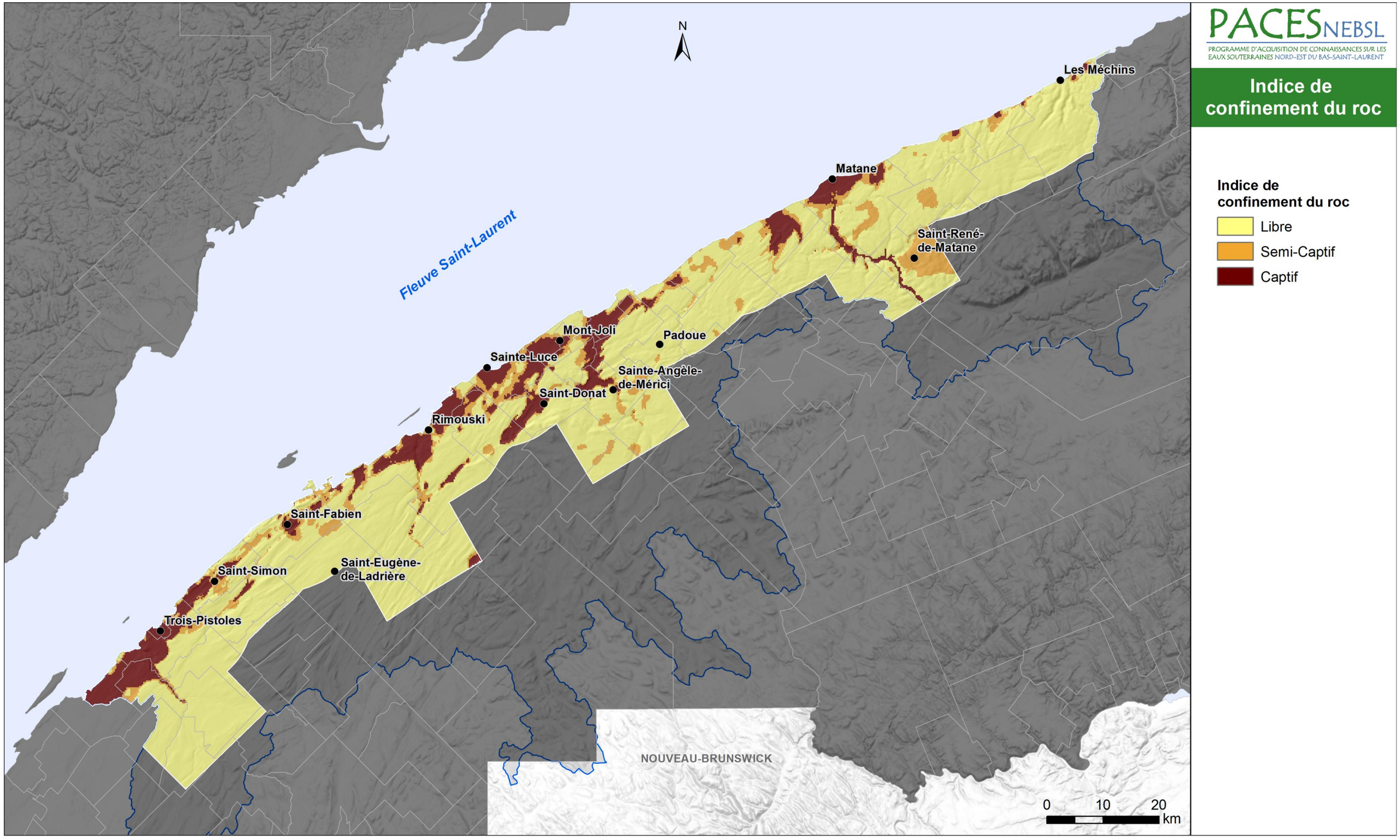



Figure 17. Indice de confinement du roc

# CONTEXTE HYDROSTRATIGRAPHIQUES

La Figure 18, représente les séquences hydrostratigraphiques typiques que l'on retrouve sur le territoire du PACES-NEBSL. Ces dernières ont été définies selon la fréquence à laquelle elles sont rencontrées dans les descriptifs de forages. La distribution des séquences hydrostratigraphiques indique une prédominance de la séquence de sédiments granulaires sur roc (1) dans le secteur des Hautes-Terres. Ces sédiments granulaires correspondent aux unités du manteau résiduel de la carte des dépôts de surface. Sur la plaine côtière, la séquence hydrostratigraphique dominante est celle du matériel granulaire sur matériel argileux sur roc (3). Cette séquence typique correspond aux sables littoraux surmontant l'argile marine de la mer de Goldthwait déposée sur le roc. Dans les vallées, on retrouve localement des aquifères granulaires captifs sous les sédiments argileux. Ces sédiments argileux sont souvent surmontés par une mince couche de sédiments alluviaux récents (2).

Ces séquences typiques servent d'indicateurs régionaux des contextes pouvant être rencontrés dans un secteur et peuvent fournir des informations d'intérêt pour l'exploration / l'exploitation et la gestion des ressources lorsque combinées à d'autres données telles que la géologie du Quaternaire et les épaisseurs des sédiments. Elles ne peuvent cependant pas remplacer les études hydrogéologiques locales.

**MÉTHODE**

Les séquences hydrostratigraphiques ont été définies selon la fréquence à laquelle les séquences typiques sont rencontrées. Les sédiments ont été regroupés en fonction de leur potentiel hydrogéologique, de la dominance du matériel et de son épaisseur. Quatre unités hydrostratigraphiques sont définies : 1) matériel granulaire; 2) sédiments argileux; 3) sédiments fins; 4) roc. L'épaisseur de chaque unité a été prise en compte dans le choix et la simplification des contextes types, sauf dans certains cas, par exemple lorsqu'une lentille de granulaire d'une épaisseur non-significative était rencontrée à l'intérieur d'une épaisseur considérable d'argile, ou encore dans les cas où la séquence hydrostratigraphique devenait trop complexe et non représentative régionalement (au-delà de 4 unités hydrostratigraphiques).

La répartition des contextes hydrostratigraphiques types a été faite à partir de la distribution des forages fiables à l'intérieur des polygones de la carte des dépôts meubles. A l'intérieur de chaque polygone, les forages étaient interrogés pour connaître les contextes dominants. Les polygones étaient ensuite redécoupés en fonctions de la répartition des contextes. Dans les secteurs sans forages, par exemple dans les hautes terres, le contexte était attribué en fonction de la description des dépôts meubles (ex. : till mince sur roc).

**Séquences hydrostratigraphique typiques rencontrées sur le territoire du PACES-NEBSL**

1) granulaire / roc;
2) granulaire / sédiments argileux / granulaire/roc;
3) granulaire / sédiments argileux / roc;
4) granulaire / sédiments fins / roc;
5) sédiments argileux /granulaire / roc;
6) sédiments argileux / roc;
7) sédiments fins / roc;
8) roc affleurant.

**Regroupement des hydrofaciès**

| GRANULAIRE (1) | Sédiments fins (2) | Sédiments Argileux (3) | Roc (4) |
|---|---|---|---|
| Sable (toute taille confondue) | Silt argileux | Argile sableuse | |
| Sable gravier | Silt sableux | Argile silteuse | |
| Sable silteux | Silt graveleux | Argile graveleuse | |
| Sable argileux | Till | | |
| Gravier | | | |
| Gravier silteux | | | |
| Gravier argileux | | | |
| Bloc | | | |
| Remblais | | | |
| Terre | | | |

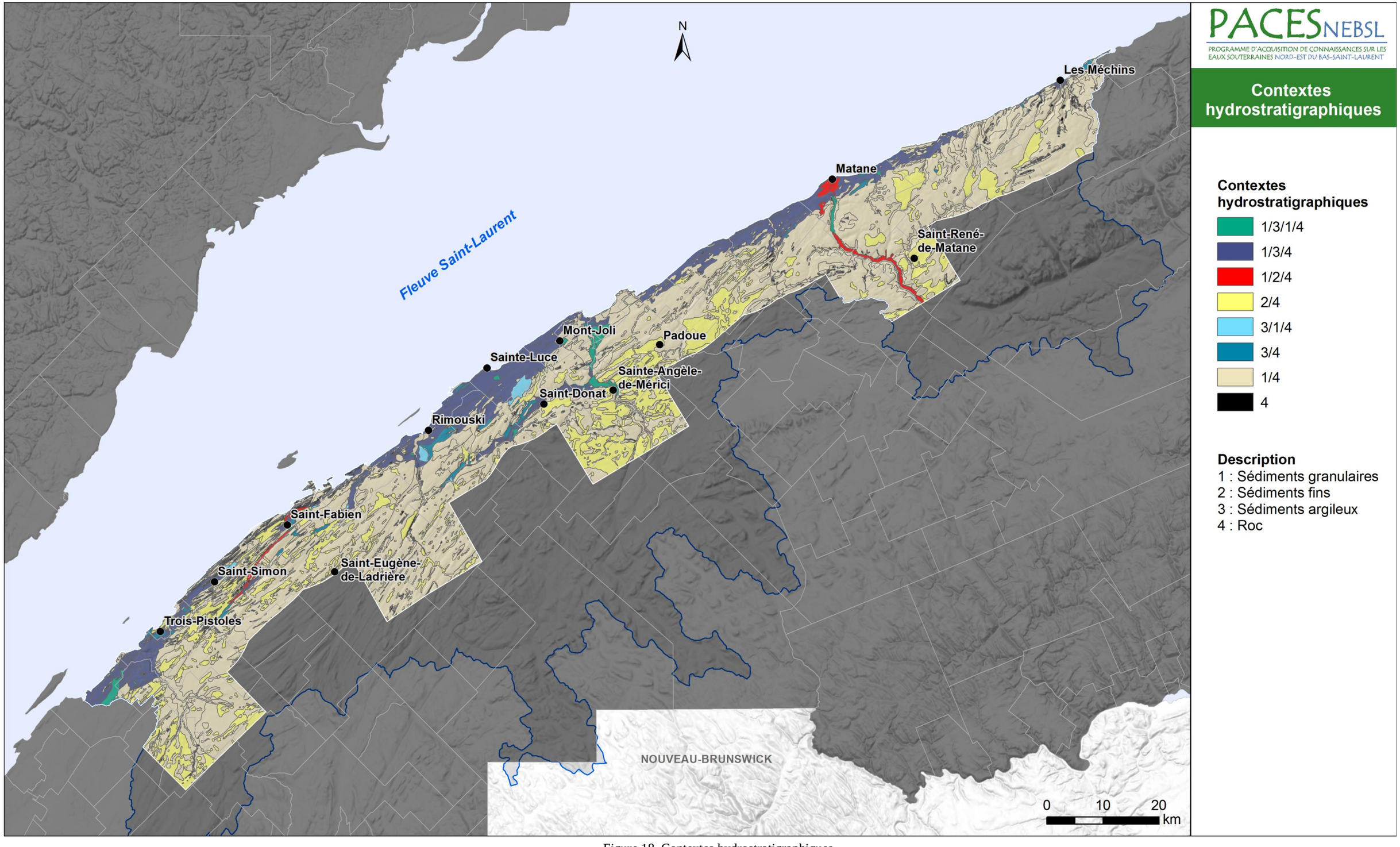



Figure 18. Contextes hydrostratigraphiques

# 3) CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

## PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES

Les propriétés hydrauliques sont des caractéristiques d'un aquifère qui permettent de quantifier les écoulements souterrains. Parmi ces différentes propriétés on retrouve :

- la conductivité hydraulique (K; m/s) qui représente la capacité d'un milieu géologique à permettre l'écoulement de l'eau dans les pores des dépôts meubles ou dans les fractures d'un aquifère rocheux;
- la transmissivité (T; $m^2/s$) qui représente la facilité avec laquelle l'eau s'écoule dans un aquifère saturé en eau. C'est le produit de la conductivité hydraulique et de l'épaisseur saturée de l'aquifère;
- la capacité spécifique (CS, Q/s; $m^2/s$) qui représente le rapport entre le débit d'un puits (Q $m^3/s$) et l'abaissement du niveau d'eau dans le puits par rapport au niveau mesuré sans pompage (niveau statique).

Les propriétés hydrauliques de l'aquifère rocheux sur le territoire du PACES-NEBSL étaient très peu documentées compte tenu que les formations schisteuses sont considérées comme étant peu envisageables pour l'approvisionnement en eau d'une municipalité en raison de leur faible potentiel aquifère. Toutefois, ces formations rocheuses répondent adéquatement à l'approvisionnement résidentiel. Comme les aquifères granulaires présentent un meilleur potentiel aquifère, ces formations sont beaucoup plus documentées dans les divers rapports hydrogéologiques de recherche en eau des municipalités. Le tableau 3 présente les résultats d'essais hydrauliques effectués au cours du PACES-NEBSL dans les dépôts meubles et dans le socle rocheux.

Pour les dépôts meubles, seuls les sédiments considérés avec un potentiel aquifère ont été caractérisés. Le till et l'argile n'a donc pas été investigué. Les résultats des essais à charge variable montrent une certaine variabilité entre les différents sables et graviers qui serait attribuable à un contenu en sédiments fins de formations confinées. Les conductivités mesurées concordent avec celles théoriques que l'on observe dans la littérature.

Les résultats des essais de pompage montrent que la conductivité hydraulique des formations schisteuses du Bas-Saint-Laurent est de l'ordre de $7\times10^{-5}$ m/s. Une étude plus approfondies des divers groupes et formations de roches indiquent qu'ils ont tous des conductivités hydrauliques similaires. La variabilité de *K* intra et inter unités géologiques serait attribuable à la profondeur des forages alors qu'il ressort que la conductivité hydraulique diminue avec la profondeur, ce qui indique que le réseau de fractures devient de moins en moins important en profondeur.

En ce qui concerne les différentes unités quaternaire de surface, les résultats des relevés au perméamètre de Guelph indiquent une très faible variabilité dans les valeurs obtenues alors que la grande moyenne de conductivité hydraulique non saturée correspond à $2,59\times10^{-5}$ m/s.

**MÉTHODE**

Pour mesurer la conductivité hydraulique des dépôts meubles, des essais à charge variable ont été faits dans 15 piézomètres (interprétation de la remontée selon m, alors que pour le socle rocheux, 7 essais de pompage de courte durée ont réalisés. Des essais au perméamètre de Guelph ont aussi été réalisés dans les différents types de dépôts quaternaires afin de connaitre la conductivité hydraulique des dépôts non saturés de surface.

Tableau 3. Conductivités hydrauliques calculées par le PACES-NEBSL à partir des essais à charges variables dans les dépôts meubles et à partir des essais de pompage de courte durée dans le socle rocheux

| Piézomètres | Formation géologique | K (m/s) |
|---|---|---|
| Neige 01 | Sable gravier | $1,08\times10^{-4}$ |
| Neige 02 | Sable gravier | $9,32\times10^{-5}$ |
| Neige 05 | Sable | $4,03\times10^{-7}$ |
| Fab 03 | Sable gravier | $5,22\times10^{-7}$ |
| Fab04 | Sable gravier | $1,08\times10^{-4}$ |
| Math 01 | Sable gravier | $9,66\times10^{-7}$ |
| Math 02 | Sable moyen | $1,57\times10^{-4}$ |
| Matane 09 | Sable gravier | $4,81\times10^{-6}$ |
| Matane 10 | Gravier | $5,39\times10^{-5}$ |
| Matane 11 | Gravier | $1,11\times10^{-5}$ |
| Matane 12 | Sable gravier | $3,28\times10^{-6}$ |
| Mitis 06 | Sable | $2,46\times10^{-4}$ |
| Mitis 08 | Gravier | $1,33\times10^{-7}$ |
| 02000002 | Sable littoral | $1,10\times10^{-4}$ |
| 02167001 | Gravier moyen | $2,88\times10^{-3}$ |
| | | |
| Sainte-Luce | Schiste | $2,85\times10^{-6}$ |
| Mont-Comi (particulier) | Schiste | $9,53\times10^{-6}$ |
| Notre-Dame-des-Neiges | Schiste | $5,59\times10^{-7}$ |
| Padoue | Schiste | $8,92\times10^{-7}$ |
| Saint-Éloi | Schiste | $2,03\times10^{-5}$ |
| Saint-Eugène-de-Ladrière | Schiste/grès | $1,17\times10^{-6}$ |
| Saint-Narcisse (MDDELCC) | Schiste/grès | $2,70\times10^{-6}$ |

# PIÉZOMÉTRIE RÉGIONALE ET SUIVI DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES

La Figure 20 représente une carte des écoulements souterrains de la région d'étude. La piézométrie fait référence à un niveau d'eau par rapport au niveau moyen des mers. Le sens d'écoulement est déterminé en combinant différents niveaux d'eau entre eux, et tout comme pour un écoulement de surface, l'écoulement souterrain se produit du point le plus haut vers le point le plus bas.

Sur le territoire, les valeurs des niveaux piézométriques s'échelonnent de -15 m à proximité de l'estuaire à 423 m, sur les Hautes-Terres. Les niveaux les plus bas qui ont été observés sont localisés sur la frange côtière dans les secteurs du Bic, de Trois-Pistoles, de l'Isle-Verte et de Baie-des-Sables. Les écoulements souterrains suivent la topographie de surface, et se font donc de manière générale du sud du territoire vers l'estuaire, mis à part dans les vallées orientées Ouest-Est, dans lesquelles les écoulements suivent cette direction. La piézométrie montre que les rivières drainent l'aquifère régional. Les gradients hydrauliques sont faibles sur les Hautes-Terres, dans les fonds de vallées et sur les basses plaines, ce qui signifie que les écoulements sont horizontaux. Au contraire, sur les crêtes appalachiennes, dans les zones de transition des Hautes-Terres vers la Plaine Côtière et sur les escarpements rocheux, les gradients hydrauliques sont élevés, ce qui favorise les résurgences d'eau souterraine dans les zones de

**MÉTHODE**

Puisqu'il a été assumé qu'il y a un lien hydraulique entre les deux types d'aquifères, autant les niveaux provenant des aquifères granulaires ainsi que rocheux ont été pris en compte dans la création de la piézométrie régionale. Différentes sources d'information ont été utilisées pour le développement de la carte piézométrique : la base de données du SIH, la compilation des rapports hydrogéologiques de la région, le réseau de suivi du MDDELCC et les niveaux d'eau prélevés lors des campagnes d'échantillonnage et de forages. Les charges hydrauliques ont été préalablement soustraites des altitudes de surface du MNE et ensuite interpolées. Les principales rivières ont aussi été utilisées dans les interpolations.

Les **lignes équipotentielles** sont des courbes d'égal niveau piézométrique. Elles permettent d'identifier les lignes de partage de l'eau souterraine qui définissent les limites des sous-bassins hydrogéologique, ce qui permet de délimiter les zones d'alimentation en eau souterraine du réseau hydrographique en contact avec l'aquifère rocheux.

## SUIVI DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES

Dans le cadre du projet, 10 stations de suivi en continu des variations du niveau de l'eau souterraine de différents contextes hydrogéologiques ont été installées. La figure 19 présente deux hydrogrammes de puits contrastés de l'aquifère rocheuxà nappe libre et confinée. Elle montre que les deux aquifères ne réagissent pas de la même manière pour un même événement de précipitation. La partie supérieure de la figure montre des courbes correspondant à la température moyenne journalière de l'air et aux précipitations totales journalières. Les lignes verticales rouges mettent en évidence les rehaussements de la nappe associés à une période de dégel, alors que les lignes verticales noires indiquent les rehaussements attribués aux épisodes de précipitation. Bien que dans les deux cas les rehaussements sont considérés comme la recharge de l'aquifère, l'aquifère rocheux ne réagit pas de la même manière pour un même évènement de précipitation en raison de son confinement. La nappe libre de l'aquifère rocheux de Notre-Dame-des-Neiges est très dynamique comparativement à la nappe confinée de l'aquifère rocheux de Saint-Éloi. La réactivité de l'aquifère rocheux en condition de nappe libre est caractérisée par une faible porosité primaire qui limite la capacité de l'aquifère à emmagasiner l'eau, ce qui provoque une hausse marquée du niveau d'eau et une récession très rapide. Le confinement à Saint-Éloi provoque une plus faible amplitude des variations de niveau d'eau en raison de l'absence d'un lien hydraulique avec la surface, et un délai de recharge en raison qu'elle s'effectue à partir de l'amont hydraulique.

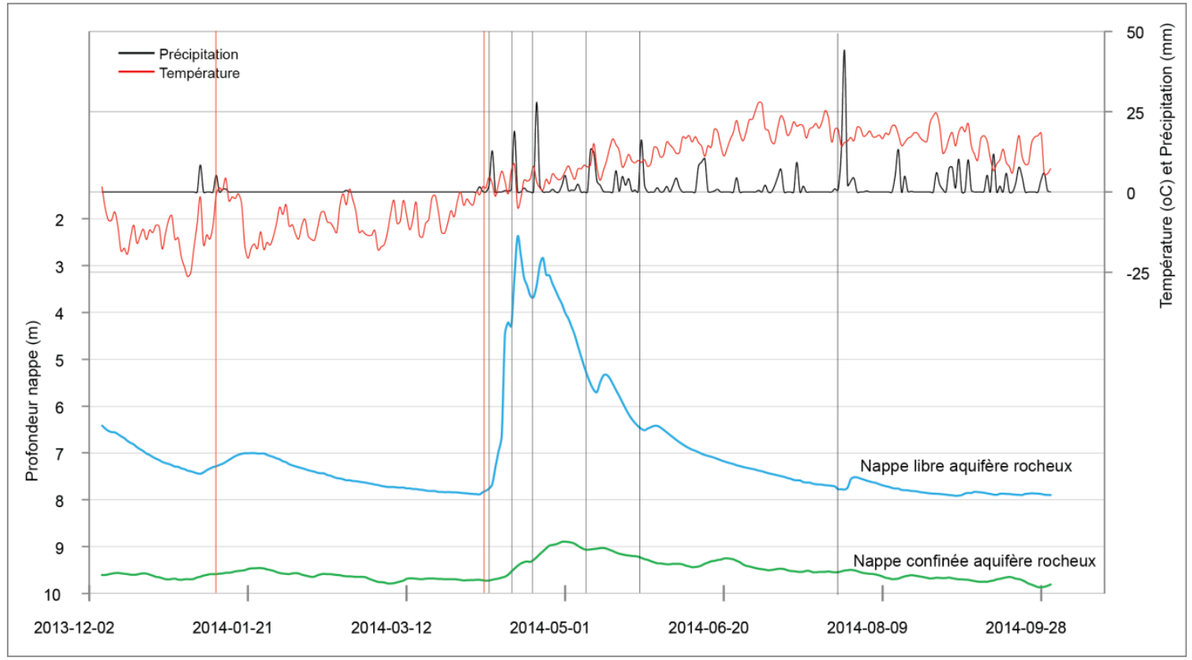



Figure 19. Hydrogrammes des puits de l'aquifère rocheux de Saint-Éloi (chronique verte) et de Notre-Dame-des-Neiges (chronique bleue) pour la période de Décembre 2013 à Octobre 2014.

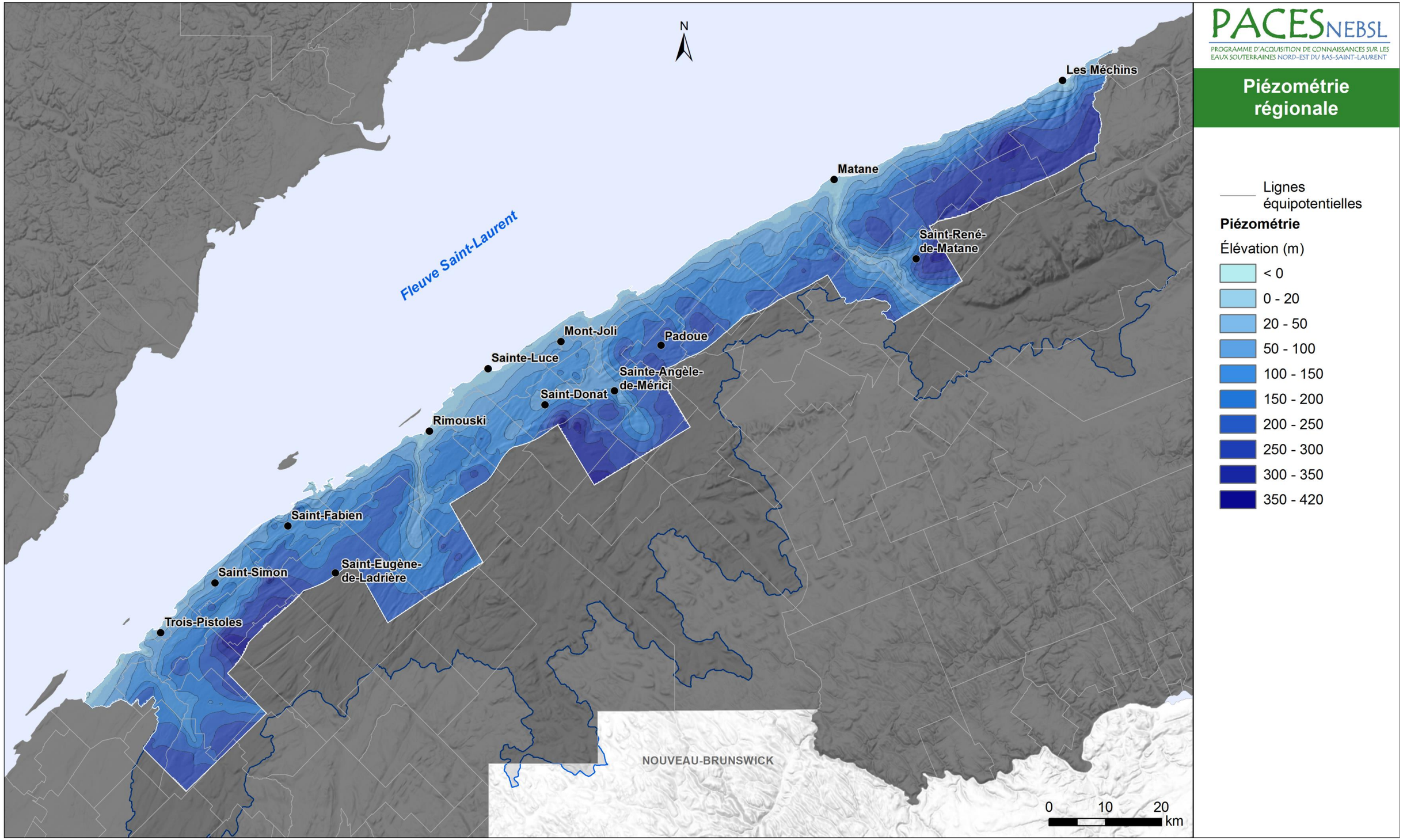



Figure 20. Piézométrie régionale

# RECHARGE ET RÉSURGENCES

La Figure 21 schématise le bilan hydrique alors que la Figure 22 présente les résultats de la recharge de l'aquifère rocheux du territoire du PACES-NEBSL par la méthode du bilan hydrique spatialisé. Les zones de recharge au-delà de 200 mm/an sont considérées comme étant les zones de recharge préférentielle de l'aquifère régional. Ces zones préférentielles sont localisées principalement sur les Hautes-Terres où l'aquifère rocheux est en condition de nappe est libre. C'est également dans cette zone du territoire d'étude que la couverture de dépôt meuble est la plus faible et où les précipitations neigeuses et pluvieuses sont les plus abondantes (effet orographique). Du côté de la Plaine Côtière (mise à part les crêtes appalachiennes) et dans les fonds de vallées alluviales, des valeurs très faibles de recharge sont estimées en raison de la présence de fortes épaisseurs de matériaux peu perméables (argile ou till) recouvrant le roc.

Les zones de résurgence des eaux souterraines sont aussi représentées sur la Figure 22. Elles correspondent principalement aux bris de pente des gradients hydrauliques de la piézométrie. Lors de la campagne d'échantillonnage d'eau des été 2013-2014, des résurgences et du suintement à la surface des dépôts meubles ont été constaté à maintes reprises au pied des crêtes rocheuses dans les secteurs de Saint-Simon, Saint-Mathieu-de-Rioux, Sainte-Angèle-de-Mérici, Les Méchins et dans les vallées des rivières Neigette et Matane. Ces suintements alimentent les puits de surface à partir desquels une grande portion de la population du territoire s'approvisionne. Les tronçons de rivières coulant directement sur le roc sont aussi considérés comme des zones de résurgences de l'aquifère rocheux.

**MÉTHODE**

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

Les données de précipitations (liquides et solides) ont été fournies par le Centre d'Expertise Hydrique (CEHQ). Le ruissellement été évalué en fonction de la pente, du type de sol et de son utilisation, alors que l'évapotranspiration a été estimée à l'aide de formule théorique en intégrant des données climatiques.

La **recharge « potentielle »** est ensuite calculée selon la formule suivante :

**RECHARGE potentielle = EAU NON RUISSELLÉ – EVAPOTRANSPIRATION**

La **recharge « réelle »** de l'aquifère rocheux est estimée en fonction de l'indice de confinement, soit 100% de la recharge potentielle pour les zones de nappe libre, 50 % dans les zones semi-captives et nulle dans les zones captives.

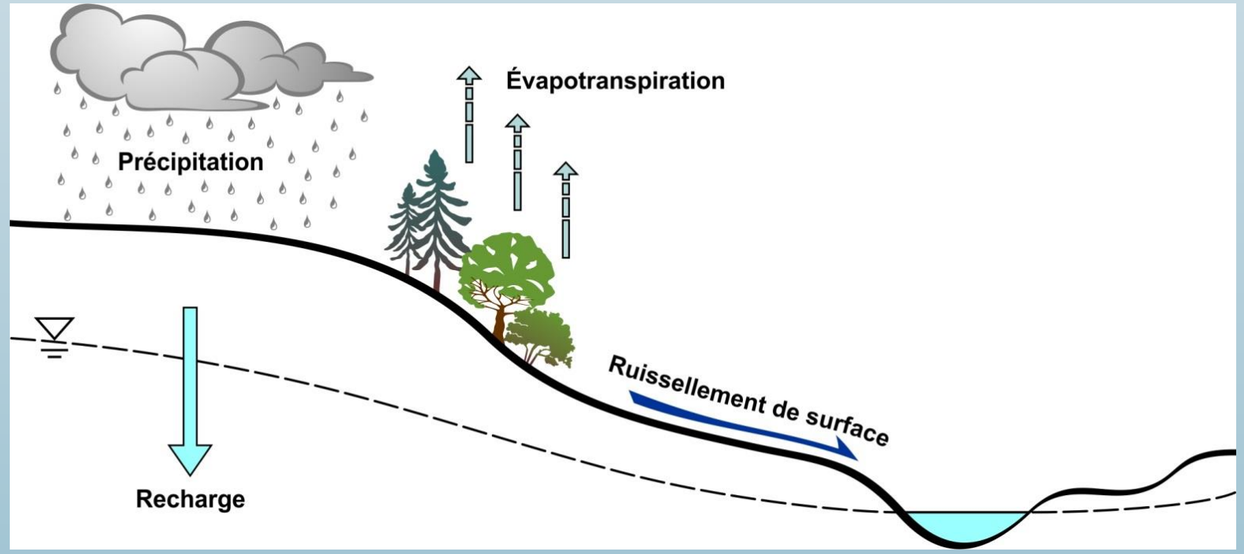



Figure 21. Schématisation du Bilan Hydrique (RQES-GRIES, 2015 : http://rqes-gries.ca/fr/notions-dhydrogeologie/les-eaux-souterraines/322-cycle-de-leau-bassin-versant-et-bilan-hydrique.html)

PACES NEBSL
PROGRAMME D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES NORD-EST DU BAS-SAINT-LAURENT

## Recharge spatialisée de l'aquifère rocheux

N

Fleuve Saint-Laurent

Les Méchins
Matane
Saint-René-de-Matane
Mont-Joli
Padoue
Sainte-Luce
Sainte-Angèle-de-Mérici
Saint-Donat
Rimouski
Saint-Fabien
Saint-Simon
Saint-Eugène-de-Ladrière
Trois-Pistoles

NOUVEAU-BRUNSWICK

0 10 20 km

Résurgence

**Recharge**

*mm/année*

- 0 - 50 Nulle à très faible
- 50 - 100 Faible
- 100 - 200 Moyen
- 200 - 300 Significative
- 300 - 420 Élevée

Figure 22. Recharge de l'aquifère rocheux et zones de résurgence.

# VULNÉRABILITÉ DES AQUIFÈRES

L'indice DRASTIC représente la vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère sans la prise en compte des activités de surface. **Il est important de rappeler que les cartes des projets PACES sont produites à une échelle régionale et qu'il est fortement recommandé d'éviter l'inférence à l'échelle locale d'informations générées à l'échelle régionale.** L'indice de vulnérabilité ne peut être utilisé à une échelle locale sans études hydrogéologiques complémentaires à l'échelle locale. L'indice DRASTIC se veut un outil d'aménagement du territoire et de la gestion des eaux souterraines puisqu'il permet rapidement de cibler les zones sensibles à la contamination anthropiques.

**MÉTHODE**

L'approche d'analyse multicritères pour le calcul du DRASTIC nécessite la connaissance de sept paramètres hydrogéologiques (Figure 23) :

1) la profondeur de l'aquifère (D),
2) la recharge annuelle (R),
3) la nature de l'aquifère (A),
4) le type de sol (S),
5) la pente du terrain (T),
6) l'impact de la zone vadose (zone non-saturée) (I)
7) la conductivité hydraulique (C).

A chacun de ces paramètres est associé un poids prédéfinis, variant de 1 à 5, ainsi qu'une cote numérique, variant de 1 à 10. La plus grande cote correspond aux conditions de l'aquifère ayant la plus grande vulnérabilité à la contamination. L'indice de vulnérabilité DRASTIC varie de 23 à 226.

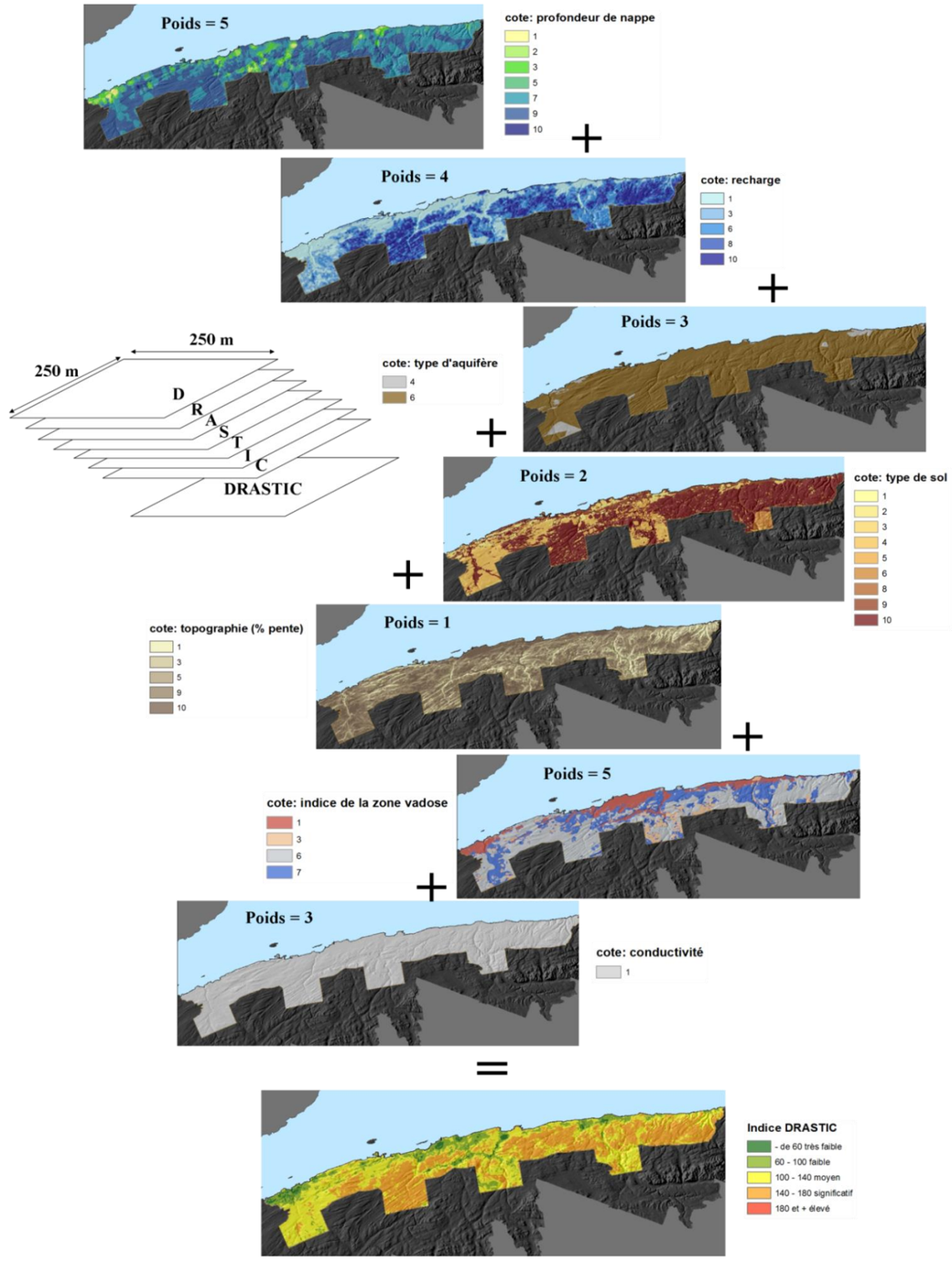



Figure 23. Méthodologie de calcul de la méthode DRASTIC : les sept paramètres sous forme matricielle ainsi que leur addition permettant d'arriver à la création de l'indice DRASTIC.

Le **choix de la légende** est une adaptation de la nouvelle classification faite par le MDDELCC dans le *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* qui est entré en vigueur en 2014. Ainsi, le vert foncé représente une sensibilité à la contamination de surface très faible et est associé à un indice inférieur à 60, le vert pâle représente une faible vulnérabilité (60-100), le jaune indique une vulnérabilité moyenne (100-140), l'orange est associé à une vulnérabilité significative (140-180). La classe correspondant à une vulnérabilité élevée, selon la classification du MDDELCC (180 et plus), n'est pas présente sur le territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent, la valeur la plus élevée étant 171.

# VULNÉRABILITÉ DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX

La Figure 25 présente le livrable Vulnérabilité de l'aquifère rocheux du territoire PACES-NEBSL. La profondeur du toit de l'aquifère, la recharge et l'indice de la zone vadose sont les paramètres qui influencent le plus le résultat du DRASTIC. Ainsi, on retrouve un indice DRASTIC faible (moins de 100) dans toutes les zones où les dépôts argileux sont présents. Ces se situent principalement dans la majorité des vallées alluviales, mais aussi sur près de l'ensemble des basses plaines le long du fleuve. On retrouve également un indice de vulnérabilité du roc faible dans la vallée de Matane en raison de la présence de till qui tapissent le socle rocheux ou des sédiments silto-argileux dans la portion aval de la vallée. Les Hautes-Terres présente un indice DRASTIC variant entre moyen et significatif. La faible épaisseur de dépôt, conjugué aux taux de recharge annuelle élevée et au niveau de nappe très près de la surface fait en sorte que les Hautes-Terres est le contexte hydrogéologique le plus sensible de tout le territoire à de potentielles contaminations de surface.

# VULNÉRABILITÉ DES AQUIFÈRES GRANULAIRES

Puisque l'on retrouve des aquifères granulaires de manière discontinue sur le territoire du PACES-NEBSL, l'indice DRASTIC des aquifères granulaires à l'échelle régionale n'a pu être calculé. Des indices ont tout de même été calculés pour les piézomètres installés dans le cadre du PACES-NEBSL. Sur les 10 piézomètres, cinq présentent des indices de vulnérabilité faible (60 à 100), trois des indices moyens (100 à 140) et deux autres des indices de vulnérabilité significatifs (140 à 180). Les cinq piézomètres dont l'indice est faible sont en milieu confiné alors que ceux de vulnérabilité significative sont des nappes libres.

Un indice DRASTIC a tout de même été calculé pour l'aquifère alluviale de la vallée de la rivière Matane. Cet aquifère est l'un des plus gros aquifères granulaire répertoriés sur le territoire du PACES-NEBSL. La Figure 24 présente deux cartes de l'indice de vulnérabilité de cet aquifère granulaire.

Le DRASTIC de la carte A, a été calculé en fonction du premier aquifère rencontré dans la vallée, soit l'aquifère de surface. Les résultats du calcul à la Figure 24B montrent que presque l'entièreté de la vallée est significativement vulnérable à la contamination de surface (140 et 180). Le matériel granulaire grossier qui constitue l'aquifère, la faible profondeur de la nappe et l'absence d'argile jouant le rôle d'aquitard expliquent les niveaux de vulnérabilité élevés que l'on y retrouve.

Un second indice DRASTIC a été calculé pour les le secteur aval de la vallée où l'on retrouve un aquifère confiné (Figure 24B). Ce secteur s'étend du centre de ski du Mont-Castor à la ville de Matane. Les résultats montre un indice de vulnérabilité moyenne sur la majorité du secteur aval de la vallée, entre autre en raison de la profondeur de l'aquifère et de la présence de sédiments imperméable au-dessus de l'aquifère.

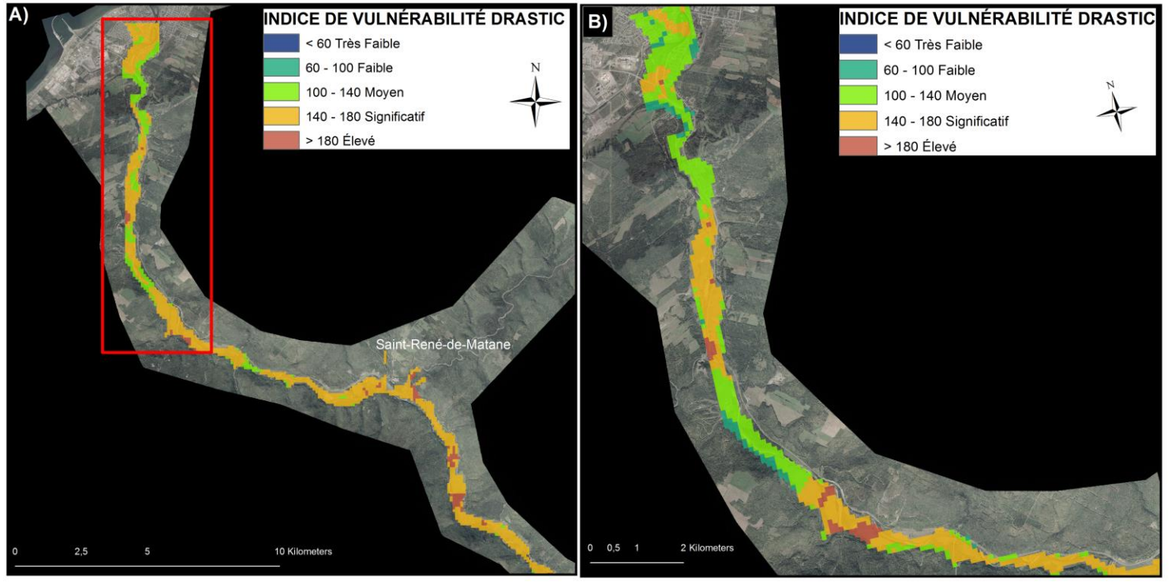



Figure 24. Indice de vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère granulaire de la vallée de Matane. A) Indice calculé pour le premier aquifère rencontré; B) Indice DRASTIC calculé pour l'aquifère granulaire confiné de l'encadré de la figure A.

PACES NEBSL
PROGRAMME D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES NORD-EST DU BAS-SAINT-LAURENT

## Vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère rocheux

N

Fleuve Saint-Laurent

Les Méchins
Matane
Saint-René-de-Matane
Padoue
Mont-Joli
Sainte-Luce
Sainte-Angèle-de-Mérici
Saint-Donat
Rimouski
Saint-Fabien
Saint-Eugène-de-Ladrière
Saint-Simon
Trois-Pistoles

NOUVEAU-BRUNSWICK

0 10 20 km

**Indice de vulnérabilité DRASTIC**

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

Figure 25. Vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère rocheux

# 4) RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

Le choix d'un système d'approvisionnement en eau potable pour une municipalité, qu'il soit pour de l'eau de surface ou souterraine, dépend de plusieurs facteurs dont l'accessibilité à la ressource ainsi que de la quantité et de la qualité de cette dernière. À l'échelle nationale, La consommation d'eau souterraine s'élève à 20% (MDELCC, 2014), alors que sur le territoire du PACES-NEBSL, c'est 61% de l'eau consommée (toute utilisation confondue) qui provient de sources souterraines

## UTILISATION DE L'EAU

Le tableau 4 présente les proportions de consommation en eau souterraine par MRC selon les principaux usages alors que le tableau 5 synthétise la consommation des municipalités avec un réseau d'approvisionnement en eau souterraine. La Figure 26 représente la distribution spatiale des types d'alimentation pour l'eau potable des municipalités du territoire. Sur les 39 municipalités inclues dans le territoire du PACES-NEBSL, 15 sont alimentées par un réseau d'eau souterraine, 13 par un réseau d'eau de surface, 10 n'ont pas de réseau et une est alimentée par un réseau mixte. Les municipalités de Saint-Anaclet-de-Lessard, Grand-Métis, Sainte-Flavie et Notre-Dame-de-Neige, sont respectivement alimentées par les réseaux de Rimouski, Price, Mont-Joli et Trois-Pistoles. Au Nord-Est du Bas-Saint-Laurent, 47 % du volume total d'eau souterraine est utilisé à des fins de consommation résidentielle, 46 % est destiné aux industriels, commerces et institutions (ICI), et 7 % à des fins agricoles. Pour chacune des MRC, entre 21 et 26 % de la population est alimenté par des puits privés individuels, dont la plupart sont aménagés dans l'aquifère rocheux. Les MRC de Rimouski-Neigette et des Basques sont les plus grandes consommatrices avec 95 et 66% de leur eau qui provient d'aquifères granulaires, alors que la ville de Rimouski est la municipalité qui consomme le plus d'eau souterraine sur l'ensemble du territoire du PACES-NEBSL.

Tableau 4. Consommation de l'eau souterraine dans les quatre MRC du territoire selon les trois principaux usages : Agricole, Industriel, commerciale et institutionnel (ICI) et résidentiel.

| MRC | AGRICOLE (%) | ICI (%) | RÉSIDENTIEL (%) |
|---|---|---|---|
| RIMOUSKI-NEIGETTE | 4 | 46 | 50 |
| LES BASQUES | 21 | 44 | 36 |
| MATANIE | 4 | 56 | 41 |
| MITIS | 20 | 27 | 54 |

Tableau 5. Consommation de l'eau souterraine de municipalités dotées d'un réseau d'approvisionnement en eau souterraines du territoire du PACES-NEBSL.

| MRC | Municipalité | Population totale | Consommation totale ($m^3$/an) | Source d'approvisionnement | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Surface (%) | Souterraine (%) |
| Rimouski-Neigette | Rimouski | 48 155 | 8 218 127 | 2 | 98 |
| | Saint-Narcisse | 1 100 | 90 829 | 2 | 98 |
| Les Basques | Saint-Clément | 500 | 75 760 | - | 100 |
| | Sainte-Françoise | 415 | 22 641 | - | 100 |
| | Saint-Jean-de-Dieu | 1 606 | 202 027 | 4 | 96 |
| | Saint-Mathieu-de-Rioux | 691 | 77 887 | - | 100 |
| | Saint-Simon | 446 | 61 507 | - | 100 |
| Matane | Matane | 14 600 | 9 418 118 | 62 | 38 |
| | Saint-René-de-Matane | 1 022 | 63 120 | - | 100 |
| La Mitis | Price | 1 742 | 255 779 | - | 100 |
| | Sainte-Angèle-de-Mérici | 1 068 | 232 163 | - | 100 |
| | Sainte-Luce | 3 000 | 571 519 | 14 | 86 |
| | Saint-Octave-de-Métis | 516 | 115 954 | 16 | 84 |

**MÉTHODE**

Les données de consommation d'eau ont été en partie recueillies via un sondage. Dans un premier temps les municipalités inclues dans le territoire du PACES-NEBSL ont été contactées afin de connaitre leur source d'approvisionnement en eau (souterraine ou de surface) ainsi que pour savoir si elles avaient un réseau de distribution. Dans un deuxième temps, ces appels visaient aussi à identifier les entreprises présentes sur le territoire municipal. Ces dernières ont ensuite été contactées une à une afin d'obtenir de l'information sur leur consommation d'eau. Ce sondage nous a permis d'amasser la majorité de l'information relatives à la consommation résidentielle et pour les industries, commerces et institutions (ICI). Certaines municipalités n'ayant pu être rejointes où ne pouvant nous donner accès à ce type d'information, des données provenant du MDDELCC et de Statistique Canada ont aussi été compilées. En ce qui concerne la consommation d'eau en lien avec le milieu agricole, les données proviennent du ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ).

PACES NEBSL
PROGRAMME D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES NORD-EST DU BAS-SAINT-LAURENT

## Utilisation de l'eau

**Type d'approvisionnement**

- Municipalité désservie par un réseau externe
- aucun réseau
- réseau: eau de surface
- réseau: eau souterraine
- réseau: mixte

Chute-aux-Outardes
Pointe-aux-Outardes
Pessamit
Colombier
Forestville
Portneuf-sur-Mer
Longue-Rive
Les Escoumins
Essipit
Fleuve Saint-Laurent
N
Cap-Chat
Grosses-Roches
Les Méchins
Sainte-Félicité
Saint-Jean-de-Cherbourg
Saint-Adelme
Matane
Saint-René-de-Matane
Saint-Ulric
Saint-Léandre
Baie-des-Sables
Métis-sur-Mer
Saint-Damase
Sainte-Paule
Saint-Vianney
Grand-Métis
Sainte-Flavie
Saint-Octave-de-Métis
Price
Mont-Joli
Padoue
Saint-Noël
Sayabec
Lac-Matapédia
Saint-Tharcisius
Saint-Joseph-de-Lepage
Sainte-Luce
Saint-Moïse
Val-Brillant
Sainte-Angèle-de-Mérici
Saint-Donat
Saint-Cléophas
Saint-Alexandre-des-Lacs
Amqui
Lac-Casault
Sainte-Jeanne-d'Arc
Saint-Anaclet-de-Lessard
Saint-Gabriel-de-Rimouski
La Rédemption
Sainte-Irène
Lac-au-Saumon
Rimouski
Lac-Alfred
Saint-Léon-le-Grand
Causapscal
Les Hauteurs
Saint-Marcellin
Saint-Charles-Garnier
Albertville
Sainte-Marguerite-Marie
Lac-à-la-Croix
Saint-Zénon-du-Lac-Humqui
Sainte-Florence
Saint-Fabien
Saint-Valérien
Saint-Eugène-de-Ladrière
Saint-Narcisse-de-Rimouski
Rivière-Vaseuse
Saint-Simon
Saint-Mathieu-de-Rioux
Routhierville
Lac-des-Eaux-Mortes
Rivière-Patapédia-Est
Pointe-à-la-Croix
Trois-Pistoles
Lac-Boisbouscache
La Trinité-des-Monts
Notre-Dame-des-Neiges
Sainte-Françoise
Saint-Médard
Lac-Huron
Saint-André-de-Restigouche
Listuguj
Saint-Éloi
Saint-Guy
Esprit-Saint
Ruisseau-Ferguson
Ristigouche-Partie-Sud-Est
Saint-Jean-de-Dieu
L'Isle-Verte
Lac-des-Aigles
Saint-François-d'Assise
Saint-Alexis-de-Matapédia
Saint-Paul-de-la-Croix
Sainte-Rita
L'Ascension-de-Patapédia
Cacouna
Saint-Arsène
Saint-Clément
Biencourt
NOUVEAU-BRUNSWICK
Saint-Épiphane
Saint-Cyprien
Saint-Michel-du-Squatec
Saint-François-Xavier-de-Viger
Saint-Modeste
0 10 20 km

Figure 26. Type d'approvisionnement des municipalités du PACES-NEBSL.

# QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

Les critères utilisés pour définir la qualité de l'eau souterraine proviennent des *Recommandations sur la qualité de l'eau potable au Canada* du Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable (Santé Canada, 2014) et des normes de potabilité du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (RQEP), en vigueur depuis 2001. Les critères de potabilité sont donc séparés en deux groupes, soit les objectifs esthétiques (OE) qui concernent principalement le goût, l'odeur et la couleur de l'eau, et les concentrations maximales acceptables (CMA) qui sont liés aux risques encourus pour la santé humaine, par l'ingestion d'eau contenant des contaminants d'ordre naturels ou anthropiques.

Tableau 6**.** Statistiques sur les dépassements des critères d'eau potables (objectifs esthétiques et concentrations maximales acceptables pour la santé) dans les aquifères fracturés et granulaire du nord-est du Bas-Saint-Laurent.

| Paramètres | Critères (mg/l) | Aquifère fracturé (110 puits) | | Aquifère granulaire (54 puits) | | Total (164) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nombre de dépassements | % | Nombre de dépassements | % | Nombre de dépassements | % |
| **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES** | | | | | | | |
| Aluminium | 0,1 | **1** | **0,9** | **2** | **3,7** | **3** | **1,8** |
| Chlorures | 250 | **8** | **7,3** | **1** | **1,9** | **9** | **5,5** |
| Cuivre | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fer | 0,3 | **12** | **10,9** | **4** | **7,4** | **16** | **9,8** |
| Manganèse | 0,05 | **26** | **23,6** | **15** | **27,8** | **41** | **25** |
| Sodium | 200 | **6** | **5,5** | **2** | **3,7** | **8** | **4,9** |
| Sulfates | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sulfures | 0,05 | **3** | **2,7** | **1** | **1,9** | **4** | **2,4** |
| Zinc | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH | 6,5 à 8,5 | **24** | **21,8** | **9** | **16,7** | **33** | **20,1** |
| **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES** | | | | | | | |
| Antimoine | 0,006 | 0 | 0 | **1** | **1,9** | **1** | **0,6** |
| Arsenic | 0,01 | **1** | **0,9** | **1** | **1,9** | **2** | **1,2** |
| Baryum | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bore | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cadmium | 0,005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chrome | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fluorures | 1,5 | **4** | **3,6** | **2** | **3,7** | **6** | **3,7** |
| Nitrates | 10 | **4** | **3,6** | **1** | **1,9** | **5** | **3,0** |
| Plomb | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sélénium | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Uranium | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

## OBJECTIF ESTHÉTIQUE

La Figure 27 présente tous les dépassements liés aux objectifs esthétiques sur le territoire. Dans la région, les paramètres qui sont le plus fréquemment au-dessus de la limite recommandée, sont le Manganèse, le pH et le fer. Des dépassements en chlore, sulfures et en aluminium ont aussi été observés en moindre mesure.

Manganèse : les concentrations sont au-dessus de la limite dans 25% des puits de la région. Les désagréments associés à l'excès de manganèse sont pour le moment principalement liés à la couleur de l'eau qui devient noirâtre et qui peut par conséquent tâcher les vêtements lors de la lessive par exemple.

Fer : on retrouve des dépassements dans 10% des puits échantillonnés. Les désagréments causés par le fer sont dans le même ordre que ceux du manganèse, sauf que la coloration de l'eau est rougeâtre.

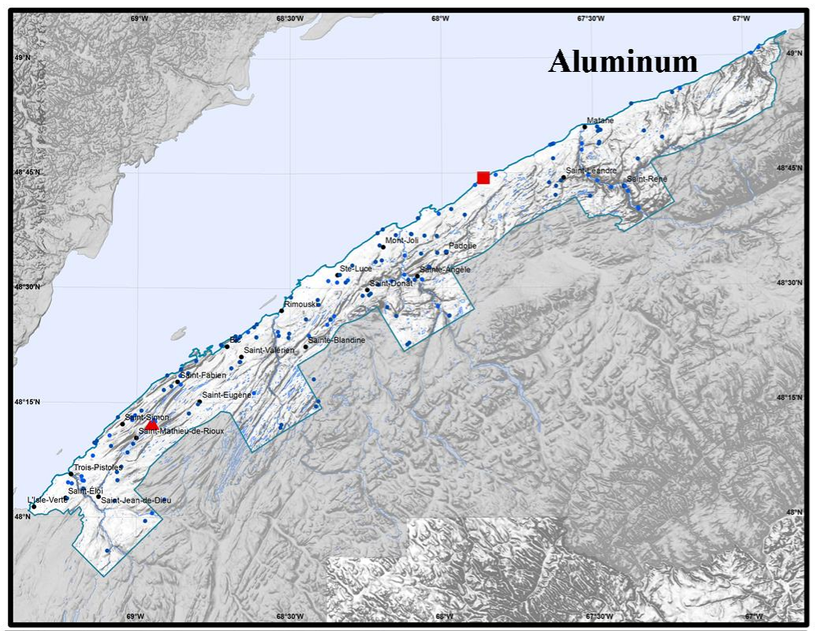
pH : dans 20% des puits, les valeurs sont au-dessus (> 8,5) ou en-dessous (< 6,5) de ce qui est recommandé par Santé Canada. Un pH acide ou alcalin peut avoir une incidence sur les concentrations des autres paramètres ainsi que sur la formation de différents composés, comme le sulfure d'hydrogène gazeux formé lorsque qu'une eau est contaminée par le souffre en présence d'un pH acide, donc l'eau dégagera une odeur d'œufs pourris (Santé Canada, 2014). Les dépassements concernant le pH sont présentés sur la Figure 28.

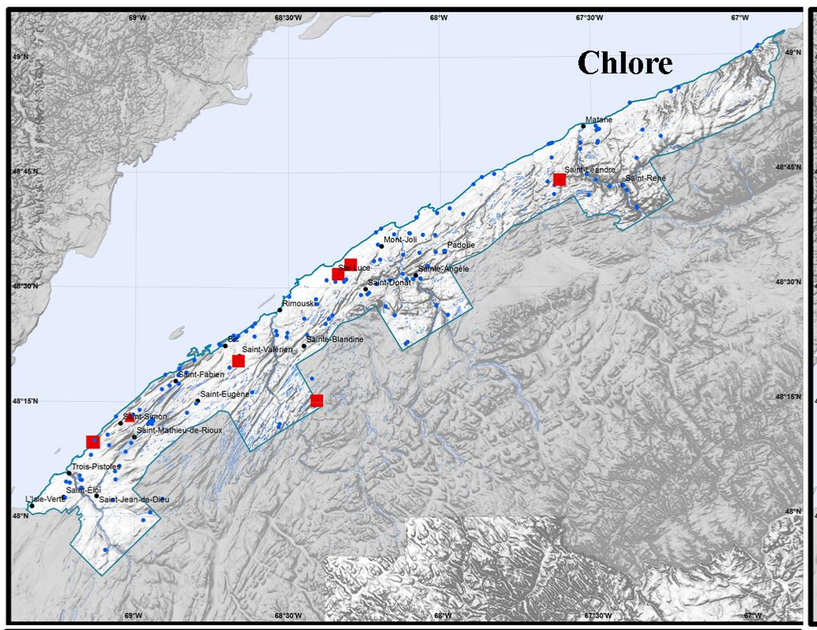
## CONCENTRATION MAXIMALE ACCEPTABLE

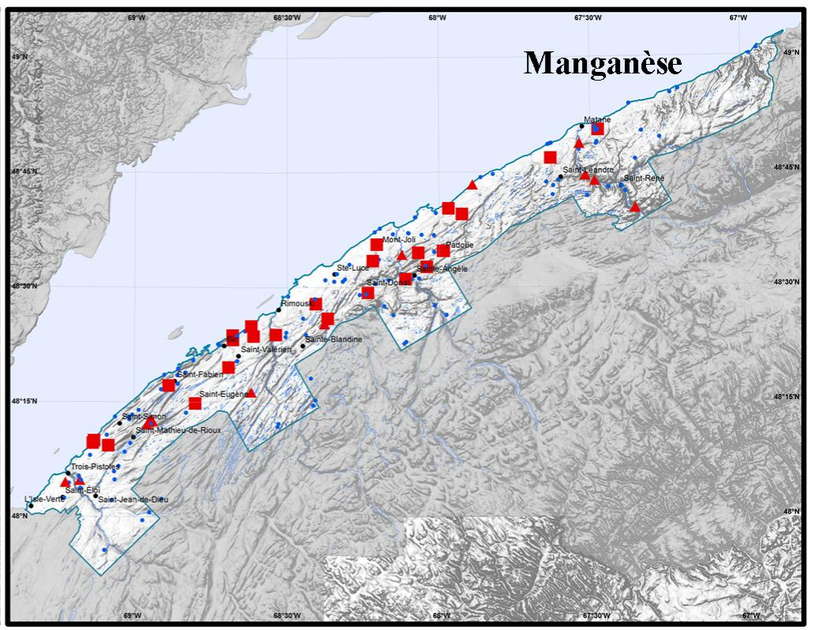
En ce qui a traits aux normes sur les concentrations maximales acceptables en regard à la santé humaine, les dépassements sont présentés sur la Figure 29. 16 dépassements ont été recensés à travers les 164 puits échantillonnés. Les paramètres concernés sont le fluor, les nitrites-nitrates, l'arsenic et l'antimoine. Le fluor et les nitrites-nitrates sont les paramètres le plus souvent en excès sur le territoire.

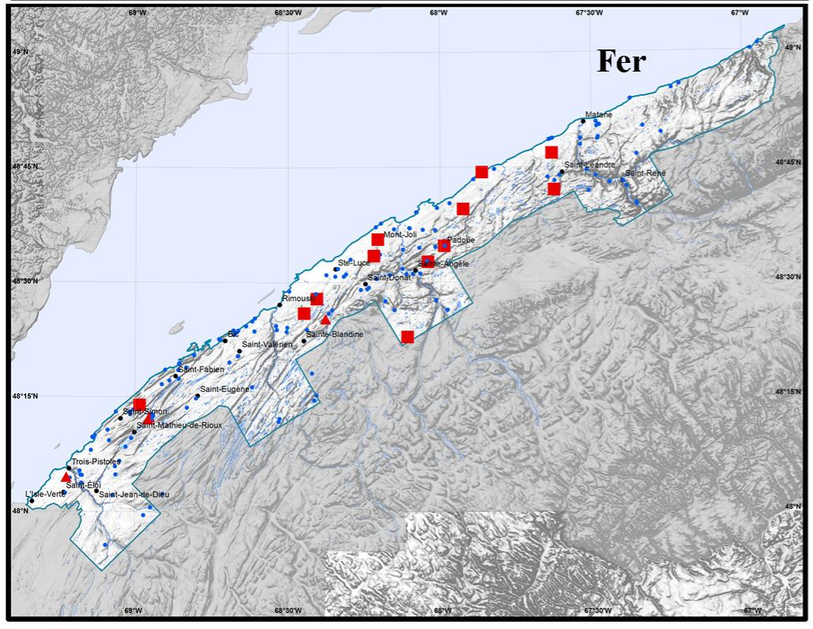
Fluor : en faible dose il peut être bénéfique pour la santé, entre autre pour la prévention de la carie dentaire, mais en trop grande quantité il peut aussi causer des fluoroses dentaires et/ou squelettiques (santé canada, 2014). Les six puits ayant des dépassements en fluor sont en contexte semi-captif ou captif, ce qui laisse penser que la présence du Fluor est d'origine naturelle.

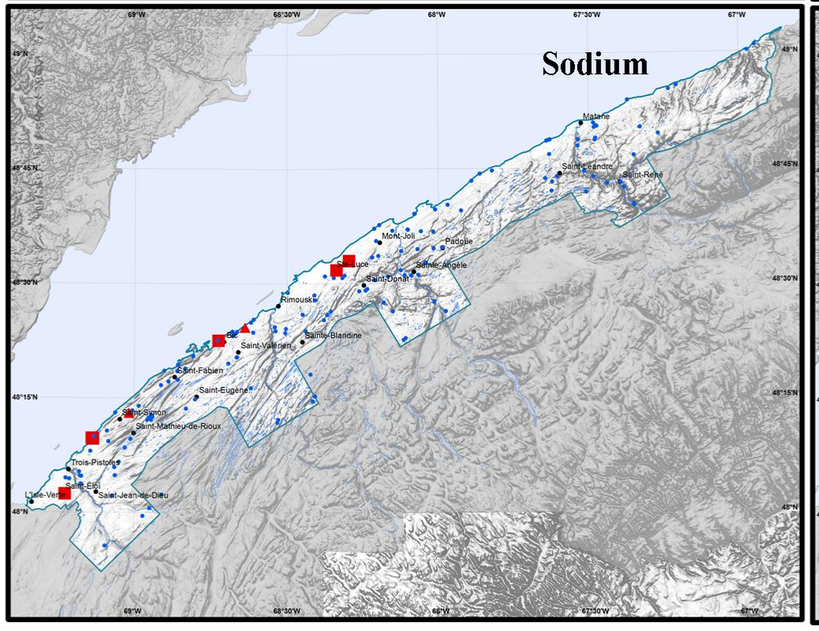
Nitrites-nitrates : on retrouve des dépassements dans six puits situés en contexte de nappe libre, ce qui laisse supposer une contamination d'origine anthropique. Les nitrites-nitrates d'origine anthropique sont fréquemment associés à l'agriculture et aux traitements des eaux usées. Une exposition prolongée à des concentrations élevées en nitrites-nitrates peut entrainer des dommages sur la santé, dont la méthémoglobinémie (Santé Canada, 2014).



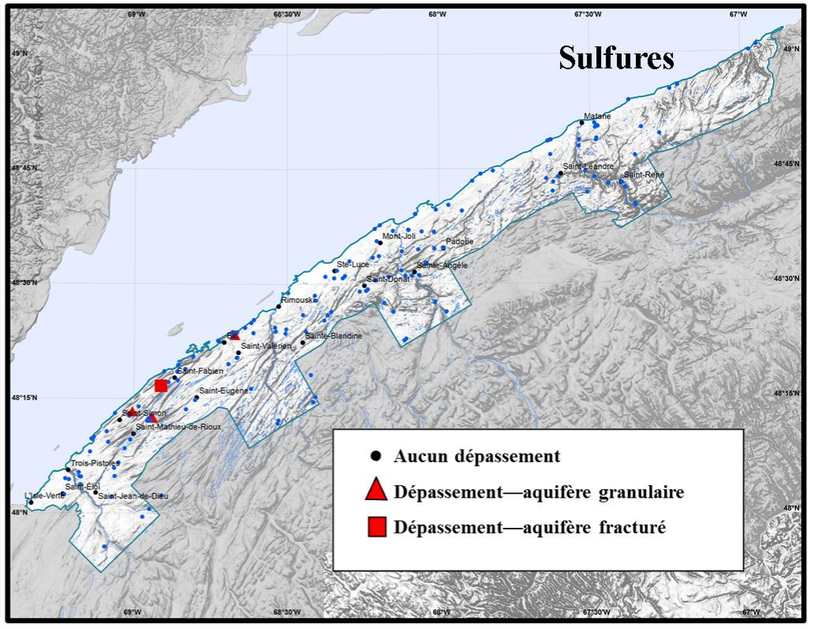




Figure 27. Distribution spatiale des dépassements liés aux objectifs esthétiques et aux concentrations maximales acceptables.

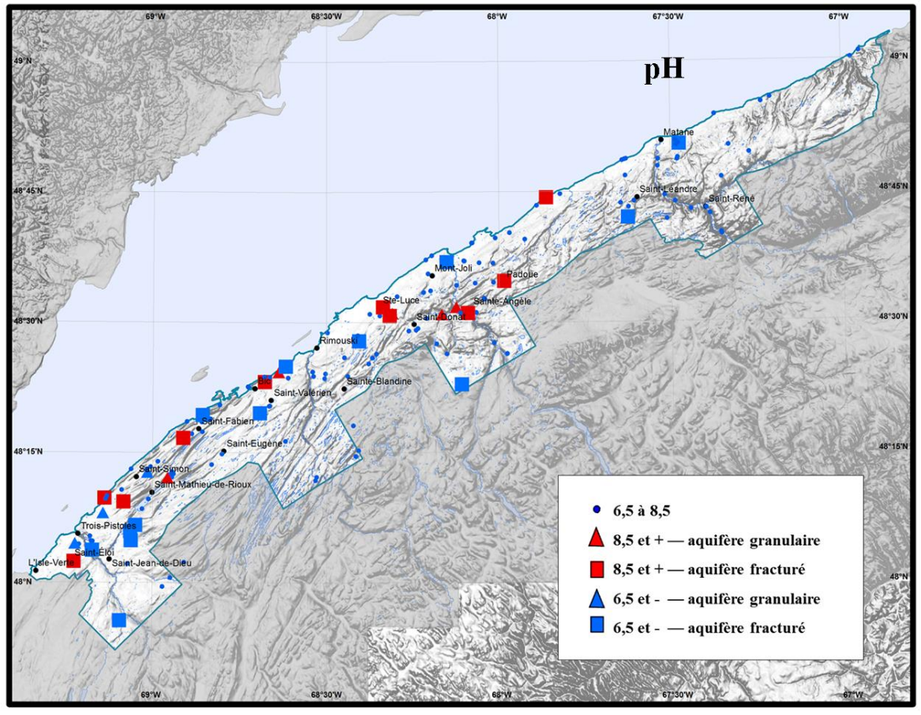
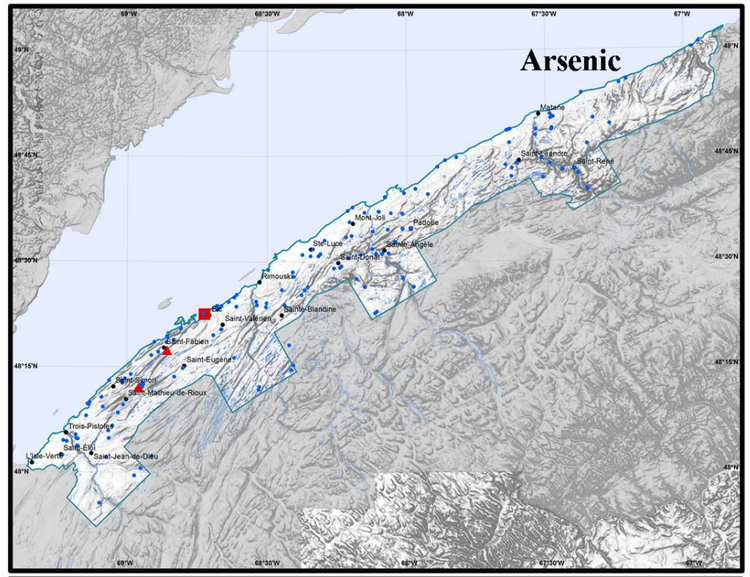
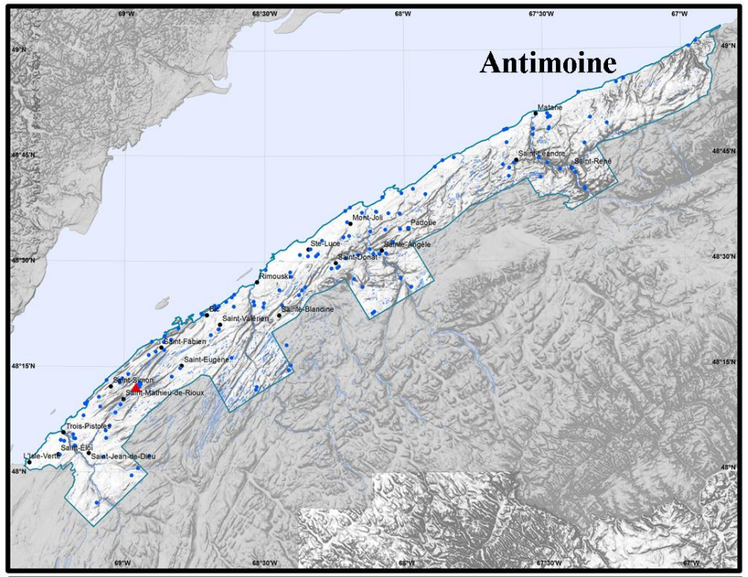
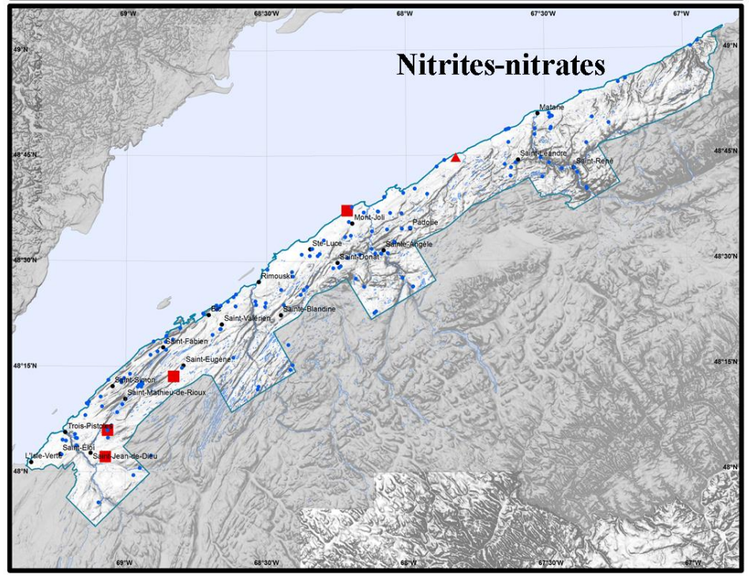



Figure 28. Distribution spatiale des dépassements liés au pH.



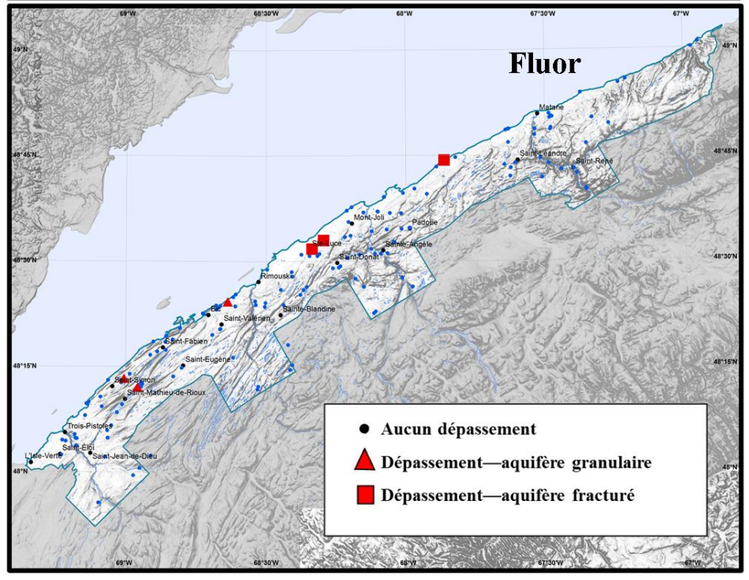




Figure 29. Distribution spatiale des dépassements liés aux concentrations maximales acceptables (CMA).

# ACTIVITÉS ANTHROPIQUES POTENTIELLEMENT POLLUANTES

Les activités anthropiques représentent une source de contamination potentielle des aquifères. Les différentes activités pouvant potentiellement exercer une pression sur la qualité de la ressource eau souterraine ont été recensé sur l'entièreté du territoire à l'étude. Cette potentielle pression peut être exacerbée de par la nature des activités anthropiques, mais aussi par leurs densités dans un espace donné

**MÉTHODE**

Le risque de contamination potentielle est établi selon le système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) pour chaque type d'activité énuméré dans la base de données des codes d'utilisation des biens-fonds (CUBF). Ce risque est fonction de quatre facteurs : la **toxicité**, la **quantité** et la **récurrence** de contaminants ainsi que la **zone d'impact de l'activité**. Le risque lié à l'activité se décline sur une échelle pondéré de 7 à 48, qui comprend quatre classes : faible, modéré, élevé et très élevé.

Pour ce livrable deux indices ont été calculé, l'un concernant les sources de contaminations potentielles ponctuelles et l'autre les sources de contamination potentielles diffuses. Il a été décidé de représenter de manière régionale la pression générée par les différentes activités en tenant compte de la densité de ces dernières sur le territoire et de ne pas représenter les activités potentiellement polluantes de manière individuelle. Ce choix fut fait entre autre pour des raisons de confidentialité, mais aussi à cause des incertitudes qui demeurent quant à l'exactitude des données concernant ces activités.

**SOURCES DE CONTAMINATIONS POTENTIELLES PONCTUELLES**

Cet indice représente la densité des activités anthropiques pondérée en fonction du risque potentiel de contamination lié à cette activité (Figure 30). Il est important de mentionner que cet indice doit être utilisé à titre indicatif seulement. Avant d'entreprendre des démarches pour juger ou non du potentiel contaminant d'une activité sur un secteur, il serait essentiel de valider le type d'activité ainsi que la vulnérabilité de l'aquifère calculée à l'aide de l'indice DRASTIC.

On remarque une corrélation entre le niveau de l'indice et la densité de population. Les endroits les plus peuplés étant ceux où l'on retrouve le plus grand nombre d'activités susceptibles de contaminer l'eau souterraine (zones portuaires, industries de pâte et papier, industrie de transformation alimentaire, de gestion des déchets, etc.). Aussi il est intéressant de noter que ces zones correspondent aux endroits où l'indice DRASTIC est le plus faible.

**SOURCES DE CONTAMINATIONS POTENTIELLES DIFFUSES**

Le second indice a été calculé pour les sources de contaminants d'origine diffuse, dans ce cas-ci, uniquement les activités agricoles ont été représentées (Figure 31). Les routes et les fosses septiques ont été exclues car elles ont un potentiel de contamination trop local pour être représenté à une échelle régionale. Les activités agricoles sont relativement présentes sur l'ensemble du territoire sans être très denses. La densité de fermes sur le territoire varie de 0 à 2,7 fermes par $km^2$. Les fermes sont principalement concentrées dans la partie nord du territoire en bordure du fleuve, où les sols sont les plus fertiles. La plus forte concentration de ferme se trouve entre l'Iles Verte et Baie-des-Sables. Les hautes terres et l'extrême Est du territoire, qui sont des zones plus forestières, avec des sols peu épais, sont moins propices à l'agriculture.

PACES NEBSL
PROGRAMME D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES NORD-EST DU BAS-SAINT-LAURENT

## Activités potentiellement polluantes (ponctuelles)

**Densité des activités pondérées en fonction du risque**

*Nb / km²*

Maximum 0,8

Minimum : 0

N

Fleuve Saint-Laurent

Les Méchins
Matane
Saint-René-de-Matane
Mont-Joli
Padoue
Sainte-Luce
Sainte-Angèle-de-Mérici
Saint-Donat
Rimouski
Saint-Fabien
Saint-Simon
Saint-Eugène-de-Ladrière
Trois-Pistoles

NOUVEAU-BRUNSWICK

0 10 20 km

Figure 30. Activités potentiellement polluantes ponctuelles

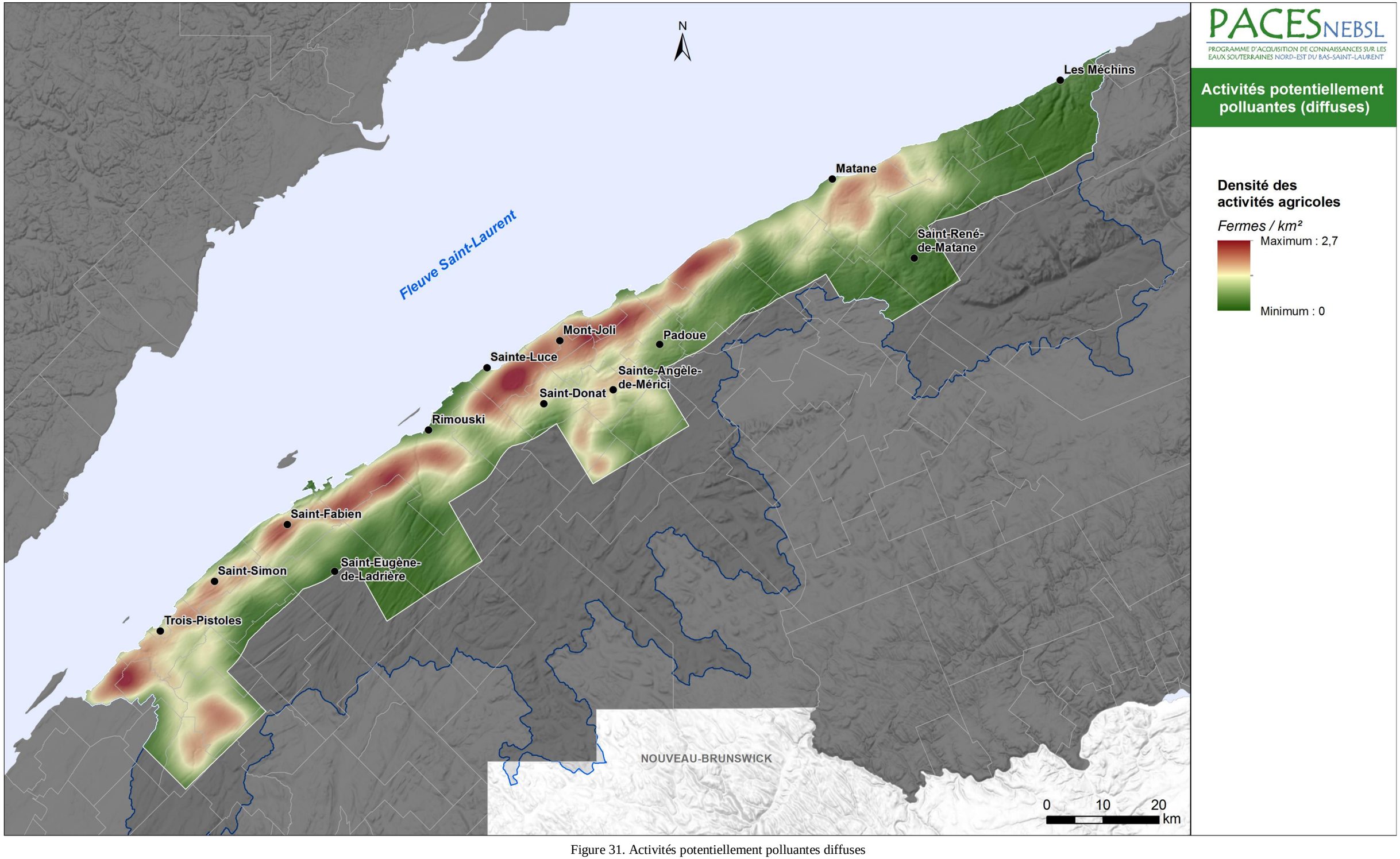



Figure 31. Activités potentiellement polluantes diffuses

# 5) SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE

La compilation des informations stratigraphiques, géochimiques et hydrogéologiques au moyen d'une coupe conceptuelle permet de synthétiser les caractéristiques hydrogéologiques du territoire à l'étude. La Figure 32 reprend la coupe géologique Saint-Gabriel-Sainte-Luce C-C' (figure 9) modifiée afin d'illustrer un modèle conceptuel de l'hydrogéologie régionale.

**LES HAUTES-TERRES**

Les Hautes Terres représentent la majorité du territoire du PACES-NEBSL (73%). La couverture de dépôts meubles correspond majoritairement à du till discontinu de faible épaisseur. L'aquifère régional rocheux est principalement à nappe libre dans ce contexte, mise à part quelques secteurs semi-captif où le till est plus épais. Les Hautes-Terres sont la principale zone de recharge du territoire à l'étude. On y retrouve aussi des aquifères granulaires locaux de surface de faibles dimensions et de faible puissance saturée qui sont souvent utilisés comme source d'approvisionnement par des particuliers par l'aménagement de puits de surface (fontaines). Les résultats du bilan hydrique spatialisé indique que la recharge dans les Hautes-Terres est de significative à élevée (200 à 400 mm/an). Les écoulements suivent la topographie développant des écoulements locaux et intermédiaires, alors qu'une partie de l'eau souterraine atteint l'écoulement régional profond symbolisé par la flèche au trait continu sur la Figure 31. La vulnérabilité de l'aquifère rocheux sur le territoire des Hautes Terres est de moyenne à significative (100 à 180). Les essais de pompage réalisés dans le cadre du projet indiquent que l'aquifère régional rocheux fourni des débits de l'ordre de 3 à 5 gallons/minute pour des puits de 30 à 47 m de profondeur dans le roc. Cet ordre de débits peut répondre relativement bien aux besoins d'une maison unifamiliale, mais est beaucoup trop faible pour envisager l'alimentation d'une petite municipalité. Les formations schisteuses composent la majorité des aquifères rocheux des Hautes-Terres, mais au sud de la faille de Neigette, on retrouve des formations de calcaire, de grès et de conglomérat. L'eau souterraine des hautes-Terres a majoritairement une signature géochimique associée à une recharge récente provenant des précipitations et de la fonte des neiges. La qualité de l'eau y est généralement bonne, mais des dépassements des objectifs esthétiques (OE) et des concentrations maximales acceptables (CMA) ont été notés. Les paramètres liés aux OE qui sont le plus fréquemment au-dessus de la limite recommandée sont le manganèse, le pH et le fer. Concernant les concentrations maximales acceptables (CMA), Les paramètres concernés sont principalement pour les fluorures et les nitrites-nitrates, mais également pour l'arsenic, l'antimoine et le baryum.

**LA PLAINE CÔTIÈRE**

La Plaine Côtière est caractérisée par une couverture quasi-continue de dépôts marins et littoraux généralement épais. Ces derniers comblent les sillons appalachiens et la plupart des vallées alluviales. Dans les secteurs de Notre-Dame-des-Neiges, Rimouski, Luceville, Mont-Joli et Sainte-Flavie, les sédiments marins d'eaux profondes et les sédiments littoraux forment de vastes plaines organisées en terrasses. Ces terrasses sont constituées de sable et gravier reposant sur des sédiments argileux, qui eux reposent directement sur le roc. Ces formations perméables de surface sont généralement de faible puissance saturée, mais sont tout de même fréquemment utilisées pour y aménager des puits de surface. On retrouve aussi cette séquence typique témoignant de l'invasion de la mer de Goldthwait dans les sillons appalachiens, commele long de la route 132 dans les secteurs de Saint-Simon et de Saint-fabien, et dans la majorité des vallées alluviales. Ce type de contexte peut aussi localement des aquifères granulaires captifs, comme dans le sillon de Saint-Simon, dans les vallées des rivières Sud-Ouest, Mitis et Neigette. Les principaux deltas fluvioglaciaires du territoire (Trois-Pistoles, Saint-Fabien, Bic, Luceville et Price) témoignent aussi de l'invasion marine par la mer de Goldthwait. Ces imposants corps sédimentaires sont majoritairement constitués de sable et gravier. Malgré leur épaisseur pouvant dépasser 30 m, certains de ces complexes n'ont pas un bon potentiel aquifère en raison de leur faible puissance saturée. Toutefois, quelques-uns comme celui de Luceville et de Price répondent aux besoins d'approvisionnement de leur municipalité. Compte tenu de l'épaisseur des sédiments argileux qui recouvrent la Plaine Côtière, la recharge de l'aquifère rocheux est très faible voire nulle, à certains endroits. Ces sédiments contribuent aussi grandement à diminuer la vulnérabilité de l'aquifère rocheux face à une potentielle contamination de surface. Les aquifère granulaires à nappe libre de la Plaine Côtière sont caractérisés par une eau associée à une recharge récente. À proximité de l'estuaire maritime, quelques échantillons provenant de l'aquifère rocheux à nappe libre indique une eau un peu plus salée sans pour autant être de l'eau marine, mais qui est beaucoup plus imputable à l'évolution de l'eau à travers les écoulements profonds des Hautes-Terres vers l'estuaire maritime.

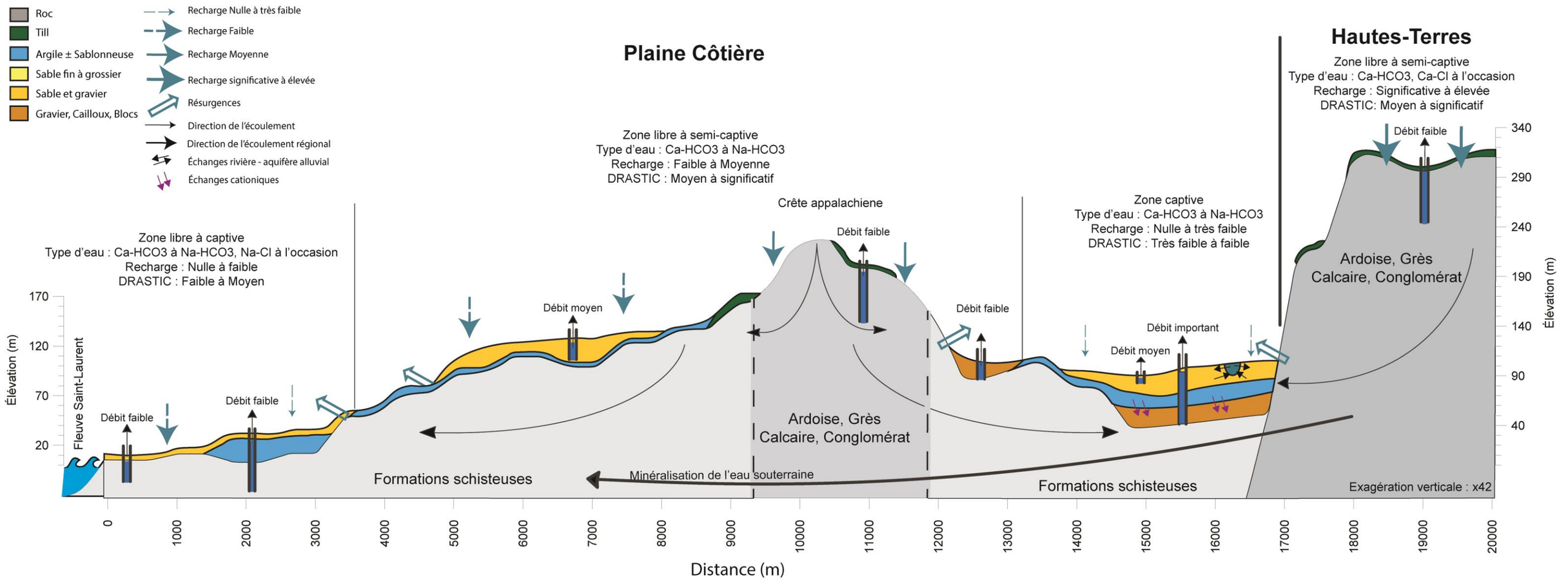



Figure 32. Synthèse hydrogéologique régionale

# 6) CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les connaissances sur les eaux souterraines étaient minimales et fragmentaires dans le Bas-Saint-Laurent. Les résultats présentés dans ce rapport sont ceux de trois années de travail en collaboration avec de nombreux partenaires provinciaux, régionaux et institutionnels. Les résultats de ce projet proviennent également de la participation active des citoyens du Nord-Est du Bas St-Laurent qui ont donné accès non seulement à leurs puits pour l'échantillonnage, mais aussi à leur terrain pour l'installation de piézomètres et la réalisation de divers. **L'objectif du PACES-NEBSL était de compiler, d'uniformiser, d'actualiser et de bonifier les connaissances sur les eaux souterraines de la région du nord-est du Bas-Saint-Laurent**. Plus spécifiquement, le PACES-NEBSL visait 1) à dresser un portrait de l'eau souterraine du territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent en termes de qualité, quantité et vulnérabilité, 2) à développer une expertise en hydrogéologie à l'UQAR en formant du personnels hautement qualifiés pour l'acquisition et le développement de connaissances en hydrogéologie, et finalement 3) à assurer la transmission de ces connaissances aux partenaires régionaux.

## QUANTITÉ D'EAU SOUTERRAINE

Les aquifères granulaires productifs et de dimensions appréciables pour l'approvisionnement municipale sont peu nombreux et très circonscrits sur le territoire du Nord-Est du Bas-Saint-Laurent. Il est donc recommandé de continuer d'assurer leur protection par un suivi des activités se déroulant dans les zones d'alimentation et par un suivi des niveaux piézométriques.

Il est recommandé de mieux intégrer les connaissances acquises lors du PACES-NEBSL lors de la planification de l'aménagement du territoire; par exemple, i) considérer le rôle du développement urbain et des activités anthropiques sur l'imperméabilisation des zones de recharge; ou encore ii) considérer l'impact du développement agricole (drainage, épandages de produits chimiques, etc.) et forestier sur la qualité des eaux souterraines. Ces connaissances devraient être intégrées par les instances impliquées dans la gestion du territoire et de la ressource.

## QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

Il est recommandé d'encadrer toute activité susceptible d'affecter la qualité de l'aquifère alluvial de Matane en raison de sa grande vulnérabilité DRASTIC.

Le PACES-NEBSL a relevé des dépassements tant pour les critères esthétiques que pour les concentrations maximales acceptables pour la santé humaine. Ainsi il est recommandé de créer une base de données de la qualité de l'eau souterraine centralisée au MDDELCC pour chacun des puits qui est foré, au même titre que la base de données du SIH

## VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

Les cartes émanant du projet PACES-NESBL illustrent les composantes hydrogéologiques à l'échelle régionale. Elles ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions hydrogéologiques à l'échelle locale. **Il est fortement recommandé d'éviter l'inférence à l'échelle locale d'informations générées à l'échelle régionale.**

Il est recommandé de réaliser une étude complémentaire à l'échelle locale avant tout nouveau projet d'exploitation de l'eau souterraine ou activité susceptible d'avoir un impact sur la quantité et la qualité la ressource.