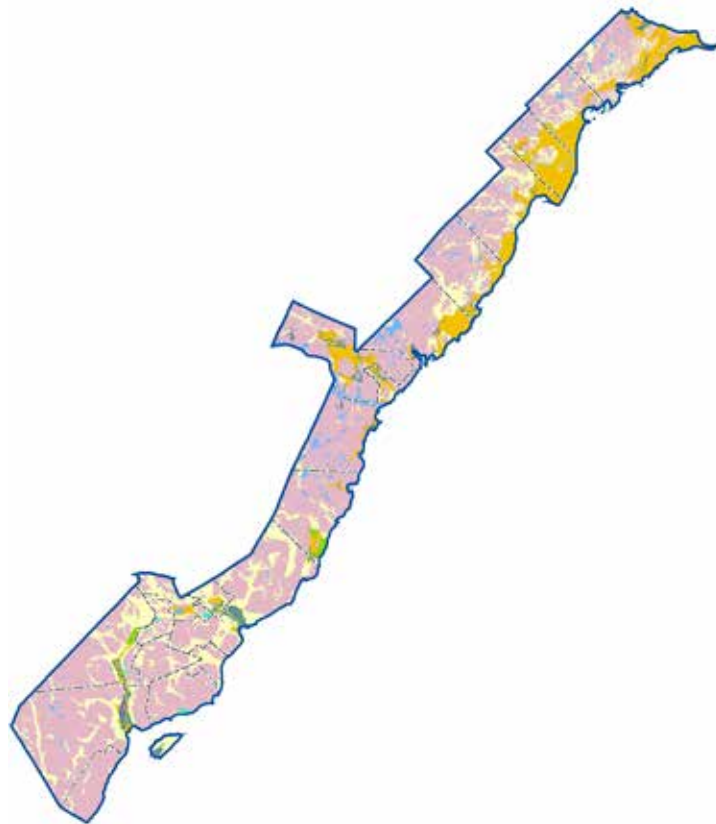


# ATELIER A

## Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques

---

Charlevoix - Haute-Côte-Nord



CAHIER DU PARTICIPANT

Septembre 2017

---



Cet atelier de transfert des connaissances issues du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines des territoires municipalisés de Charlevoix, de Charlevoix-Est et de La Haute-Côte-Nord (PACES-CHCN) est rendu possible grâce au financement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), les chercheurs du Centre d'études sur les ressources minérales (CERM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et la Chaire de recherche Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) en écologie du paysage et aménagement :

- Alain Rouleau, professeur, UQAC, co-coordonnateur du PACES-CHCN
- Mélanie Lambert, professionnelle de recherche, UQAC, équipe de recherche du PACES-CHCN
- Julien Walter, étudiant au doctorat, UQAC, équipe de recherche du PACES-CHCN
- Yohann Tremblay, agent de transfert du RQES, préparation et animation de l'atelier
- Miryane Ferlatte, coordonnatrice scientifique du RQES, organisation et animation de l'atelier
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert du RQES, animation de l'atelier
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conception de l'atelier

## Références à citer

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

*CERM-PACES, 2015. Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de Charlevoix, Charlevoix-Est et La Haute-Côte-Nord. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.*

L'ensemble des informations sur les notions hydrogéologiques fondamentales provient d'un travail de vulgarisation réalisé par un comité de travail du RQES. Toute utilisation de ces notions doit être citée comme suit :

*Ferlatte, M., Tremblay, Y., Rouleau, A. et Larouche, U. F. 2014. Notions d'hydrogéologie - Les eaux souterraines pour tous. Première Édition. Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES). 63 p.*

Le présent document résulte d'un travail de vulgarisation des connaissances sur les eaux souterraines issues du PACES-CHCN :

*Tremblay, Y., Ruiz, J., Lambert, M. 2017. Atelier A - Familiarisation avec les connaissances sur les eaux souterraines de Charlevoix-Haute-Côte-Nord, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAC et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.*



Ce document est sous licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions 4.0 International. Pour accéder à une copie de cette licence, merci de vous rendre à l'adresse suivante <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envoyez un courrier à Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Les organisateurs de l'atelier

---

## **Le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES)**

Le RQES a pour mission de consolider et d'étendre les collaborations entre les équipes de recherche universitaire et le MDDELCC d'une part, et les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, les consultants, les établissements d'enseignement et autres organismes intéressés au domaine des eaux souterraines au Québec, en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

- Identifier les besoins des utilisateurs en matière de recherche, d'applications concrètes pour la gestion de la ressource en eau souterraine, et de formation;
- Faciliter le transfert des connaissances acquises vers les utilisateurs afin de soutenir la gestion et la protection de la ressource;
- Servir de support à la formation du personnel qualifié dans le domaine des eaux souterraines pouvant répondre aux exigences du marché du travail actuel et futur en recherche, en gestion et en consultation.

**Pour en savoir plus :** [rqes.ca](http://rqes.ca)

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

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

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

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

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

**Pour en savoir plus :** [cerm.uqac.ca](http://cerm.uqac.ca)

# Table des matières

---

Index des notions clés	7
Guide de lecture du cahier des participants	8
Votre équipe de formation	9
<b>1. Les notions hydrogéologiques fondamentales</b>	<b>11</b>
Nappe, aquifère et aquitard	12
Différents types d'aquifères	13
Types de dépôts meubles	14
Conditions de confinement	15
Piézométrie	16
Recharge et résurgence	16
Vulnérabilité de l'eau souterraine	17
Qualité de l'eau	18
<b>2. Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine</b>	<b>19</b>
Résumé du PACES Charlevoix-Haute-Côte-Nord	20
Les limites générales de l'étude	21
Utilisation de l'eau souterraine en Chaudière-Appalaches	21
<b>3. L'hydrogéologie de la Haute-Côte-Nord</b>	<b>23</b>
Épaisseur des dépôts meubles	24
Contextes hydrogéologiques	26
Limites hydrogéologiques régionales – milieux perméables et imperméables	28
Limites hydrogéologiques régionales – milieux semi-perméables	30
Piézométrie	32
Recharge et résurgence	34
Vulnérabilité	36
Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable	38
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	40
Exercice de synthèse 1	44
Exercice de synthèse 2	45
Exercice de synthèse 3	46

<b>4. L'hydrogéologie de Charlevoix</b>	<b>47</b>
Épaisseur des dépôts meubles	48
Contextes hydrogéologiques	50
Limites hydrogéologiques régionales – milieux perméables et imperméables	52
Limites hydrogéologiques régionales – milieux semi-perméables	54
Piézométrie	56
Recharge et résurgence	58
Vulnérabilité	60
Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable	62
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	64
Exercice de synthèse 1	68
Exercice de synthèse 2	69
Exercice de synthèse 3	70
Bibliographie	71
Mes notes personnelles	72

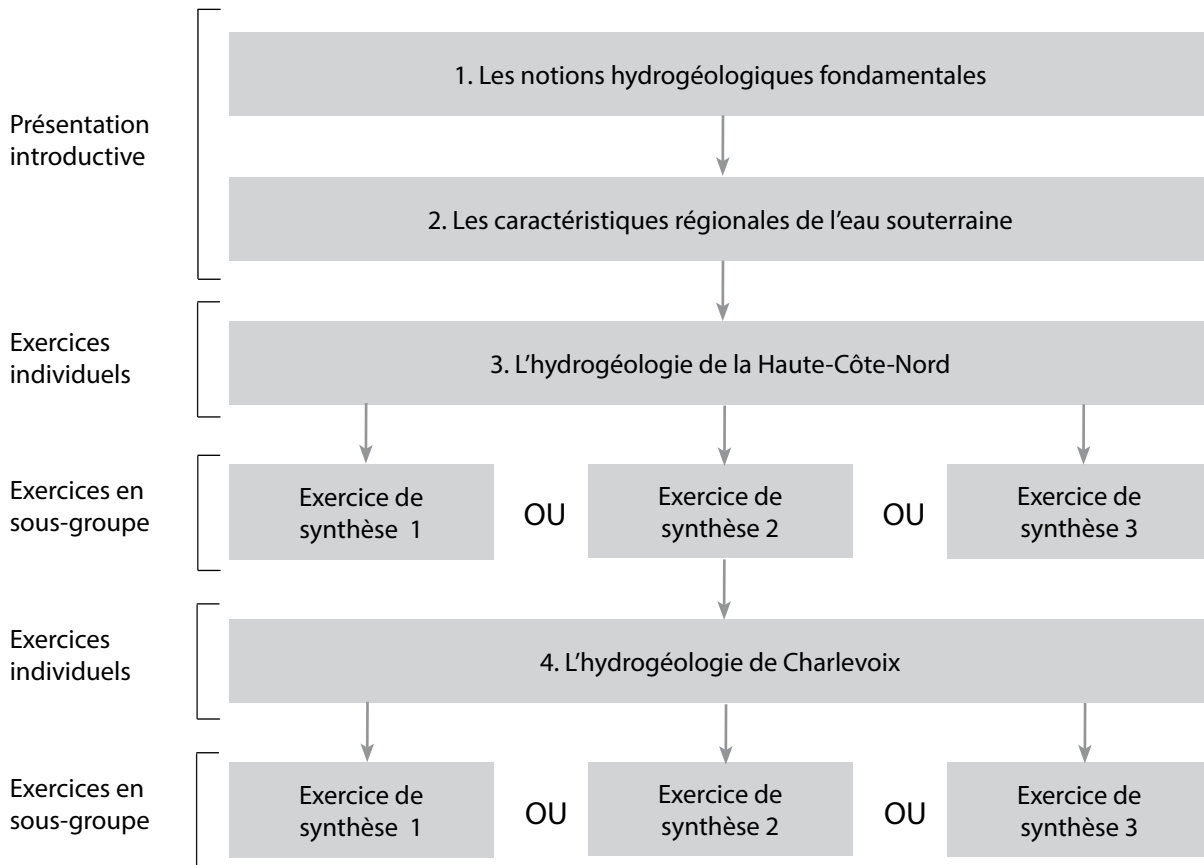
# Index des notions clés

---

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

# Guide de lecture du cahier du participant

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



## Tout au long du cahier



Définitions des **NOTIONS CLÉS** en hydrogéologie

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



### Exercices de compréhension des informations hydrogéologiques

Niveau de difficulté des questions :

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



# Votre équipe de formation

---

## Vos animateurs



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



**Anne-Marie Decelles**  
M.A. Développement régional  
Agente de transfert du RQES  
Département des sciences de  
l'environnement, Université du  
Québec à Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7  
819-376-5011 poste 3238  
Anne-Marie.Decelles1@uqtr.ca



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

## Vos experts en eaux souterraines



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



**Julien Walter**  
M.Sc.A.  
Étudiant au doctorat  
Centre d'études sur les ressources  
minérales, Université du Québec à  
Chicoutimi  
555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1  
418-545-5011 poste 2526  
Julien\_Walter@uqac.ca



**Mélanie Lambert**  
M.Sc. Sciences géomatiques  
Professionnelle de recherche et  
chargées de cours  
Centre d'études sur les ressources  
minérales, Université du Québec à  
Chicoutimi  
555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1  
418-545-5011 poste 2230  
melanie\_lambert@uqac.ca



# 1

## **Les notions hydrogéologiques fondamentales**



# NAPPE, AQUIFÈRE ET AQUITARD

L'**EAU SOUTERRAINE** est l'eau qui se trouve sous la surface du sol et qui remplit les espaces vides du milieu géologique.

## Définitions de base

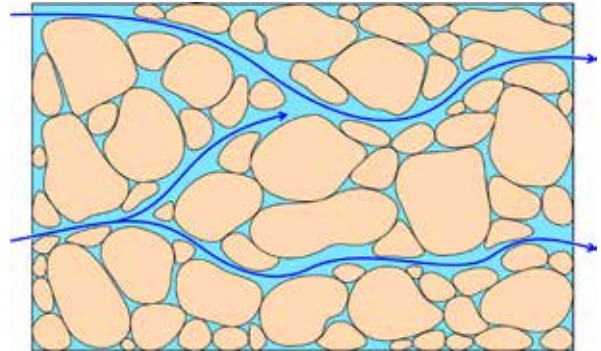
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.

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

La **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est l'habileté du milieu à transmettre l'eau.

- Plus les pores sont interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement.

Circulation de l'eau souterraine entre les pores



## NAPPE et AQUIFÈRE, de quoi parle-t-on ?

La **NAPPE** représente l'eau souterraine qui circule dans un aquifère.

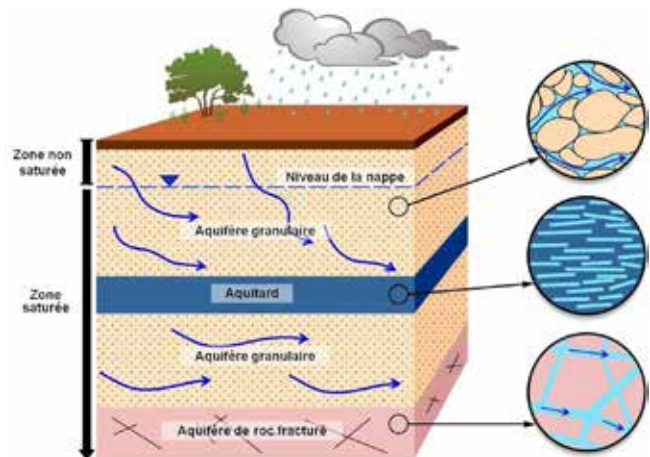
- C'est le **contenu**.

Un **AQUIFÈRE** est un milieu géologique perméable comportant une zone saturée qui permet le pompage de quantités d'eau appréciables à un puits ou à une source.

- C'est le **contenant**.

## Comment cela fonctionne-t-il ?

L'eau qui s'infiltre dans le sol percole verticalement et traverse la **zone vadose** (ou **zone non saturée**) pour atteindre la **nappe** phréatique (**zone saturée**), et ainsi contribuer à la **recharge** de l'aquifère. Comme pour l'eau en surface, l'eau souterraine s'écoule dans l'aquifère, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières.



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

L'**AQUITARD** est un milieu géologique très peu perméable, c'est-à-dire de très faible conductivité hydraulique, dans lequel l'eau souterraine s'écoule difficilement. Il agit comme **barrière naturelle** à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.



## DIFFÉRENTS TYPES D'AQUIFÈRES

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

Deux types de milieux géologiques constituent des aquifères :

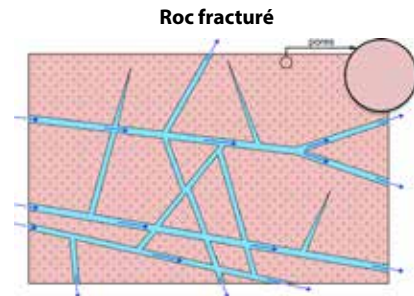
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la partie supérieure de la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

#### AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

Les **pores** de la roche contiennent de l'eau souterraine et forment ainsi un grand réservoir. Leur faible interconnexion ne permet cependant pas une circulation efficace de l'eau.

Les **fractures**, qui ne représentent en général qu'un faible pourcentage en volume par rapport aux pores, permettent toutefois une circulation plus efficace de l'eau, parfois suffisante pour le captage.

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



#### AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES

Lorsqu'un dépôt meuble est **constitué de particules grossières** (ex.: sables et graviers), il forme un **AQUIFÈRE**.

- Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.
- Des débits importants peuvent y être pompés à condition que l'épaisseur saturée soit suffisante.



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

- Plus les pores sont petits, moins l'eau est accessible et moins le dépôt meuble est perméable.







# TYPES DE DÉPÔTS MEUBLES

## SÉDIMENTS GLACIAIRES (TILL)

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

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

## SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Mis en place par les eaux de fonte, pendant la déglaciation. Comprend les eskers et la moraine de Saint-Narcisse.

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

## SÉDIMENTS MARINS, GLACIOMARINS ET GLACIOLACUSTRES

Mis en place dans la mer de Goldwaith ou dans des lacs alimentés par les eaux de fonte, pendant et après la déglaciation.

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

## SÉDIMENTS ALLUVIAUX

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

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

## SÉDIMENTS ÉOLIENS

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

- Composés sable — **aquifère.**

## SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides.

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

Till mince



Till continu



Sédiments fluvio-glaciaires



Argiles glaciomarines



Sédiments littoraux



Sédiments deltaïques



Sédiments alluviaux



Sédiments éoliens



Tourbe



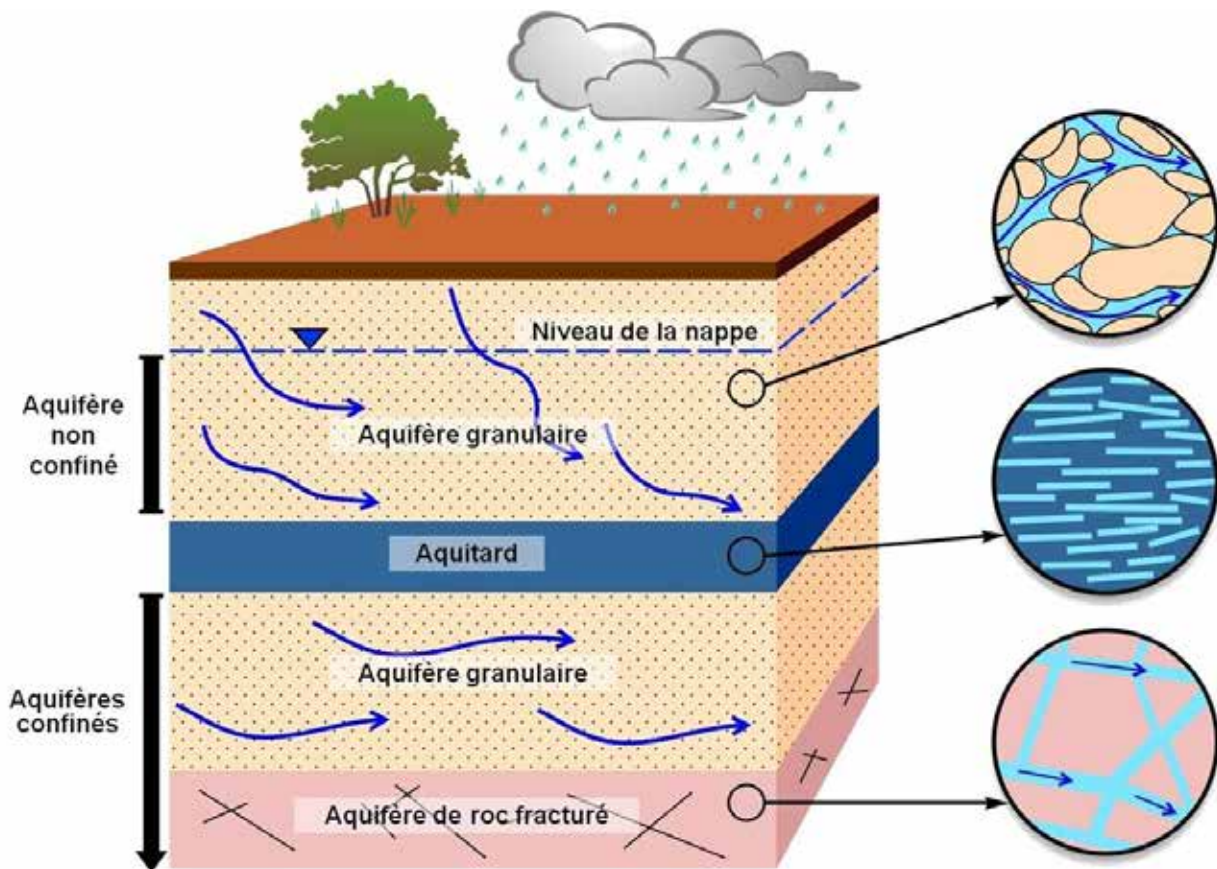


## CONDITIONS DE CONFINEMENT

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

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

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

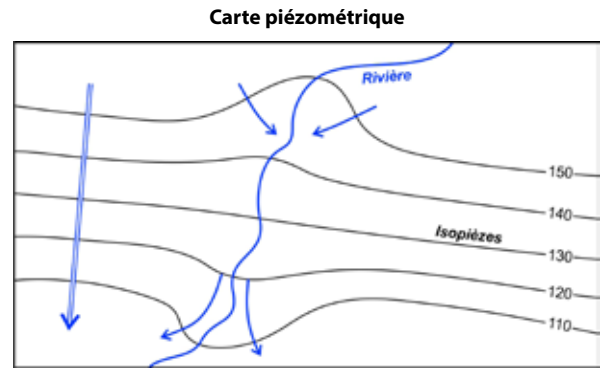




## PIÉZOMÉTRIE

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

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



## RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

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

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

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

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

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



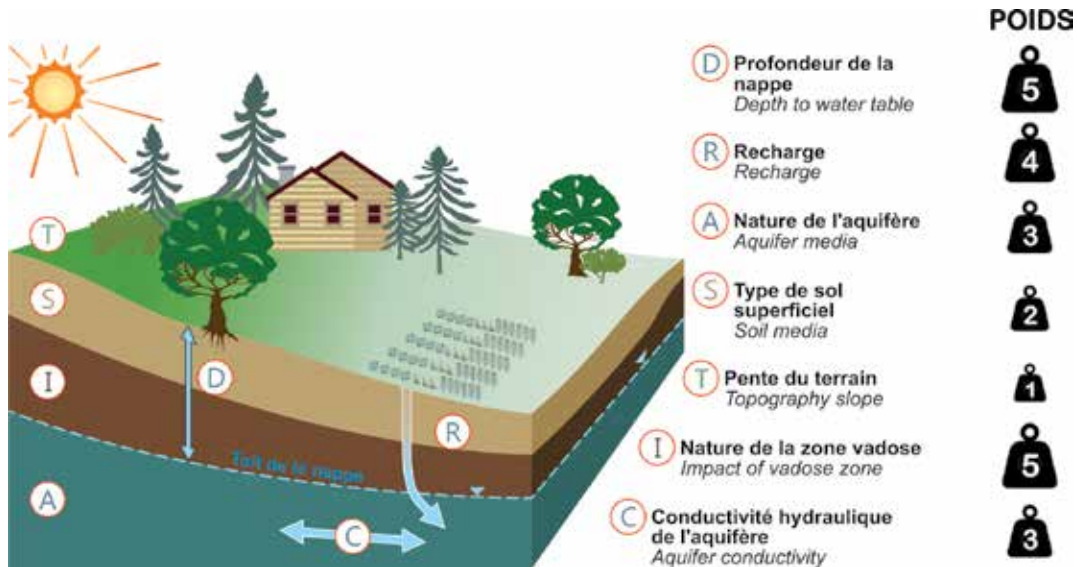


## VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

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

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

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



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

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



### Géochimie de l'eau

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

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

- **Type carbonaté (Na-Ca)-HCO<sub>3</sub>** : eau récente, peu minéralisée, signature géochimique s'apparentant aux eaux douces de recharge ;
- **Type chloruré (Na-Ca)-Cl** : eau plus ancienne, minéralisée, signature géochimique s'apparentant aux eaux salines.

On retrouve aussi des eaux dont la signature géochimique est **intermédiaire**, c'est-à-dire entre les eaux de recharge et les eaux à salinité élevée.

### Critères de qualité de l'eau

Les **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES (CMA)** sont des **normes** bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la santé humaine. Elles proviennent du **Règlement sur la qualité de l'eau potable** (RQEP) (Gouvernement du Québec, 2015a).

- Ex. : Uranium < 0,02 mg/L, pour éviter certains effets sur les reins (différentes lésions).
- Ex. : Fluorures < 1,5 mg/L, afin de prévenir la fluorose dentaire.

Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES (OE)** sont des **recommandations** pour les paramètres ayant un impact sur les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine. Les paramètres dont la présence peut entraîner la corrosion ou l'entartrage des puits ou des réseaux d'alimentation en eau sont aussi visés par ces objectifs. Ils sont publiés par Santé Canada (2014).

- Ex. : Fer < 0,3 mg/L, fondé sur le goût et les taches sur la lessive et les accessoires de plomberie.
- Ex. : Sulfures < 0,05 mg/L, fondé sur le goût et l'odeur.

# 2

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

# Résumé du PACES Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Le PACES-CHCN s'est effectué entre 2012 et 2015 suivant trois étapes dont :

1. l'acquisition et l'archivage des données existantes auprès d'organismes gouvernementaux et municipaux;
2. l'acquisition de nouvelles données par des travaux d'investigation ciblés sur le territoire CHCN;
3. l'analyse et l'interprétation des données.

La **phase 1** a permis d'acquérir des nombreuses données géologiques et hydrogéologiques provenant principalement de 155 rapports de consultants appartenant aux municipalités et dont l'information n'était pas du domaine public avant le PACES-CHCN. De ces rapports ont notamment été extraits 649 descriptions stratigraphiques en forage, 337 rapports d'essai de pompage sur des puits de pompage et des puits d'observation et leurs propriétés hydrauliques associées, 101 courbes granulométriques, 239 rapports d'analyses chimiques, 19 essais de perméabilité, 12 rapports de sondage au piézocône, 13 545 affleurements et d'autres données pertinentes comme des coupes stratigraphiques, des levés sismiques, des aires d'alimentation et des cartes piézométriques. Ces données ont été numérisées et intégrées dans une base de données spatiales implantée dans une file geodatabase d'ESRI qui contient 86 tables. Cette base de données inclut également des données publiques provenant de ministères, dont les données du Système d'information hydrogéologique du MDDELCC et les données du Système d'informations géominières du MERN.

La **phase 2** avait comme principal objectif d'acquérir de nouvelles données à caractères géologique et hydrogéologique sur l'ensemble du territoire à l'étude. Ainsi, plusieurs travaux d'investigation ont été réalisés dont 172 levés géophysiques, 13 sondages par rotopercussion et au piézocône, dont 2 ont été aménagés en piézomètre, et 133 stations pour lesquelles la fracturation du roc a été appréciée d'un point de vue qualitatif. De plus, une campagne d'échantillonnage d'eau souterraine ayant permis de prélever 133 échantillons d'eau souterraine sur 116 stations a été réalisée pour d'une part, caractériser les signatures hydrogéochimiques du territoire et d'autre part, apprécier la qualité de l'eau souterraine. Lors des prélèvements d'eau souterraine, 40 essais de pompage de courte durée ont été effectués. Ces données additionnelles ont également été intégrées à la base de données spatiales.

La **phase 3** a consisté à l'analyse des données dont les résultats sont présentés dans le rapport scientifique, sur 29 cartes thématiques et dans un atlas hydrogéologique. Les principaux résultats correspondent à :

- La cartographie des dépôts de surface pour 12 feuillets 1 : 50 000 réalisé en collaboration avec le MERN et l'Université Laval.
- La carte géologique révisée à l'échelle 1 : 225 000 incluant la précision des limites des roches ordoviciennes dans le secteur de l'astrolème de Charlevoix.
- L'interprétation de 147 coupes stratigraphiques à l'échelle régionale qui sont utilisées pour tracer les limites des unités hydrogéologiques enfouies et pour modéliser l'épaisseur des dépôts meubles qui est maximale dans les vallées du Gouffre et de la Malbaie ainsi que dans les basses terres de la Haute-Côte-Nord.
- La cartographie hydrogéologique de 27 aquifères perméables, 40 aquifères semi-perméables et 18 aquitards représentés sur deux cartes, soit les limites des unités hydrogéologiques perméables et imperméables et sur une carte des limites des unités hydrogéologiques semi-perméables.
- La représentation cartographique des sept contextes hydrogéologiques identifiés sur le territoire de CHCN dont les trois contextes principaux en termes de superficie sont :
  - le contexte hydrogéologique A correspond à un aquifère semi-perméable en milieu fracturé caractéristique des hautes terres du territoire d'étude;
  - le contexte hydrogéologique C correspond à deux aquifères superposés en milieux poreux et fracturés caractéristiques de la zone de collines de l'astrolème de Charlevoix et des vallées qui sillonnent les hautes terres de CHCN;
  - le contexte hydrogéologique E correspond à deux aquifères superposés, libre et captif, perméables en milieu poreux caractéristique des basses terres de la Haute-Côte-Nord.
- La valeur moyenne de la conductivité hydraulique pour les dépôts perméables correspond à  $6,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  et à  $1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  pour les milieux semi-perméables.

- La caractérisation hydrogéochimique de l'eau souterraine suggère 4 groupes d'eau dont le groupe 1 correspond à des eaux souterraines douces dont la signature géochimique est la moins évoluée et s'apparente aux eaux de recharge, le groupe 4 correspond aux eaux souterraines les plus évoluées et sont généralement salées, les groupes 2 et 3 correspondent à des eaux intermédiaires pouvant être issues de mélanges entre des eaux provenant d'aquifères granulaires et d'aquifères fracturés.
- La profondeur de l'eau souterraine présente une valeur moyenne de 38 mètres. La piézométrie varie le plus dans le secteur de Charlevoix dus aux reliefs accidentés. L'écoulement de l'eau souterraine s'effectue régionalement du nord-ouest vers le sud-est.
- Les zones les plus favorables à la recharge se localisent sur les basses terres de la Haute-Côte-Nord et dans les vallées de Charlevoix. Le territoire présente également plusieurs zones favorables aux résurgences sous forme de sources ou de zones de suintement.
- Des 21 municipalités présentes sur le territoire, 17 alimentent leur population en eau potable à partir d'eau souterraine dont 4 captent des résurgences. Des 17 municipalités, 10 captent leur eau dans des milieux perméables, 5 dans des milieux semi-perméables et 2 captent dans ces deux milieux.
- La quantité totale d'eau consommée (surface et souterraine) est évaluée à 19 679 318 m<sup>3</sup>/année dont le 1/3 correspond à de l'eau souterraine. 52% de la quantité totale d'eau souterraine est destinée à un usage domestique.
- La qualité de la ressource en eau souterraine est généralement bonne pour la potabilité avec environ 10% des échantillons qui présentent des dépassements pour les fluorures et/ou l'uranium et ne respectent pas les concentrations maximales acceptables selon le RQEP. Toutefois, pour les objectifs esthétiques (OE) recommandés par Santé Canada, la qualité de l'eau souterraine est plutôt passable avec 45% des échantillons qui présentent des dépassements.
- La vulnérabilité selon l'indice DRASTIC de l'aquifère situé le plus près de la surface indique que les aquifères localisés sur les hautes terres du territoire ont des indices de vulnérabilité faibles tandis que les aquifères en milieu poreux localisés dans la zone de collines de l'astrolème et dans le secteur des basses terres de la Haute-Côte-Nord ont des indices de vulnérabilité moyens à élevés.

## Limites générales de l'étude

---

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

Les données de base utilisées proviennent de différentes sources (ex. : données de terrain récoltées dans le cadre du PACES, rapports de consultants, bases de données ministérielles) pour lesquelles la qualité des données est variable. Une grande proportion des données proviennent du Système d'information hydrogéologique (SIH) du MDDELCC et sont jugés de moins bonne qualité, tant en ce qui concerne les mesures géologiques et hydrogéologiques que les localisations rapportées. Ces données sont moins fiables individuellement, mais elles permettent de faire ressortir les tendances régionales des paramètres hydrogéologiques étudiés. Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Les valeurs des paramètres pourraient aussi varier temporellement (jours, saisons ou années).



# 3

## L'hydrogéologie de la Haute-Côte-Nord



# Épaisseur des dépôts meubles

## Définition

Lorsque les **DÉPÔTS MEUBLES** sont grossiers (sables et graviers) et que leur épaisseur est suffisamment importante, ils peuvent constituer un **AQUIFÈRE**. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt) et donc peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**. Les informations sur l'épaisseur et la texture des dépôts meubles peuvent aussi s'avérer utiles dans d'autres domaines que l'hydrogéologie comme la géotechnique et la construction de bâtiments et d'infrastructures.



**AQUIFÈRE,**  
**AQUITARD** page 12  
**DÉPÔTS MEUBLES**  
page 13

## Méthode utilisée

L'épaisseur totale des dépôts meubles a été estimée par interpolation sur des mailles de 250 m x 250 m. Les données d'épaisseur employées proviennent des stations indiquant une profondeur au roc (forages, puits, sondages, etc.), des affleurements rocheux, des données interprétées à partir des coupes stratigraphiques (forages virtuels), des points dérivés de la carte Géologie du Quaternaire et indiquant un dépôt mince ou nul, et des stations et des forages virtuels indiquant une épaisseur minimale de dépôts meubles.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Dans son ensemble, le territoire de CHCN présente de faibles épaisseurs de dépôts variant entre 0 et 5 m localisés dans les hautes terres où les affleurements rocheux et les dépôts de till mince prédominent. Certaines zones se distinguent nettement avec des épaisseurs plus significatives.

Pour le secteur de Charlevoix, deux zones retiennent une attention particulière. La dépression annulaire de l'astroblème de Charlevoix montre des épaisseurs plus significatives de dépôts entre 10 et 50 m et pouvant atteindre localement plus de 100 m particulièrement dans le secteur de Baie-Saint-Paul. Autrement, la zone centrale de l'astroblème se caractérise par des épaisseurs de dépôts étonnamment faibles de 1 à 10 m sauf pour certaines vallées comme celle passant par Saint-Hilarion. Cette faible épaisseur semble attribuable à une topographie du roc beaucoup moins accidentée au sein de l'astroblème par comparaison au comportement du roc à l'extérieur de l'astroblème. Les secteurs de Saint-Siméon et de Sainte-Catherine montrent également quelques zones de dépôts relativement épais (25 – 75 m).

Pour la Haute-Côte-Nord, les basses terres près du fleuve correspondent aux zones de dépôts plus épais culminant vers les municipalités de Portneuf-sur-Mer et Forestville, qui font partie de la principale étendue de dépôts meubles épais (75 – 120 m) du territoire. La vallée de Sacré-Coeur se distingue également avec des épaisseurs significatives. Autrement, les zones avec des épaisseurs de dépôts notables sont localisées au sein des multiples vallées qui sillonnent le territoire.



**F** Le centre villageois de Les Escoumins repose sur une plus grande épaisseur de dépôts meubles que le centre villageois de Portneuf-sur-Mer.

Vrai  Faux

**F** On retrouve les dépôts meubles les plus minces sur les hauts topographiques.

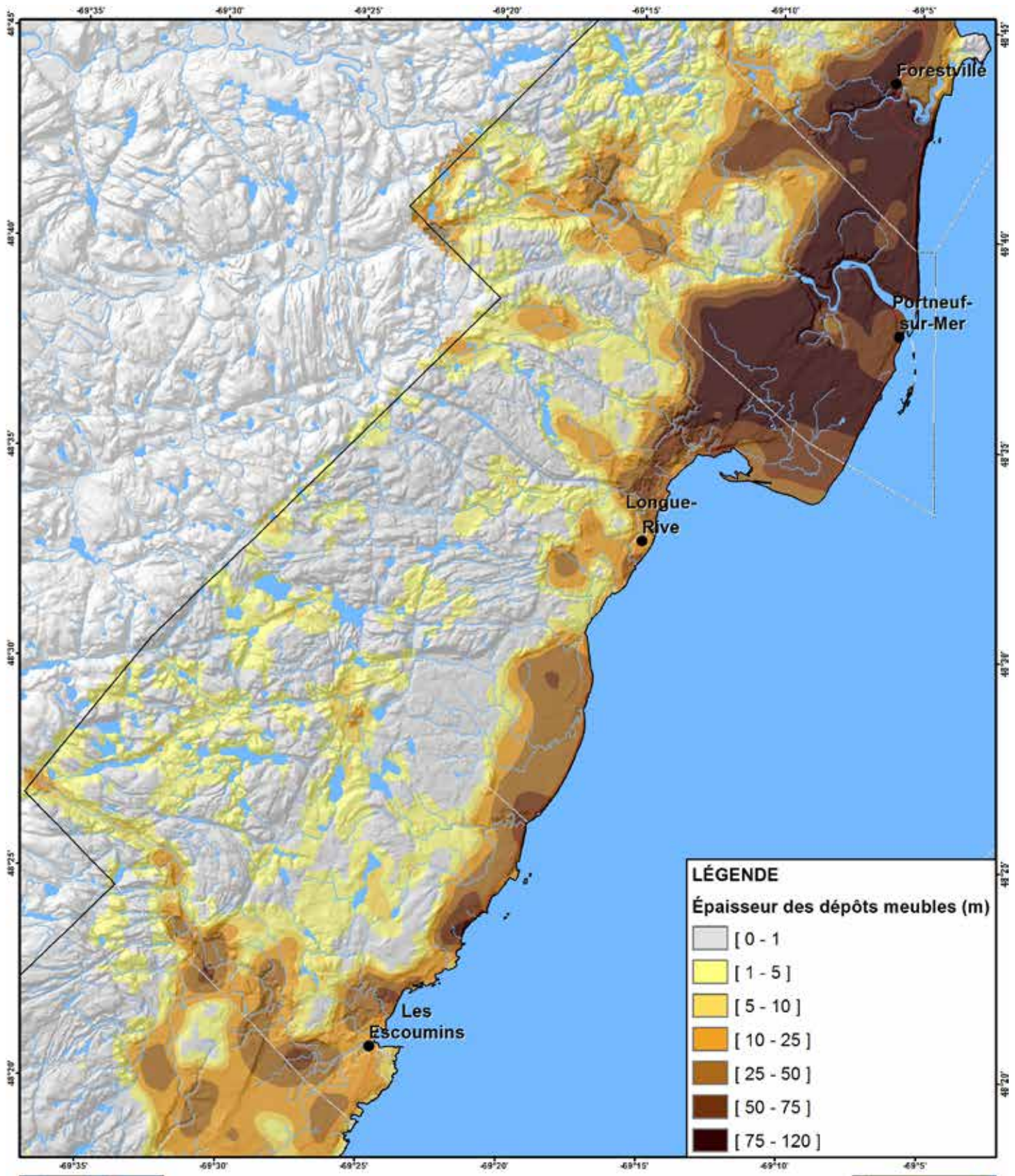
Vrai  Faux

**M** La surface du socle rocheux est parfois à plus de 75 m sous le niveau de la mer dans les municipalités de Portneuf-sur-Mer et Forestville.

Vrai  Faux

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

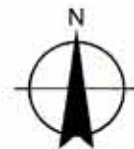




**Épaisseur des dépôts meubles**  
*Secteur de la Haute-Côte-Nord*

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Contextes hydrogéologiques

## Définition

Un contexte hydrogéologique définit une séquence (une superposition) d'unités hydrogéologiques impliquant une variation verticale du comportement des eaux souterraines. Il permet de visualiser comment sont organisées les unités géologiques en profondeur et d'identifier quelle séquence de **DÉPÔTS MEUBLES** recouvrant le **ROC FRACTURÉ** peut être rencontrée dans un secteur donné. Ces contextes exercent une influence sur l'écoulement et la qualité de l'eau souterraine. Ils sont établis dans le but de servir d'indicateurs régionaux des conditions hydrogéologiques présentes sur un territoire.



**DÉPÔTS MEUBLES, ROC FRACTURÉ**, page 13  
**TYPE DE DÉPÔTS MEUBLES**, page 14

## Méthode utilisée

Les quatre unités hydrogéologiques distinctes suivantes, établies selon les **TYPES DE DÉPÔTS MEUBLES** ou de roc, sont présentes sur le territoire :

1. les unités perméables en milieu poreux, qui se composent de sable et gravier;
2. les unités imperméables en milieu poreux qui se composent d'argile;
3. les unités semi-perméables en milieu mixte qui se composent des roches sédimentaires;
4. les unités semi-perméables en milieu fracturé qui se composent principalement des roches cristallines.

Ces quatre unités se séquentent suivant 12 combinaisons regroupées en 7 contextes hydrogéologiques tels que présentés dans la légende de la carte ci-contre.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

On retrouve fréquemment les contextes de **type A** sur l'ensemble des hauts reliefs de CHCN (70% du territoire).

On retrouve essentiellement les contextes de **type B** en bordure des vallées du Gouffre, de la Malbaie et du fleuve Saint-Laurent dans le secteur des Éboulements.

Les contextes de **type C** sont très présents sur le territoire des régions CHCN, particulièrement dans les hautes terres, soit en bordure des cours d'eau et des vallées qui les sillonnent.

On retrouve les contextes de **type D** uniquement sur la rive ouest de la rivière du Gouffre entre les municipalités de Baie-Saint-Paul et Saint-Urbain.

On retrouve localement les contextes de **type E** entre les municipalités de Saint-Urbain et Notre-Dame-des-Monts, au niveau de la municipalité de Saint-Siméon et sur de très petites zones sur les municipalités de Tadoussac et Longue-Rive.

Les contextes de **type F** sont les contextes majeurs de la Haute-Côte-Nord, ils couvrent la quasi-totalité des basses terres du territoire municipalisé.

Les contextes de **type G** représentent une subdivision des contextes F lorsqu'aucun dépôt perméable n'est présent en surface. Leur localisation sur le territoire est donc très semblable aux contextes de type F.



**F** Le contexte hydrogéologique dominant sur les hauts topographiques est le contexte d'un aquifère semi-perméable en milieu fracturé.

Vrai  Faux

**M** Des aquifères à nappe captive sont observés en bordure du fleuve Saint-Laurent.

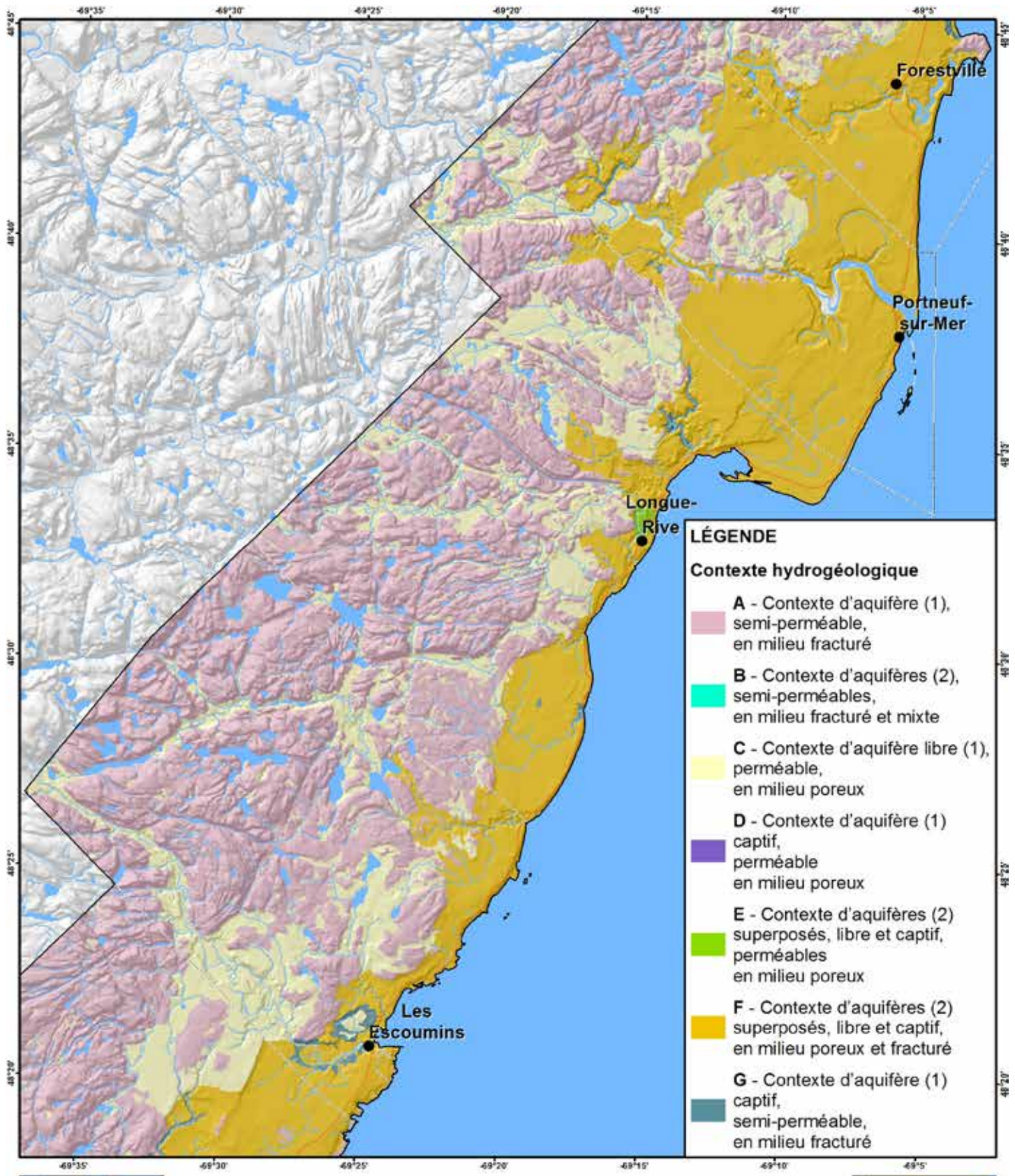
Vrai  Faux

**M** Des sédiments granulaires occupent généralement le fond des vallées.

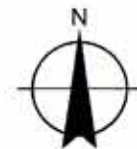
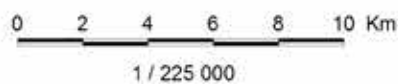
Vrai  Faux

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





**Contextes hydrogéologiques**  
**Secteur de la Haute-Côte-Nord**



# Limites hydrogéologiques régionales – milieux perméables et imperméables

## Définition

Les milieux poreux perméables constituent des **AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES** potentiels. Plus les pores sont gros et interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus la **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est élevée, c'est-à-dire que l'eau peut pénétrer et circuler facilement. Les milieux imperméables confinent les unités hydrogéologiques perméables sous-jacentes en isolant de la surface l'eau souterraine qu'il contiennent. Le **CONFINEMENT** influence les divers processus dynamiques et chimiques de l'eau souterraine, en limitant ou favorisant la recharge de l'aquifère ou encore sa protection par rapport à une contamination provenant de la surface.



**CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** page 12  
**AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES** page 13  
**CONFINEMENT** page 15

## Méthode utilisée

La cartographie régionale constitue la représentation selon un ordre absolu des unités hydrogéologiques de base regroupées selon leur perméabilité. Ce mode de visualisation permet d'observer la superposition de grandes unités délimitées par leurs perméabilités, mais pouvant être hydrogéologiquement distinctes.

La cartographie des milieux poreux représente :

1. Les unités perméables et imperméables affleurantes issues de la cartographie quaternaire.
2. Les unités perméables et imperméables sous couverture issues des interprétations des coupes stratigraphiques.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Dix municipalités captent l'eau souterraine exclusivement dans ce type de milieu dont : Colombier, Forestville, Portneuf-sur-Mer, Longue-Rive, Tadoussac, Sacré-Coeur, Baie-Sainte-Catherine, Clermont, Notre-Dame-des-Monts et Petite-Rivière-Saint-François. Baie-Saint-Paul et Saint-Siméon captent aussi une partie de leur eau dans ce type d'aquifère.

De grandes unités imperméables sont présentes sur la Haute-Côte-Nord (plus de 100 m) et dans les vallées de Charlevoix. Elles sont le plus souvent recouvertes d'unités perméables.



**F** On ne retrouve jamais d'unité hydrogéologique perméable sous couverture dans ce secteur de la Haute-Côte-Nord.

Vrai  Faux

**F** Les argiles imperméables sont le plus souvent enfouies sous des sédiments perméables.

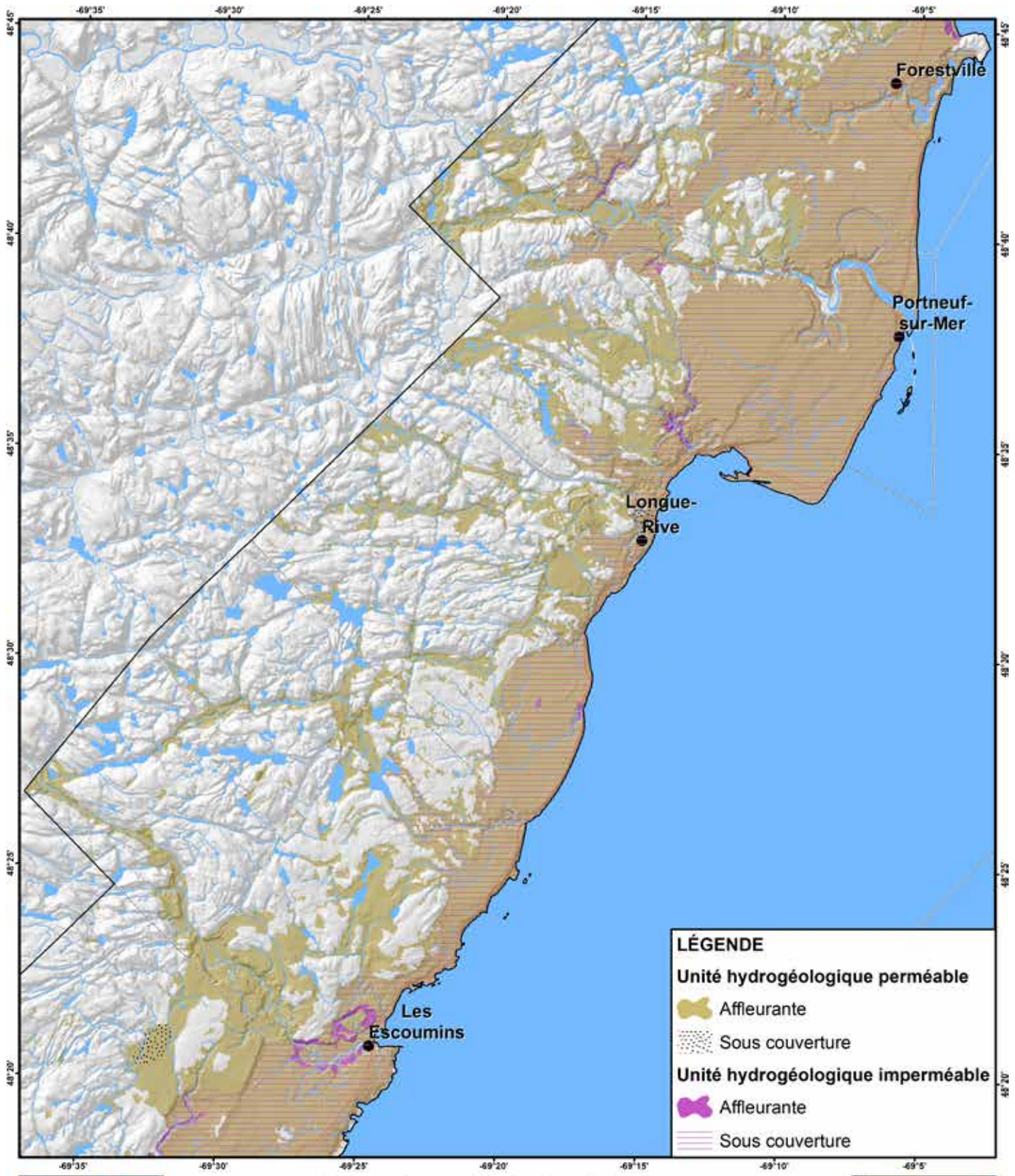
Vrai  Faux

**F** La présence d'argile indique des conditions à nappe captive pour les aquifères sous-jacents.

Vrai  Faux

**D** Pourquoi la présence d'une unité hydrogéologique perméable sur la carte n'assure-t-elle pas nécessairement la présence d'un aquifère de dépôts meubles ayant un bon potentiel d'exploitation?





**Limites des unités hydrogéologiques perméables et imperméables**  
*Secteur de la Haute-Côte-Nord*

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Limites hydrogéologiques régionales – milieux semi-perméables

## Définition

Dans les milieux rocheux cristallins ou sédimentaires, la **POROSITÉ** primaire (des pores) est souvent faible, la perméabilité est, dans ce cas, influencée par la **POROSITÉ** secondaire (des fractures). La connexion des vides en milieu fracturé dépend donc essentiellement de l'intensité et des connexions de la fracturation. Les milieux **AQUIFÈRES DE ROC FRACTURÉ** étant très hétérogènes, il est difficile d'évaluer leur nature plus ou moins perméable. Ces milieux sont donc, dans le cadre d'un portrait hydrogéologique régional, considérés comme des milieux semi-perméables.



**POROSITÉ** page 12  
**AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ** page 13

## Méthode utilisée

La cartographie régionale constitue la représentation selon un ordre absolu des unités hydrogéologiques de base regroupées selon leur perméabilité. Ce mode de visualisation permet d'observer la superposition de grandes unités délimitées par leurs perméabilités, mais pouvant être hydrogéologiquement distinctes.

La cartographie des milieux mixtes (milieux calcaires fracturés) et fracturés (milieux cristallins fracturés) représente :

1. Les unités semi-perméables en milieu fracturé à l'affleurement et sous couverture ;
2. Les unités semi-perméables en milieu mixte à l'affleurement et sous couverture.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Cinq municipalités captent l'eau souterraine exclusivement dans ce type de milieu dont : La Malbaie, Saint-Aimé-des-Lacs, Saint-Hilarion, Saint-Urbain et Les Éboulements. Baie-Saint-Paul et Saint-Siméon captent aussi une partie de leur eau souterraine dans ce type d'aquifère.

Les milieux géologiques sédimentaires, qui regroupent les roches de la Plate forme du Saint-Laurent et de la Province des Appalaches, sont essentiellement présents dans les vallées des rivières du Gouffre et Malbaie. De façon très générale, ce type de milieux présente une fracturation importante sur le territoire.

Les milieux géologiques cristallins de la Province de Grenville peuvent présenter localement de bonnes capacités d'exploitation. À l'exception de L'Isle-aux-Coudres, ils couvrent l'ensemble du territoire de CHCN, soit en affleurement, soit sous couverture des roches sédimentaires de la Plate forme du Saint-Laurent.



**F** Sur la Haute-Côte-Nord, l'aquifère de roc fracturé est principalement composé de roche sédimentaire.

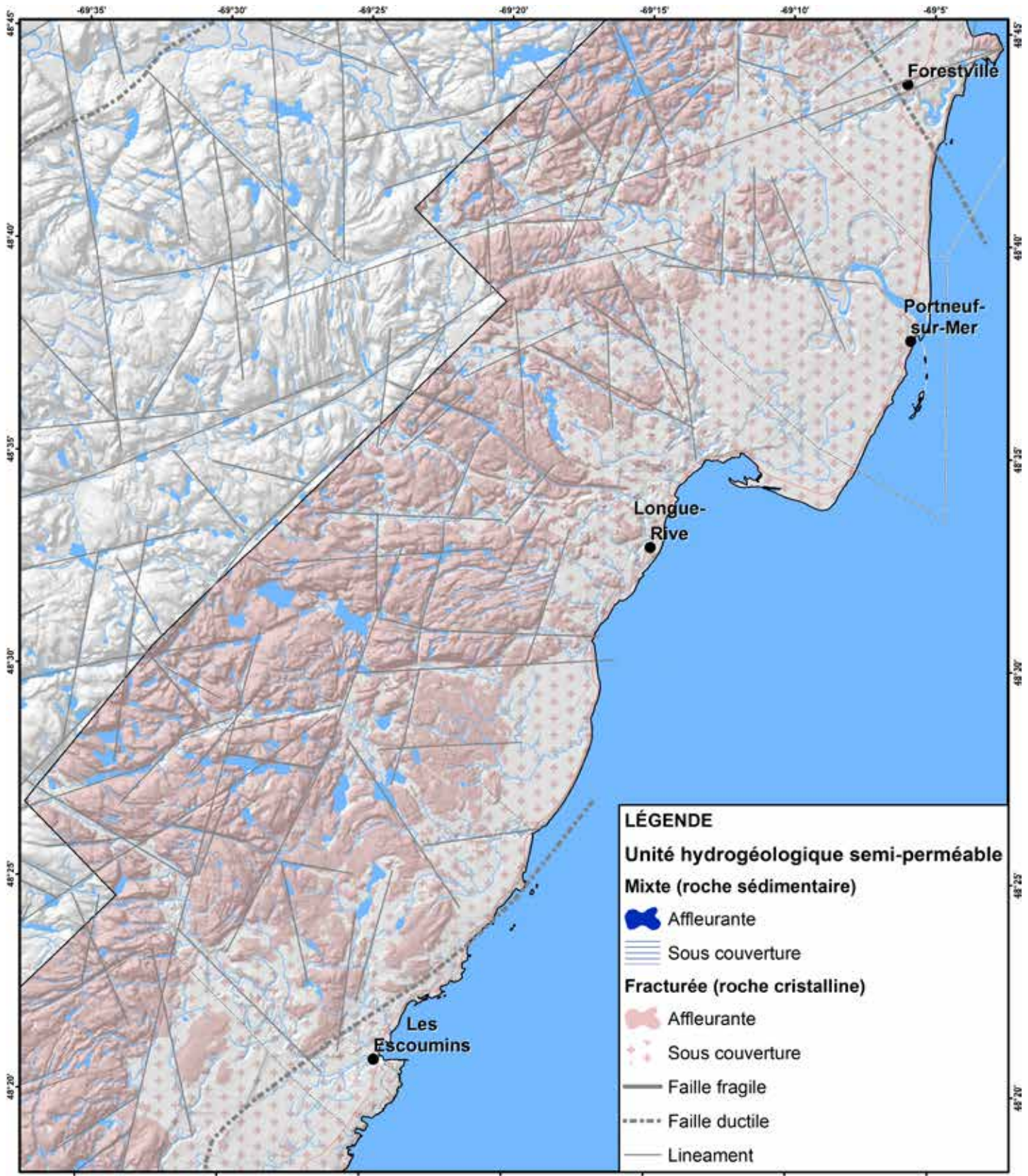
Vrai  Faux

**F** L'aquifère de roc fracturé est à nappe libre sur les hauts topographiques.

Vrai  Faux

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





**Limites des unités hydrogéologiques semi-perméables**  
**Secteur de la Haute-Côte-Nord**

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Piézométrie

## Définition

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



**NAPPE** page 12,  
**PIÉZOMÉTRIE,**  
**NIVEAU**  
**PIÉZOMÉTRIQUE**  
page 16

## Méthode utilisée

Peu de points de cote piézométrique issus d'ouvrages (puits ou forages) sont présents sur le territoire et ils présentent une grande variabilité dans la distribution spatiale. Pour obtenir une quantité appréciable de données avec une répartition plus homogène, il a été choisi de n'utiliser que les valeurs de cotes issues de l'élévation du réseau hydrographique, hypothétiquement assimilé à un « affleurement » de la surface des nappes souterraines, pour déterminer, par interpolation sur des mailles de 250 x 250 m, la surface piézométrique régionale. Les points de cote piézométrique issus d'ouvrages sont, par la suite, utilisés pour vérifier la validité de cette hypothèse.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

La profondeur estimée de l'eau souterraine varie entre 0 et 450 m pour une moyenne régionale de 38 m. Toutefois, les valeurs de profondeur de plus de 100 m sont considérées des anomalies non réalistes résultant de l'approche indirecte d'estimation de ce paramètre. Les valeurs les plus élevées sont observées sur les hauts reliefs des Laurentides, principalement sur le territoire de Charlevoix qui présente la plus forte variabilité de profondeurs estimées. En comparaison la région de la Haute-Côte-Nord présente des variations de plus faible amplitude entre 0 et 50 m.

L'élévation des isopièzes varie de 0 à 900 m par rapport au niveau moyen de la mer (NMM) pour le territoire de Charlevoix. Ces variations sont moins prononcées sur la Haute-Côte-Nord avec une gamme entre 0 et 250 m d'altitude. Régionalement, l'écoulement s'effectue du nord-ouest au sud-est, plus généralement des hauts reliefs vers le fleuve Saint-Laurent. Localement, les écoulements sont orientés vers l'hydrographie principale telle que les rivières Saguenay, du Gouffre et Malbaie, qui constituent les principales zones de décharge des eaux souterraines.



**F** L'écoulement souterrain régional s'effectue vers le fleuve Saint-Laurent.

Vrai  Faux

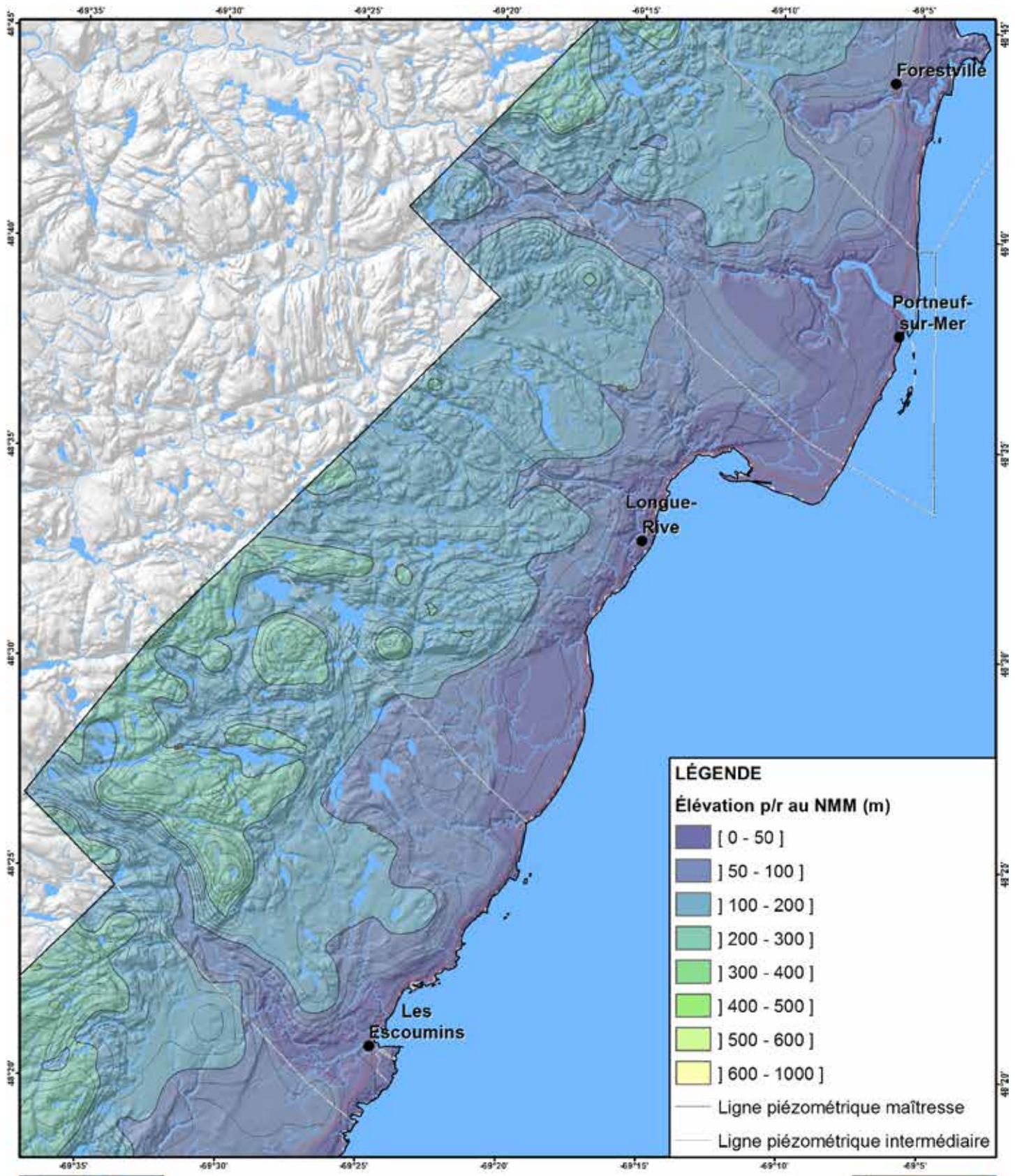
**M** La surface piézométrique étant plus plane dans les basses terres que dans les hautes terres, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère est probablement plus long.

Vrai  Faux

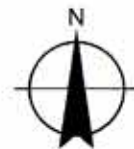
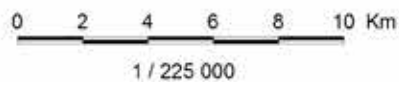
**M** Quel phénomène observe-t-on lorsque le niveau piézométrique est supérieur au niveau du sol?

**M** Pour une municipalité s'approvisionnant en eau souterraine, pourquoi est-ce important de déterminer le sens d'écoulement de l'eau souterraine?





**Piezométrie régionale**  
**Secteur de la Haute-Côte-Nord**



# Recharge et résurgence

## Définition

La **RECHARGE** correspond à la quantité d'eau qui alimente l'aquifère depuis l'infiltration en surface. L'estimation de la recharge est nécessaire pour évaluer les ressources disponibles en eau souterraine, car les débits qui peuvent être exploités de façon durable dépendent du renouvellement de l'eau souterraine. Une **RÉSURGENCE** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface, soit sous forme de source, soit dans les cours d'eau ou les milieux humides. Les résurgences peuvent se produire lorsque le niveau (ou la pression) de la nappe d'un aquifère dépasse le niveau de la surface du sol.



**RECHARGE,  
RÉSURGENCE**  
page 16

## Méthode utilisée

La recharge annuelle a été estimée par bilan hydrologique pour les années 2005 à 2009. Les zones de forte recharge sont celles où la recharge est estimée supérieure à 250 mm/an. Les zones de recharge préférentielle sont définies comme celles où la proportion de la recharge est estimée supérieure à 40% des précipitations. Elles représentent une subdivision des zones de forte recharge, indépendantes des conditions climatiques, caractéristiques de zone de forte infiltration.

Les résurgences sont classées, suivant leurs étendues et leur débit, selon les trois classes suivantes :

- Les sources sont des résurgences ponctuelles avec un débit soutenu pouvant servir à l'alimentation en eau potable.
- Les zones de suintements sont des résurgences diffuses et linéaires le long de parois ou de rupture de pentes topographiques avec de très faibles débits.
- Les affleurements de la nappe sont des résurgences diffuses et surfaciques constituant des zones de milieux humides et une partie de l'hydrographie.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

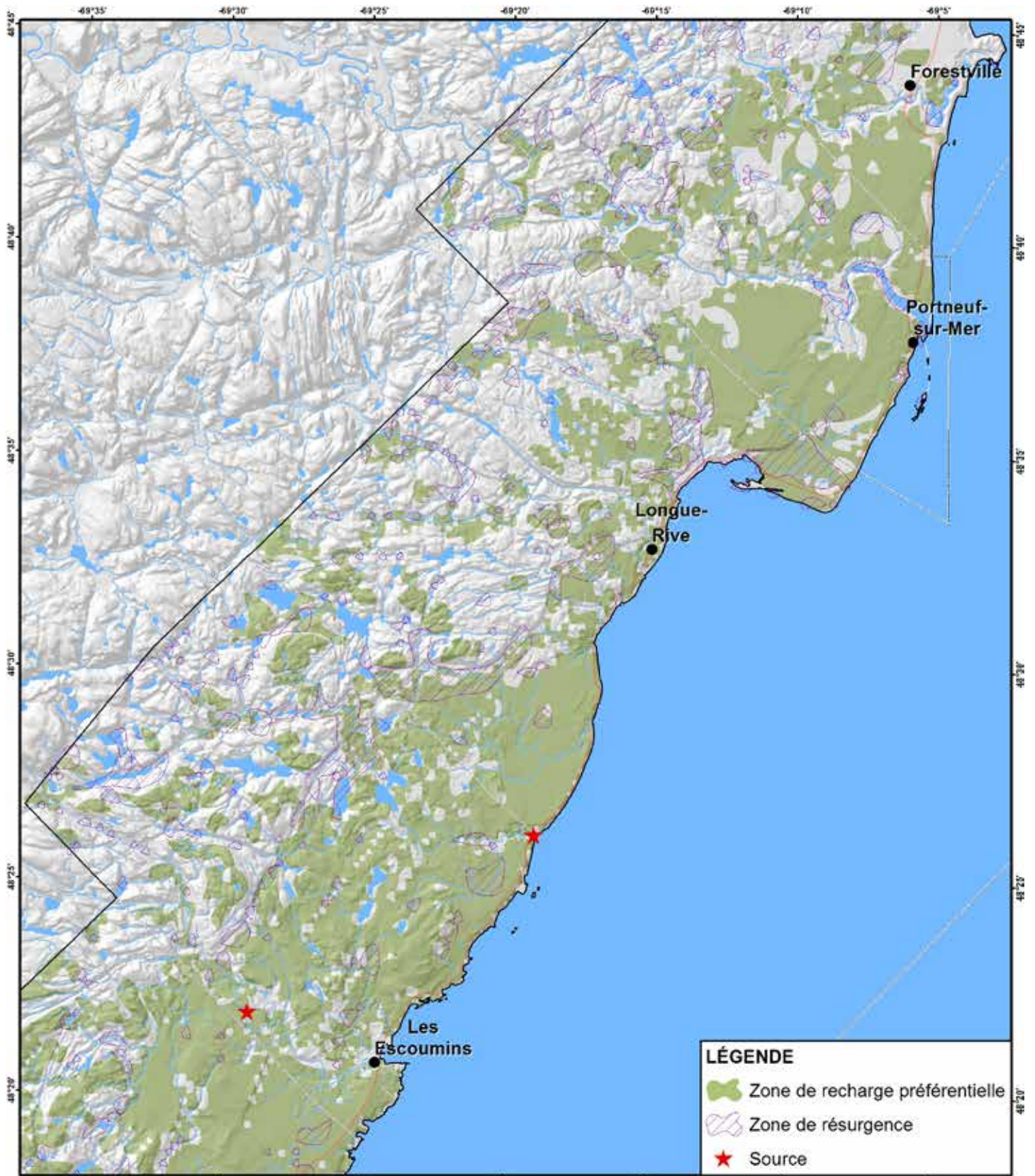
La recharge présente régionalement une variation de 56 mm à 764 mm par année. Les zones de forte recharge sont représentatives des basses terres sur la Haute-Côte-Nord et des vallées dans Charlevoix. Généralement les plus grandes quantités d'eau de recharge sont localisées dans les vallées des cours d'eau principaux. Une zone de forte recharge est également présente à l'extrême sud de la région d'étude dans la municipalité de Petite-Rivière-Saint-François, principalement en raison des fortes précipitations enregistrées dans ce secteur.

Au total, 19 sources ont été répertoriées sur l'ensemble du territoire.



- F** La recharge est majoritairement élevée sur les hautes terres de la Haute-Côte-Nord.  
Vrai  Faux
- M** Les unités hydrogéologiques perméables affleurantes sur les basses terres de la Haute-Côte-Nord sont responsables des taux de recharge plus élevés qu'on y retrouve.  
Vrai  Faux
- M** Les milieux aquifères situés au droit des zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont-ils tout de même alimentés par l'infiltration de surface?
- M** Pourquoi est-ce important de protéger en priorité les zones où la recharge de l'eau souterraine est plus élevée?

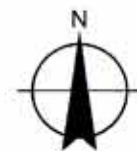




**Zones de recharge préférentielle  
et de résurgence**  
*Secteur de la Haute-Côte-Nord*

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Vulnérabilité

## Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. La carte de vulnérabilité permet d'intégrer un ensemble de propriétés hydrogéologiques de l'aquifère, intégrant ainsi les connaissances de la région en un indice pouvant servir d'outil pour la prise de décision en matière d'aménagement et de gestion du territoire en vue de prévenir la contamination de l'eau souterraine par des activités anthropiques potentiellement polluantes.



**VULNÉRABILITÉ,  
DRASTIC** page 17

## Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m x 250 m, pour l'aquifère situé le plus près de la surface, à l'aide de la méthode **DRASTIC** qui permet le calcul d'un indice à partir de 7 paramètres physiques et hydrogéologiques. L'indice DRASTIC peut varier de 23 à 226. Trois classes de degrés de vulnérabilité sont définies par le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Gouvernement du Québec, 2015b) :

- « Faible » : indice de 100 ou moins,
- « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180,
- « Élevé » : indice de 180 ou plus.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Le territoire dont la vulnérabilité est faible correspond principalement aux secteurs où le premier aquifère rencontré est constitué de roc fracturé ou de till mince en couverture.

Les secteurs où la vulnérabilité est moyenne correspondent aux suivants :

- dans les hautes terres du territoire CHCN, là où l'on retrouve du till en couverture continue ;
- dans le secteur de l'astroblème, notamment dans les vallées du Gouffre et de la Malbaie, et dans le secteur des collines, ainsi que dans le secteur des basses terres de la Haute-Côte-Nord ;
- dans le secteur de L'Isle-aux-Coudres.

Les secteurs où la vulnérabilité est élevée se concentrent principalement dans les municipalités suivantes :

- au nord de Saint-Urbain ;
- au nord-est de La Malbaie ;
- à l'ouest de Sacré-Coeur ;
- au nord-est des Bergeronnes ;
- au sud de Portneuf-sur-Mer.



**F** Les aquifères des basses terres de la Haute-Côte-Nord sont plus vulnérables que ceux des hautes terres.

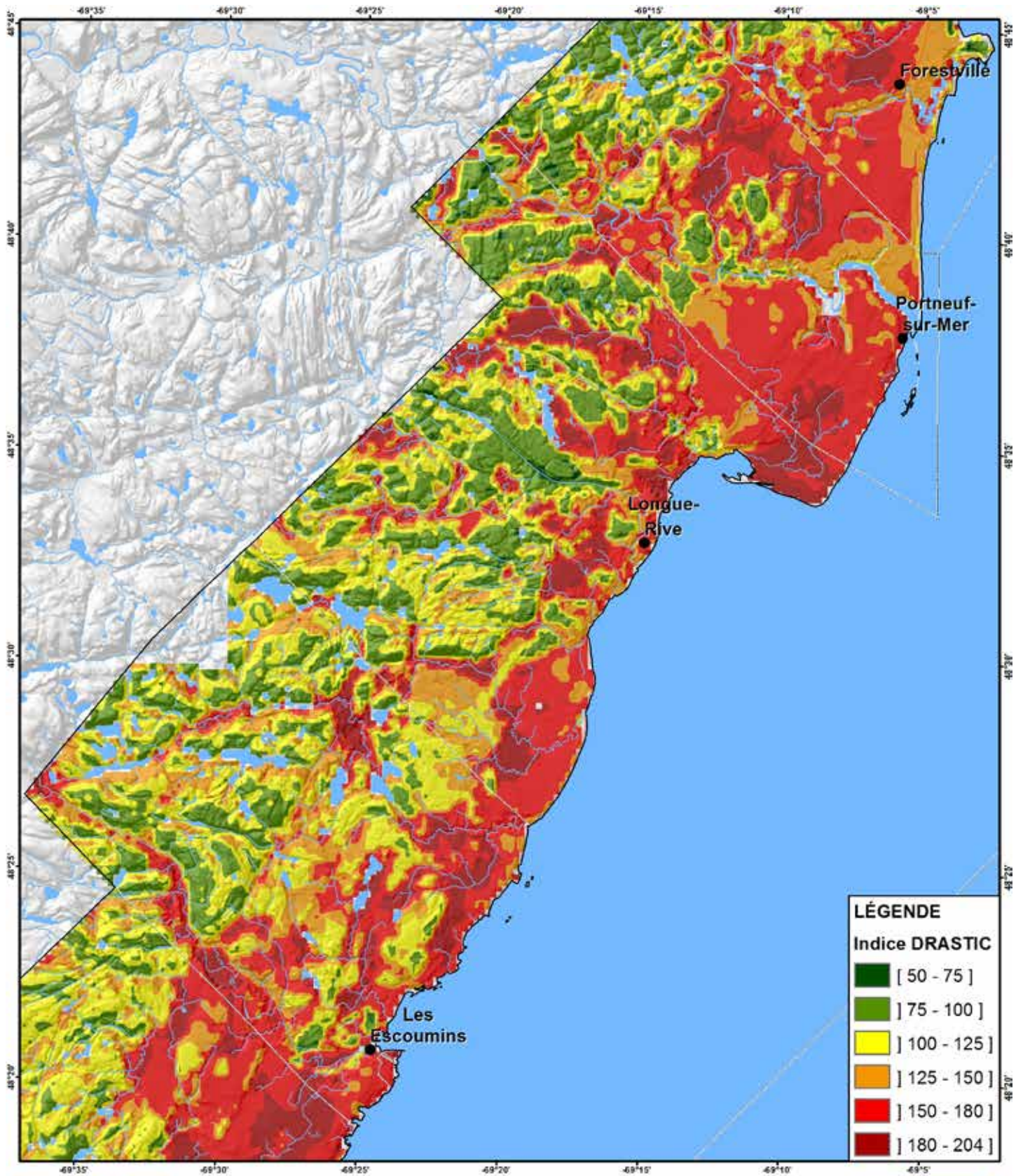
Vrai  Faux

**F** Les zones à vulnérabilité faible coïncident avec les zones de recharge préférentielle.

Vrai  Faux

**M** Puisque les aquifères ayant une vulnérabilité faible sont peu sensibles à la pollution de l'eau souterraine à partir d'une contamination en surface, comment peuvent-ils être contaminés?

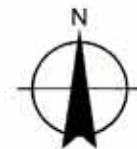




**Vulnérabilité de l'aquifère situé  
le plus près de la surface  
Secteur de la Haute-Côte-Nord**

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



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

## Définition

La qualité de l'eau potable s'évalue en comparant les constituants physicochimiques de l'eau aux normes et recommandations existantes. Les **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES** (CMA) sont des normes bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la santé humaine.



**CONCENTRATIONS  
MAXIMALES  
ACCEPTABLES**

page 18

## Méthode utilisée

Une campagne d'échantillonnage d'eau souterraine réalisée en 2013 et 2014 a permis l'analyse de 133 échantillons provenant de 114 stations (puits ou résurgences) du territoire de CHCN. Des 126 échantillons respectant le contrôle de qualité, 55 proviennent d'aquifères en milieu poreux, 70 d'aquifères en milieu fracturé et 1 d'un milieu inconnu.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Des dépassements de CMA de 14 échantillons répartis en 10 stations ont été relevés pour les deux paramètres suivants :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nombre de dépassements de la CMA	Norme fondée sur :
Fluorures (F)	1,5 mg/l	11	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Uranium (U)	0,02 mg/l	5	Effets sur les reins (différentes lésions)

Tous les échantillons présentant un dépassement de la CMA des fluorures, à l'exception d'un seul, proviennent d'un milieu aquifère fracturé. Les concentrations analysées peuvent atteindre trois fois la norme. L'échantillon présentant la concentration la plus élevée (4,5 mg/l) affiche aussi un dépassement pour l'uranium.

Deux des concentrations supérieures à la CMA de l'uranium ont été mesurées dans l'eau du même puits, mais pour deux années différentes (2013 et 2014). Tous les dépassements notés ne dépassent pas plus de 10% de la norme et les échantillons proviennent tous d'un milieu aquifère fracturé.

### Signature géochimique de l'eau souterraine :

Les eaux douces de type carbonaté (Na-Ca)-HCO<sub>3</sub> proviennent majoritairement d'aquifères granulaires de l'ensemble du territoire de CHCN et leur signature hydrogéochimique est représentative des eaux de recharge, soit les moins évoluées.

Les eaux souterraines salées de type chloruré (Na-Ca)-Cl correspondent majoritairement à des eaux souterraines les plus évoluées qui proviennent d'aquifères de roc fracturé confinés. Les eaux salées sont principalement localisées en bordure du fleuve Saint-Laurent. Leur présence peut résulter d'eaux souterraines profondes qui font résurgence à proximité du fleuve Saint-Laurent ou encore des mélanges avec des intrusions d'eaux salées.

Les eaux dont la composition hydrogéochimique est intermédiaire proviennent probablement d'aquifères poreux et de roc fracturé interconnectés.



**F** Globalement, la qualité régionale de l'eau souterraine de CHCN est bonne et présente peu de risque pour la santé humaine.

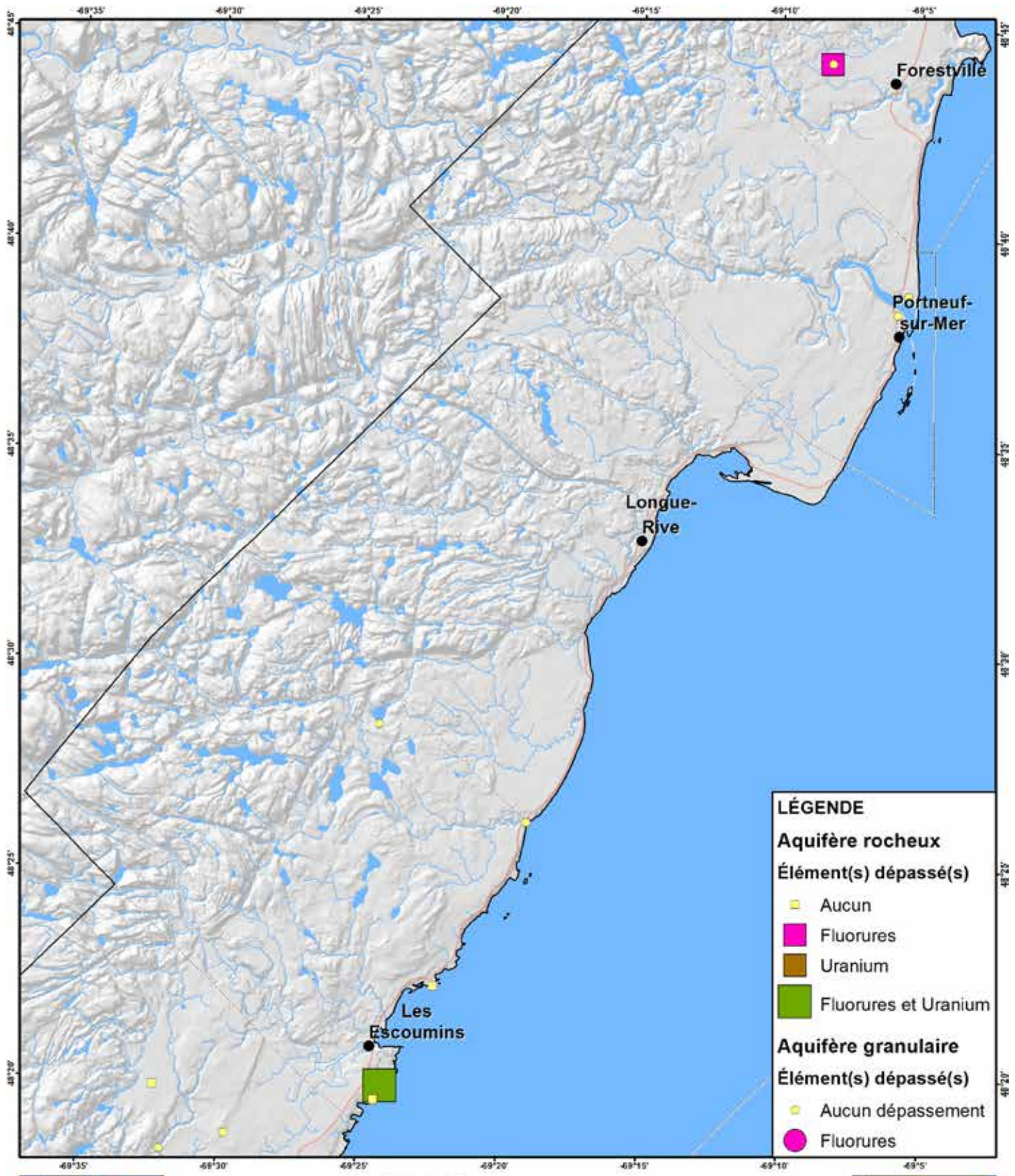
Vrai  Faux

**F** Les dépassements en fluorures et en uranium seraient causés par des activités humaines.

Vrai  Faux

**M** Quels sont les effets sur la santé reliés à l'eau du puits situé au sud du centre villageois des Escoumins?

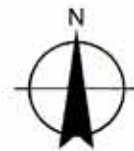




**Qualité de l'eau - concentrations  
maximales acceptables (CMA)  
Secteur de la Haute-Côte-Nord**



1 / 225 000



# Qualité de l'eau – Critères esthétiques

## Définition

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



**OBJECTIFS ESTHÉTIQUES**  
page 18

**Méthode utilisée** – voir les critères pour l'eau potable (page 38).

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Des dépassements d'OE de 56 échantillons répartis en 46 stations ont été relevés pour les dix paramètres suivants :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nombre de dépassements de l'OE	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/l	6	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/l	5	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté	≤ 200 CaCO <sub>3</sub> mg/l	4	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/l	17	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/l	23	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matières dissoutes totales	≤ 500 mg/l	11	Goût et entartrage
Sodium (Na)	≤ 200 mg/l	4	Goût
Sulfures (S <sup>2-</sup> )	≤ 0,05 mg/l	1 *	Goût et odeur
pH	entre 6,5 et 8,5	46	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement
Température	≤ 15 °C	3	Effets sur la désinfection, contrôle de la corrosion et formation de films biologiques dans le réseau de distribution

\* Les sulfures ont été analysés seulement pour deux échantillons soit ceux présentant une forte odeur de soufre lors du prélèvement.

Les dépassements en **aluminium** atteignent jusqu'à 7 fois l'OE et proviennent tous d'aquifères granulaires de la Haute-Côte-Nord.

Les dépassements en **chlorures** et en **sodium** sont entre 2 et 3 fois supérieures à l'OE.

Les dépassements en **dureté** atteignent jusqu'à une fois et demie l'OE et proviennent tous d'aquifères rocheux fracturés.

Les dépassements en **fer** atteignent jusqu'à 80 fois l'OE et proviennent à parts égales d'aquifères granulaires et rocheux fracturés.

Les dépassements en **manganèse** atteignent jusqu'à 40 fois l'OE et proviennent majoritairement d'aquifères rocheux fracturés.

Les dépassements en **matières dissoutes totales** atteignent jusqu'à 4 fois l'OE et proviennent en majorité d'aquifères rocheux fracturés.

L'eau des milieux granulaires est caractérisée par des **pH** généralement faibles pour lesquels 1 échantillon sur 4 ne respecte pas l'OE.

L'eau des milieux aquifères fracturés montre des **pH** majoritairement supérieurs à ceux des milieux granulaires.

Les dépassements en **température** se situent tous dans le secteur de Charlevoix et proviennent d'aquifères granulaires.

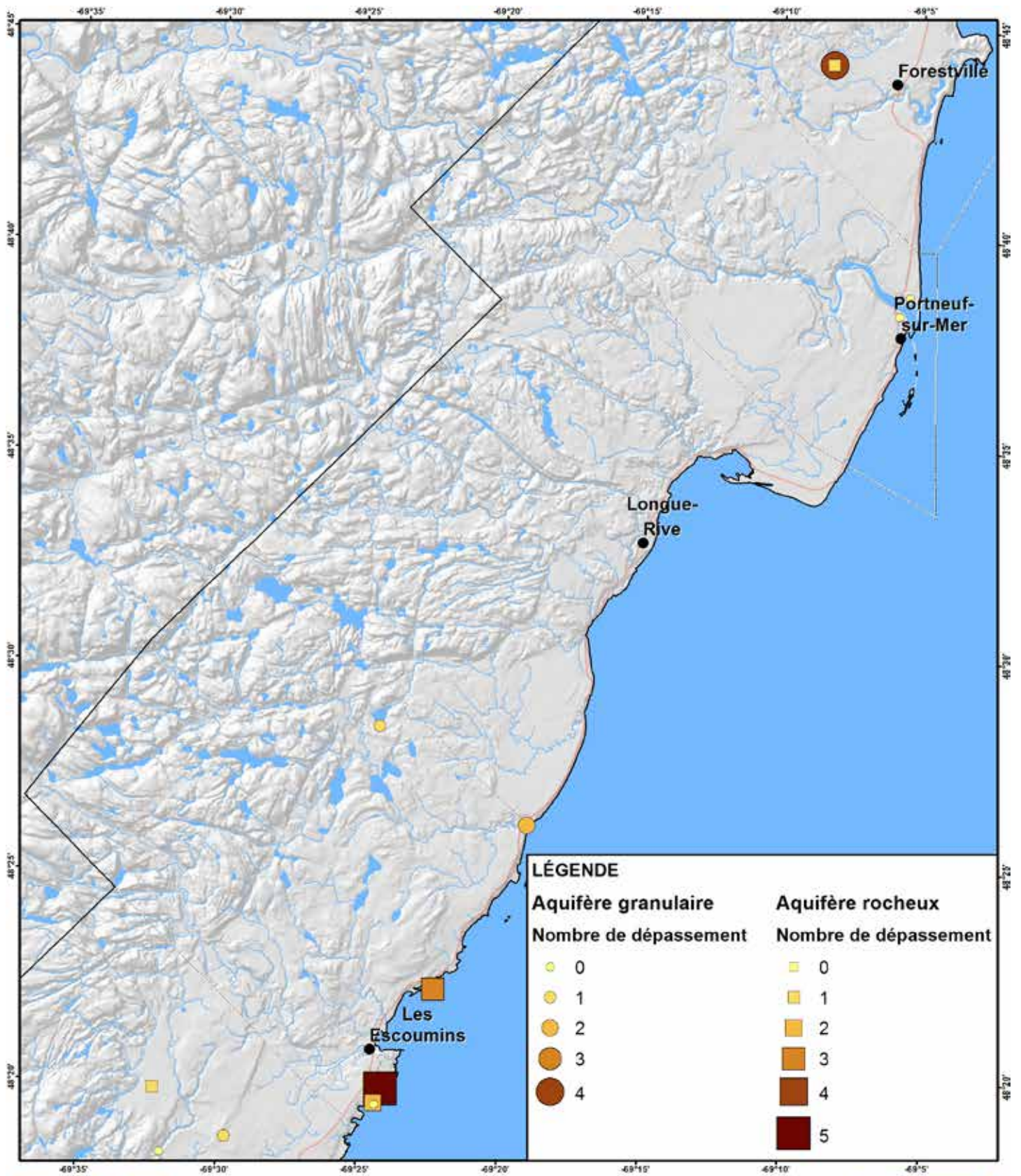


**M** Le long temps de résidence de l'eau souterraine dans les aquifères des basses terres de la Haute-Côte-Nord pourrait être responsable des dépassements plus nombreux des objectifs esthétiques. Vrai  Faux

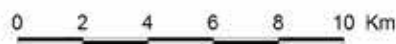
**M** Pour les puits situés en bordure du fleuve Saint-Laurent, des intrusions d'eau salée marines pourraient être responsables des dépassements en sodium, en chlorures et en matières dissoutes totales des puits. Vrai  Faux

**F** Quel puits présente le nombre maximal de dépassements d'objectifs esthétiques sur ce secteur de la Haute-Côte-Nord?

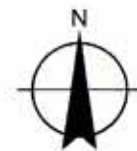




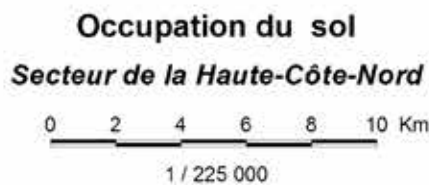
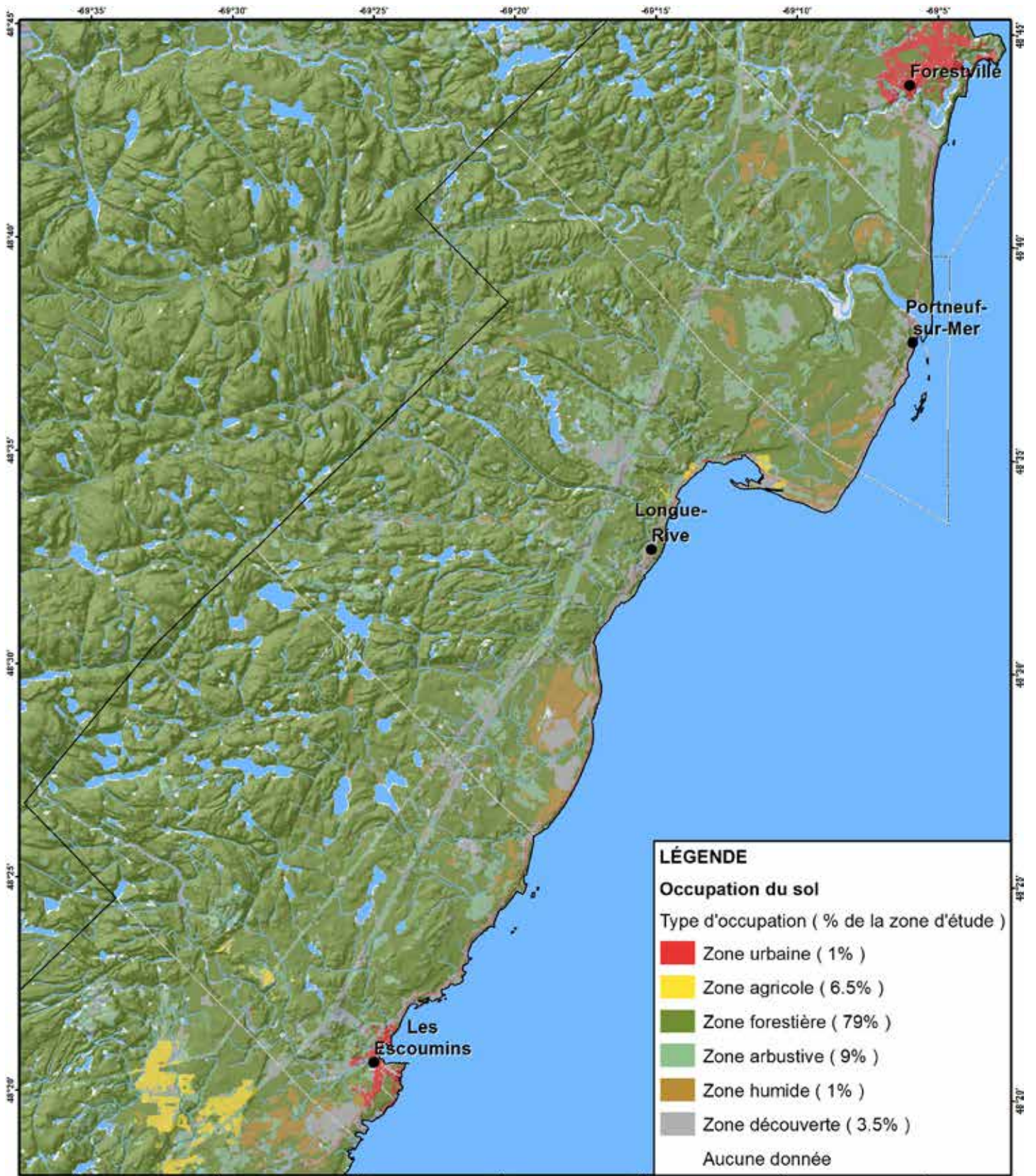
**Qualité de l'eau - objectifs esthétiques (OE)**  
**Secteur de la Haute-Côte-Nord**



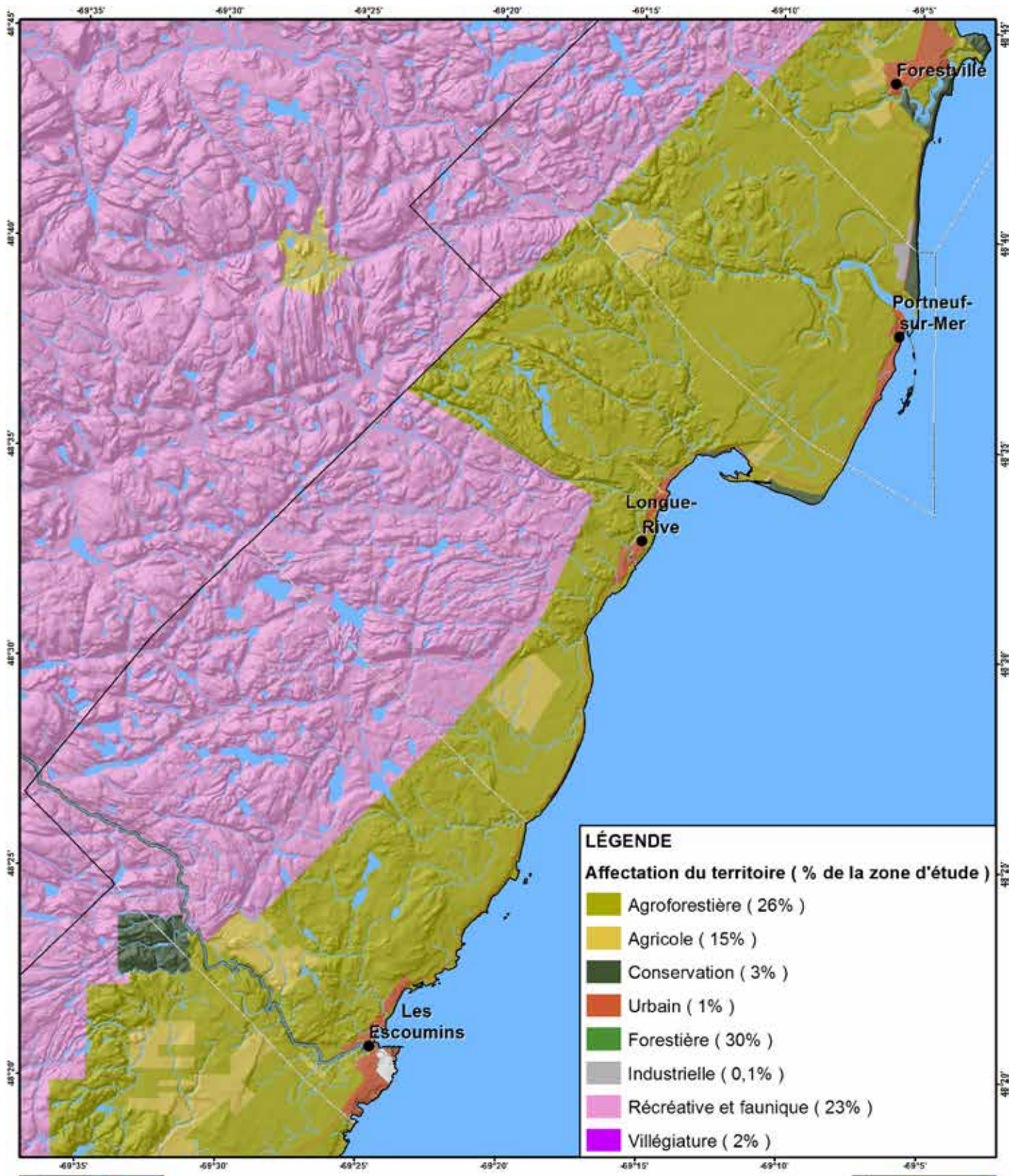
1 / 225 000



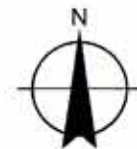
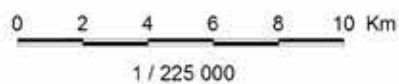








**Contextes hydrogéologiques**  
**Secteur de la Haute-Côte-Nord**



Exercice de synthèse 1 : Si demain une municipalité de la Haute-Côte-Nord devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?

---

Exercice de synthèse 2 : Sur la Haute-Côte-Nord, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

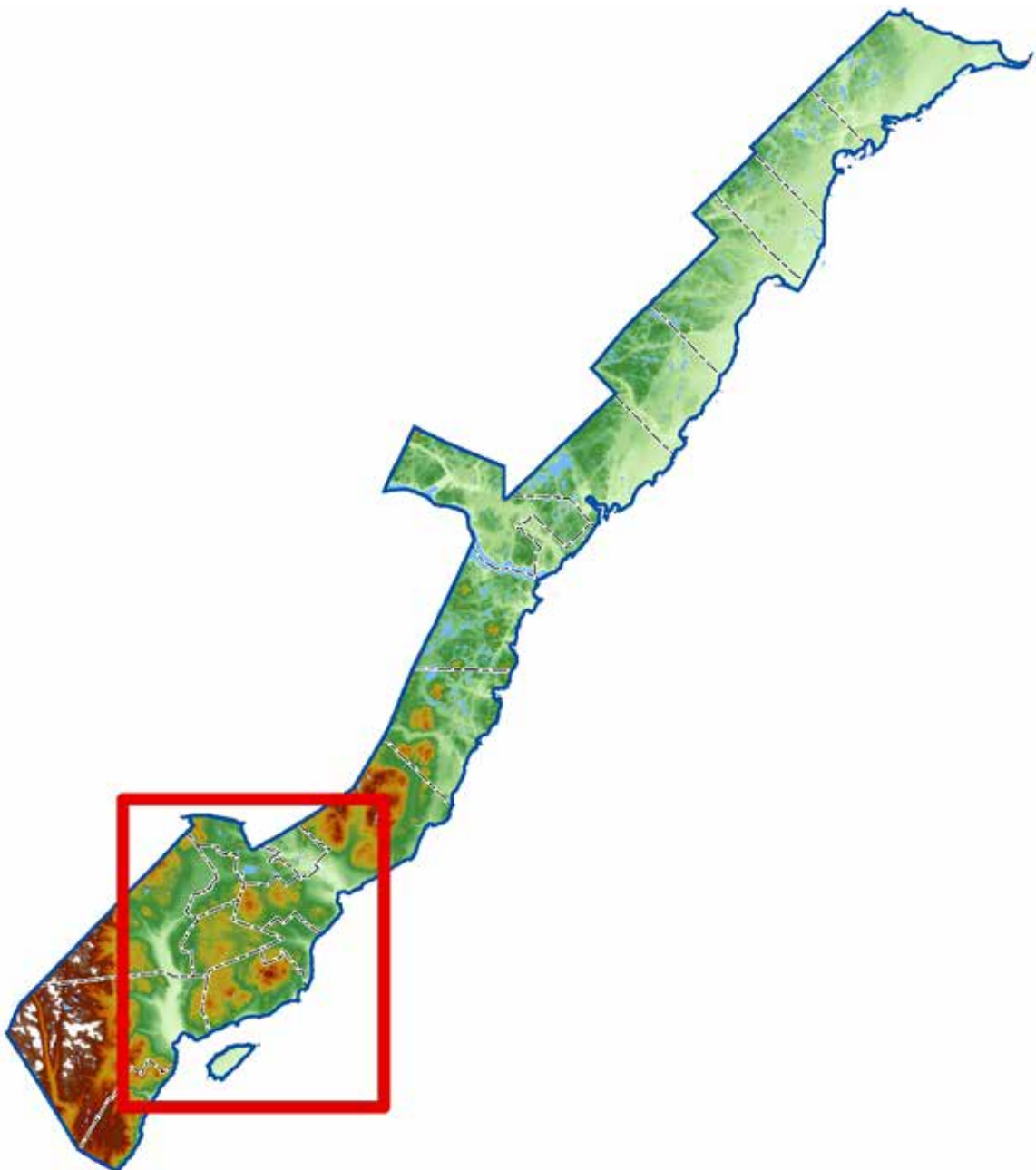
---

Exercice de synthèse 3 : Sur la Haute-Côte-Nord, où pourrait-on implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?

---

# 4

## L'hydrogéologie de Charlevoix



# Épaisseur des dépôts meubles

## Définition

Lorsque les **DÉPÔTS MEUBLES** sont grossiers (sables et graviers) et que leur épaisseur est suffisamment importante, ils peuvent constituer un **AQUIFÈRE**. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt) et donc peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**. Les informations sur l'épaisseur et la texture des dépôts meubles peuvent aussi s'avérer utiles dans d'autres domaines que l'hydrogéologie comme la géotechnique et la construction de bâtiments et d'infrastructures.



**AQUIFÈRE,**  
**AQUITARD** page 12  
**DÉPÔTS MEUBLES**  
page 13

## Méthode utilisée

L'épaisseur totale des dépôts meubles a été estimée par interpolation sur des mailles de 250 m x 250 m. Les données d'épaisseur employées proviennent des stations indiquant une profondeur au roc (forages, puits, sondages, etc.), des affleurements rocheux, des données interprétées à partir des coupes stratigraphiques (forages virtuels), des points dérivés de la carte Géologie du Quaternaire et indiquant un dépôt mince ou nul, et des stations et des forages virtuels indiquant une épaisseur minimale de dépôts meubles.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Dans son ensemble, le territoire de CHCN présente de faibles épaisseurs de dépôts variant entre 0 et 5 m localisés dans les hautes terres où les affleurements rocheux et les dépôts de till mince prédominent. Certaines zones se distinguent nettement avec des épaisseurs plus significatives.

Pour le secteur de Charlevoix, deux zones retiennent une attention particulière. La dépression annulaire de l'astroblème de Charlevoix montre des épaisseurs plus significatives de dépôts entre 10 et 50 m et pouvant atteindre localement plus de 100 m particulièrement dans le secteur de Baie-Saint-Paul. Autrement, la zone centrale de l'astroblème se caractérise par des épaisseurs de dépôts étonnamment faibles de 1 à 10 m sauf pour certaines vallées comme celle passant par Saint-Hilarion. Cette faible épaisseur semble attribuable à une topographie du roc beaucoup moins accidentée au sein de l'astroblème par comparaison au comportement du roc à l'extérieur de l'astroblème. Les secteurs de Saint-Siméon et de Sainte-Catherine montrent également quelques zones de dépôts relativement épais (25 – 75 m).

Pour la Haute-Côte-Nord, les basses terres près du fleuve correspondent aux zones de dépôts plus épais culminant vers les municipalités de Portneuf-sur-Mer et Forestville, qui font partie de la principale étendue de dépôts meubles épais (75 – 120 m) du territoire. La vallée de Sacré-Coeur se distingue également avec des épaisseurs significatives. Autrement, les zones avec des épaisseurs de dépôts notables sont localisées au sein des multiples vallées qui sillonnent le territoire.



**F** Les dépôts meubles sont plus minces dans la zone centrale de l'astroblème que dans la dépression annulaire externe.

Vrai  Faux

**F** On retrouve les dépôts meubles les plus épais dans la vallée de la rivière Malbaie.

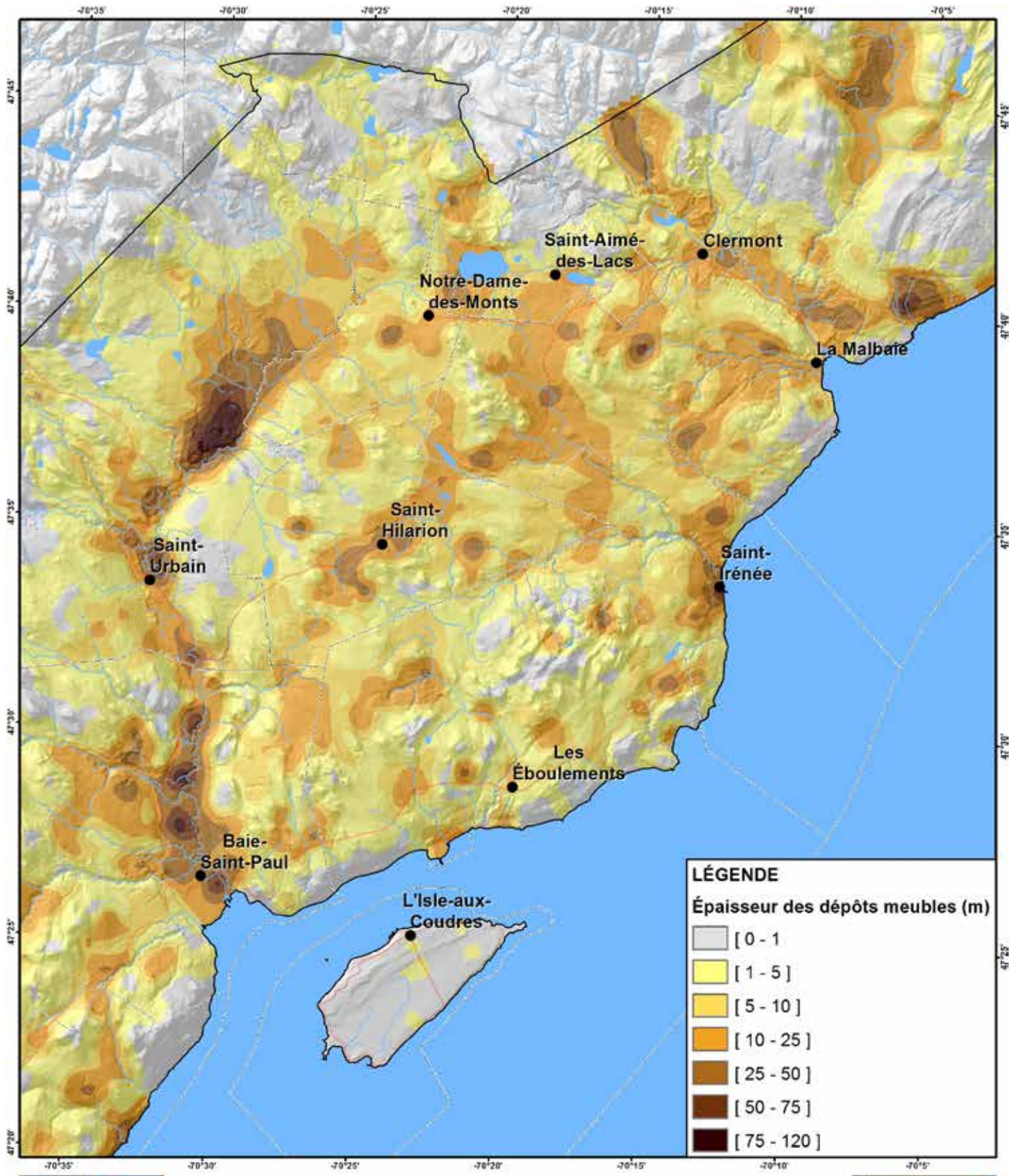
Vrai  Faux

**M** Plus l'épaisseur des dépôts meubles est importante, et plus il y a de chance que l'aquifère de dépôts meubles soit perméable.

Vrai  Faux

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

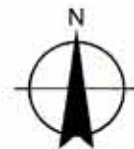




**Épaisseur des dépôts meubles**  
*Secteur de Charlevoix*

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Contextes hydrogéologiques

## Définition

Un contexte hydrogéologique définit une séquence (une superposition) d'unités hydrogéologiques impliquant une variation verticale du comportement des eaux souterraines. Il permet de visualiser comment sont organisées les unités géologiques en profondeur et d'identifier quelle séquence de **DÉPÔTS MEUBLES** recouvrant le **ROC FRACTURÉ** peut être rencontrée dans un secteur donné. Ces contextes exercent une influence sur l'écoulement et la qualité de l'eau souterraine. Ils sont établis dans le but de servir d'indicateurs régionaux des conditions hydrogéologiques présentes sur un territoire.



**DÉPÔTS MEUBLES, ROC FRACTURÉ**, page 13  
**TYPE DE DÉPÔTS MEUBLES**, page 14

## Méthode utilisée

Les quatre unités hydrogéologiques distinctes suivantes, établies selon les **TYPES DE DÉPÔTS MEUBLES** ou de roc, sont présentes sur le territoire :

1. les unités perméables en milieu poreux, qui se composent de sable et gravier;
2. les unités imperméables en milieu poreux qui se composent d'argile;
3. les unités semi-perméables en milieu mixte qui se composent des roches sédimentaires;
4. les unités semi-perméables en milieu fracturé qui se composent principalement des roches cristallines.

Ces quatre unités se séquentent suivant 12 combinaisons regroupées en 7 contextes hydrogéologiques tels que présentés dans la légende de la carte ci-contre.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

On retrouve fréquemment les contextes de **type A** sur l'ensemble des hauts reliefs de CHCN (70% du territoire).

On retrouve essentiellement les contextes de **type B** en bordure des vallées du Gouffre, de la Malbaie et du fleuve Saint-Laurent dans le secteur des Éboulements.

Les contextes de **type C** sont très présents sur le territoire des régions CHCN, particulièrement dans les hautes terres, soit en bordure des cours d'eau et des vallées qui les sillonnent.

On retrouve les contextes de **type D** uniquement sur la rive ouest de la rivière du Gouffre entre les municipalités de Baie-Saint-Paul et Saint-Urbain.

On retrouve localement les contextes de **type E** entre les municipalités de Saint-Urbain et Notre-Dame-des-Monts, au niveau de la municipalité de Saint-Siméon et sur de très petites zones sur les municipalités de Tadoussac et Longue-Rive.

Les contextes de **type F** sont les contextes majeurs de la Haute-Côte-Nord, ils couvrent la quasi-totalité des basses terres du territoire municipalisé.

Les contextes de **type G** représentent une subdivision des contextes F lorsqu'aucun dépôt perméable n'est présent en surface. Leur localisation sur le territoire est donc très semblable aux contextes de type F.



**F** Le seul aquifère potentiellement exploitable à L'Isle-aux-Coudres est l'aquifère de roc fracturé.

Vrai  Faux

**M** Dans la vallée de la rivière du Gouffre, on retrouve parfois un aquifère de dépôts meubles en surface, sur un aquitard, sur un aquifère de dépôts meubles enfoui, sur le roc.

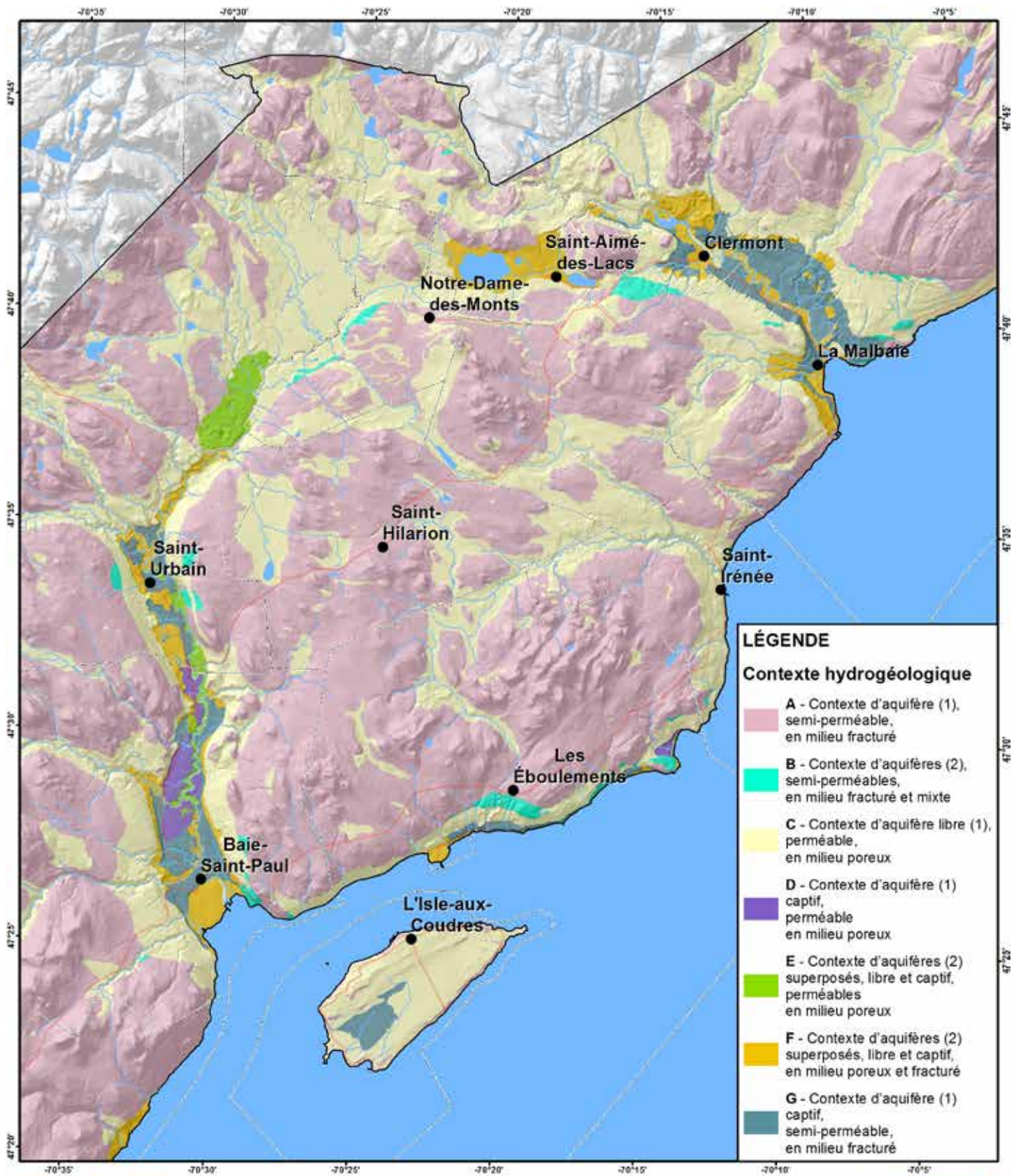
Vrai  Faux

**M** On retrouve des sédiments argileux majoritairement dans les vallées des rivières du Gouffre et Malbaie.

Vrai  Faux

**M** De quoi sont constitués les aquifères du contexte hydrogéologique B?



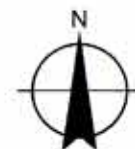


### Contextes hydrogéologiques

#### Secteur de Charlevoix

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Limites hydrogéologiques régionales – milieux perméables et imperméables

## Définition

Les milieux poreux perméables constituent des **AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES** potentiels. Plus les pores sont gros et interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus la **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est élevée, c'est-à-dire que l'eau peut pénétrer et circuler facilement. Les milieux imperméables confinent les unités hydrogéologiques perméables sous-jacentes en isolant de la surface l'eau souterraine qu'il contiennent. Le **CONFINEMENT** influence les divers processus dynamiques et chimiques de l'eau souterraine, en limitant ou favorisant la recharge de l'aquifère ou encore sa protection par rapport à une contamination provenant de la surface.



**CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** page 12  
**AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES** page 13  
**CONFINEMENT** page 15

## Méthode utilisée

La cartographie régionale constitue la représentation selon un ordre absolu des unités hydrogéologiques de base regroupées selon leur perméabilité. Ce mode de visualisation permet d'observer la superposition de grandes unités délimitées par leurs perméabilités, mais pouvant être hydrogéologiquement distinctes.

La cartographie des milieux poreux représente :

1. Les unités perméables et imperméables affleurantes issues de la cartographie quaternaire.
2. Les unités perméables et imperméables sous couverture issues des interprétations des coupes stratigraphiques.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Dix municipalités captent l'eau souterraine exclusivement dans ce type de milieu dont : Colombier, Forestville, Portneuf-sur-Mer, Longue-Rive, Tadoussac, Sacré-Coeur, Baie-Sainte-Catherine, Clermont, Notre-Dame-des-Monts et Petite-Rivière-Saint-François. Baie-Saint-Paul et Saint-Siméon captent aussi une partie de leur eau dans ce type d'aquifère.

De grandes unités imperméables sont présentes sur la Haute-Côte-Nord (plus de 100 m) et dans les vallées de Charlevoix. Elles sont le plus souvent recouvertes d'unités perméables.



**F** Les sédiments perméables sont généralement présents sur les hauts topographiques et absents dans les vallées.

Vrai  Faux

**F** On retrouve des sédiments imperméables dans la municipalité de Saint-Aimé-des-Lacs.

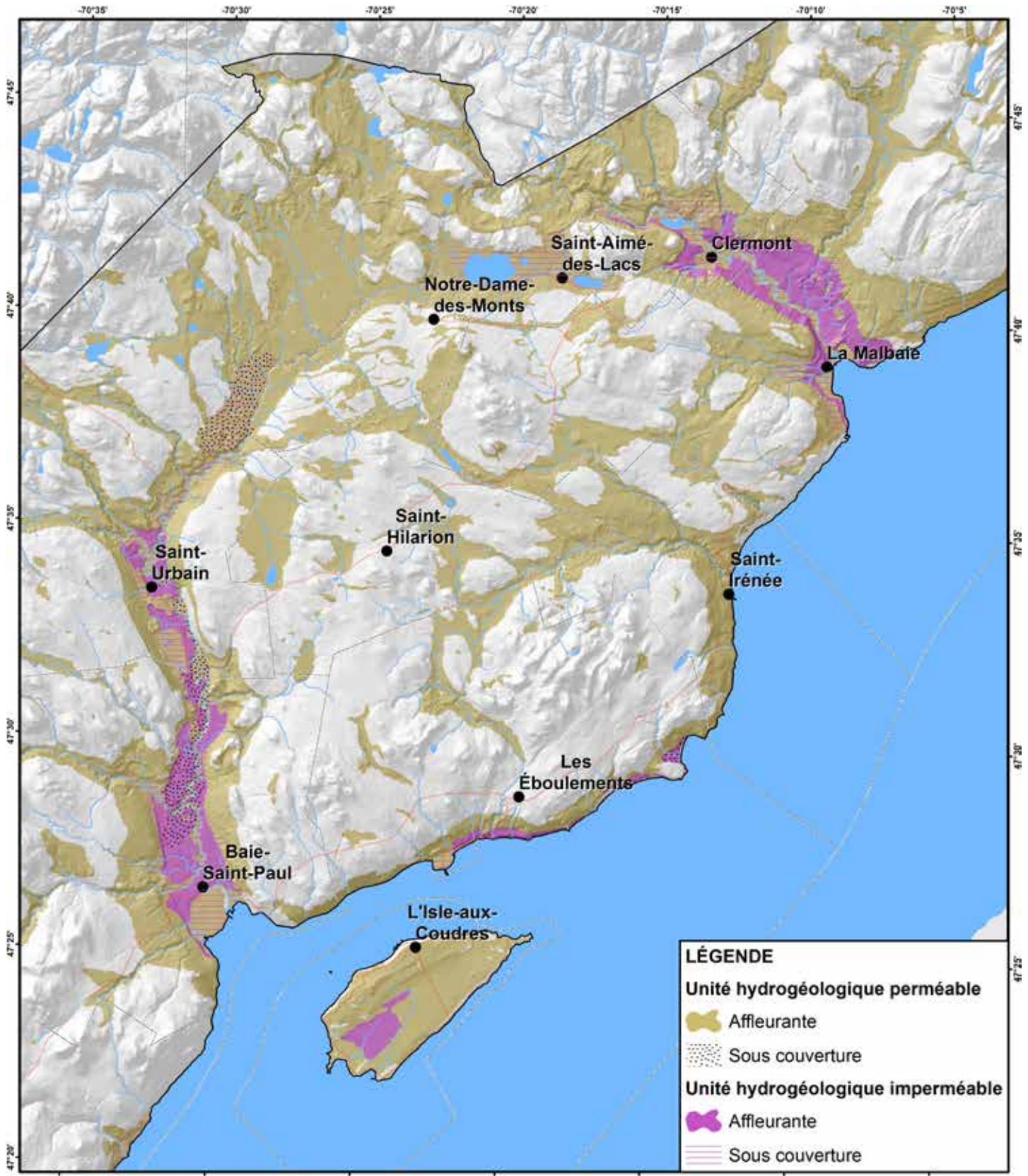
Vrai  Faux

**F** Une nappe libre est alimentée par l'eau des précipitations qui s'est infiltrée récemment.

Vrai  Faux

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



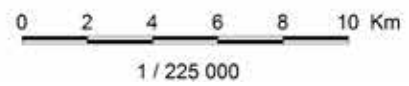


**LÉGENDE**

- Unité hydrogéologique perméable
  - Afléurante
  - Sous couverture
- Unité hydrogéologique imperméable
  - Afléurante
  - Sous couverture



**Limites des unités hydrogéologiques perméables et imperméables**  
*Secteur de Charlevoix*



# Limites hydrogéologiques régionales – milieux semi-perméables

## Définition

Dans les milieux rocheux cristallins ou sédimentaires, la **POROSITÉ** primaire (des pores) est souvent faible, la perméabilité est, dans ce cas, influencée par la **POROSITÉ** secondaire (des fractures). La connexion des vides en milieu fracturé dépend donc essentiellement de l'intensité et des connexions de la fracturation. Les milieux **AQUIFÈRES DE ROC FRACTURÉ** étant très hétérogènes, il est difficile d'évaluer leur nature plus ou moins perméable. Ces milieux sont donc, dans le cadre d'un portrait hydrogéologique régional, considérés comme des milieux semi-perméables.



**POROSITÉ** page 12  
**AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ** page 13

## Méthode utilisée

La cartographie régionale constitue la représentation selon un ordre absolu des unités hydrogéologiques de base regroupées selon leur perméabilité. Ce mode de visualisation permet d'observer la superposition de grandes unités délimitées par leurs perméabilités, mais pouvant être hydrogéologiquement distinctes.

La cartographie des milieux mixtes (milieux calcaires fracturés) et fracturés (milieux cristallins fracturés) représente :

1. Les unités semi-perméables en milieu fracturé à l'affleurement et sous couverture ;
2. Les unités semi-perméables en milieu mixte à l'affleurement et sous couverture.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Cinq municipalités captent l'eau souterraine exclusivement dans ce type de milieu dont : La Malbaie, Saint-Aimé-des-Lacs, Saint-Hilarion, Saint-Urbain et Les Éboulements. Baie-Saint-Paul et Saint-Siméon captent aussi une partie de leur eau souterraine dans ce type d'aquifère.

Les milieux géologiques sédimentaires, qui regroupent les roches de la Plate forme du Saint-Laurent et de la Province des Appalaches, sont essentiellement présents dans les vallées des rivières du Gouffre et Malbaie. De façon très générale, ce type de milieux présente une fracturation importante sur le territoire.

Les milieux géologiques cristallins de la Province de Grenville peuvent présenter localement de bonnes capacités d'exploitation. À l'exception de L'Isle-aux-Coudres, ils couvrent l'ensemble du territoire de CHCN, soit en affleurement, soit sous couverture des roches sédimentaires de la Plate forme du Saint-Laurent.



**F** Les aquifères de roc sous couverture sont toujours à nappe captive.

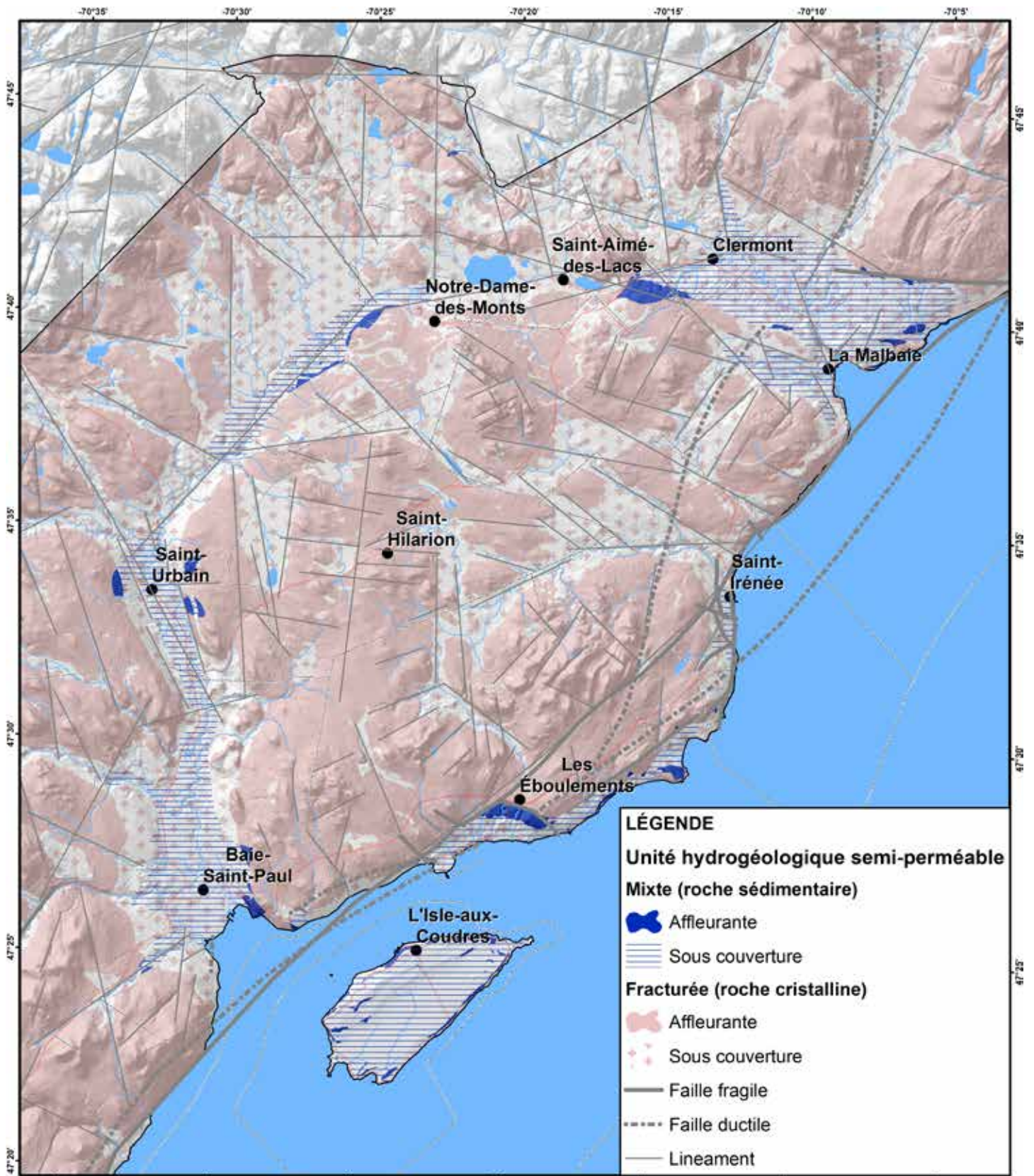
Vrai  Faux

**F** On retrouve deux types de milieux aquifères de roc fracturé qui se superposent sur la municipalité de Saint-Irénée.

Vrai  Faux

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





**Limites des unités hydrogéologiques  
 semi-perméables  
 Secteur de Charlevoix**

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Piézométrie

## Définition

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



**NAPPE** page 12,  
**PIÉZOMÉTRIE,**  
**NIVEAU**  
**PIÉZOMÉTRIQUE**  
page 16

## Méthode utilisée

Peu de points de cote piézométrique issus d'ouvrages (puits ou forages) sont présents sur le territoire et ils présentent une grande variabilité dans la distribution spatiale. Pour obtenir une quantité appréciable de données avec une répartition plus homogène, il a été choisi de n'utiliser que les valeurs de cotes issues de l'élévation du réseau hydrographique, hypothétiquement assimilé à un « affleurement » de la surface des nappes souterraines, pour déterminer, par interpolation sur des mailles de 250 x 250 m, la surface piézométrique régionale. Les points de cote piézométrique issus d'ouvrages sont, par la suite, utilisés pour vérifier la validité de cette hypothèse.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

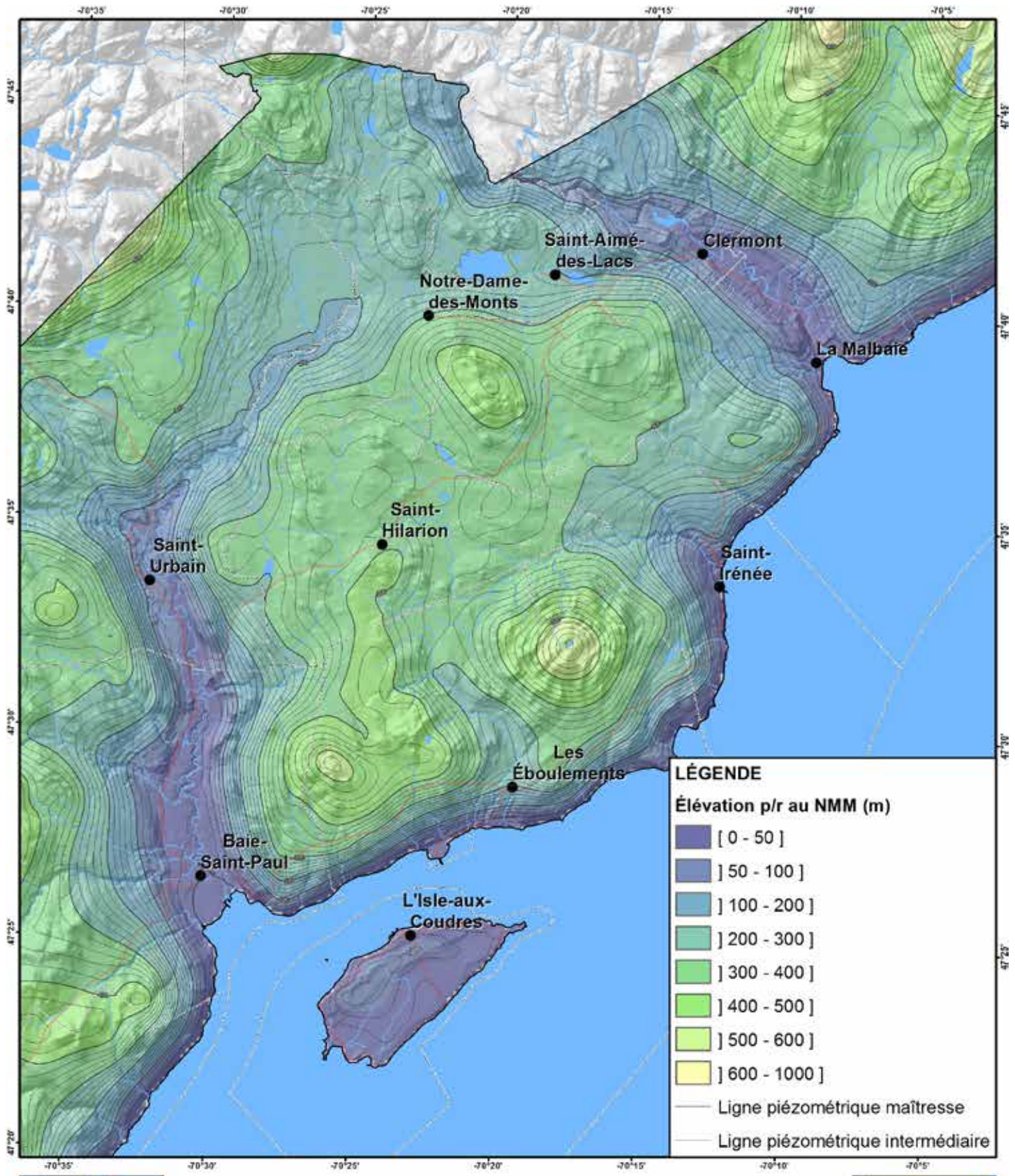
La profondeur estimée de l'eau souterraine varie entre 0 et 450 m pour une moyenne régionale de 38 m. Toutefois, les valeurs de profondeur de plus de 100 m sont considérées des anomalies non réalistes résultant de l'approche indirecte d'estimation de ce paramètre. Les valeurs les plus élevées sont observées sur les hauts reliefs des Laurentides, principalement sur le territoire de Charlevoix qui présente la plus forte variabilité de profondeurs estimées. En comparaison la région de la Haute-Côte-Nord présente des variations de plus faible amplitude entre 0 et 50 m.

L'élévation des isopièzes varie de 0 à 900 m par rapport au niveau moyen de la mer (NMM) pour le territoire de Charlevoix. Ces variations sont moins prononcées sur la Haute-Côte-Nord avec une gamme entre 0 et 250 m d'altitude. Régionalement, l'écoulement s'effectue du nord-ouest au sud-est, plus généralement des hauts reliefs vers le fleuve Saint-Laurent. Localement, les écoulements sont orientés vers l'hydrographie principale telle que les rivières Saguenay, du Gouffre et Malbaie, qui constituent les principales zones de décharge des eaux souterraines.



- F** La municipalité de Saint-Hilarion reçoit une part importante de son eau souterraine depuis la municipalité de Saint-Urbain.  
Vrai  Faux
- F** L'eau souterraine s'écoule localement des hauts topographiques vers les vallées des rivières du Gouffre et Malbaie qui constituent des exutoires de l'eau souterraine.  
Vrai  Faux
- D** Le gradient hydraulique étant élevé sur la municipalité des Éboulements, l'écoulement souterrain est probablement rapide et le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère est probablement court.  
Vrai  Faux
- F** Comment peut-on obtenir la profondeur de la nappe depuis le niveau piézométrique?

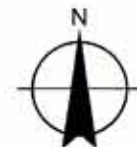




**Piézométrie régionale**  
*Secteur de Charlevoix*



1 / 225 000



# Recharge et résurgence

## Définition

La **RECHARGE** correspond à la quantité d'eau qui alimente l'aquifère depuis l'infiltration en surface. L'estimation de la recharge est nécessaire pour évaluer les ressources disponibles en eau souterraine, car les débits qui peuvent être exploités de façon durable dépendent du renouvellement de l'eau souterraine. Une **RÉSURGENCE** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface, soit sous forme de source, soit dans les cours d'eau ou les milieux humides. Les résurgences peuvent se produire lorsque le niveau (ou la pression) de la nappe d'un aquifère dépasse le niveau de la surface du sol.



**RECHARGE,  
RÉSURGENCE**  
page 16

## Méthode utilisée

La recharge annuelle a été estimée par bilan hydrologique pour les années 2005 à 2009. Les zones de forte recharge sont celles où la recharge est estimée supérieure à 250 mm/an. Les zones de recharge préférentielle sont définies comme celles où la proportion de la recharge est estimée supérieure à 40% des précipitations. Elles représentent une subdivision des zones de forte recharge, indépendantes des conditions climatiques, caractéristiques de zone de forte infiltration.

Les résurgences sont classées, suivant leurs étendues et leur débit, selon les trois classes suivantes :

- Les sources sont des résurgences ponctuelles avec un débit soutenu pouvant servir à l'alimentation en eau potable.
- Les zones de suintements sont des résurgences diffuses et linéaires le long de parois ou de rupture de pentes topographiques avec de très faibles débits.
- Les affleurements de la nappe sont des résurgences diffuses et surfaciques constituant des zones de milieux humides et une partie de l'hydrographie.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

La recharge présente régionalement une variation de 56 mm à 764 mm par année. Les zones de forte recharge sont représentatives des basses terres sur la Haute-Côte-Nord et des vallées dans Charlevoix. Généralement les plus grandes quantités d'eau de recharge sont localisées dans les vallées des cours d'eau principaux. Une zone de forte recharge est également présente à l'extrême sud de la région d'étude dans la municipalité de Petite-Rivière-Saint-François, principalement en raison des fortes précipitations enregistrées dans ce secteur.

Au total, 19 sources ont été répertoriées sur l'ensemble du territoire.



**F** Les sources sont rares dans le secteur de Charlevoix.

Vrai  Faux

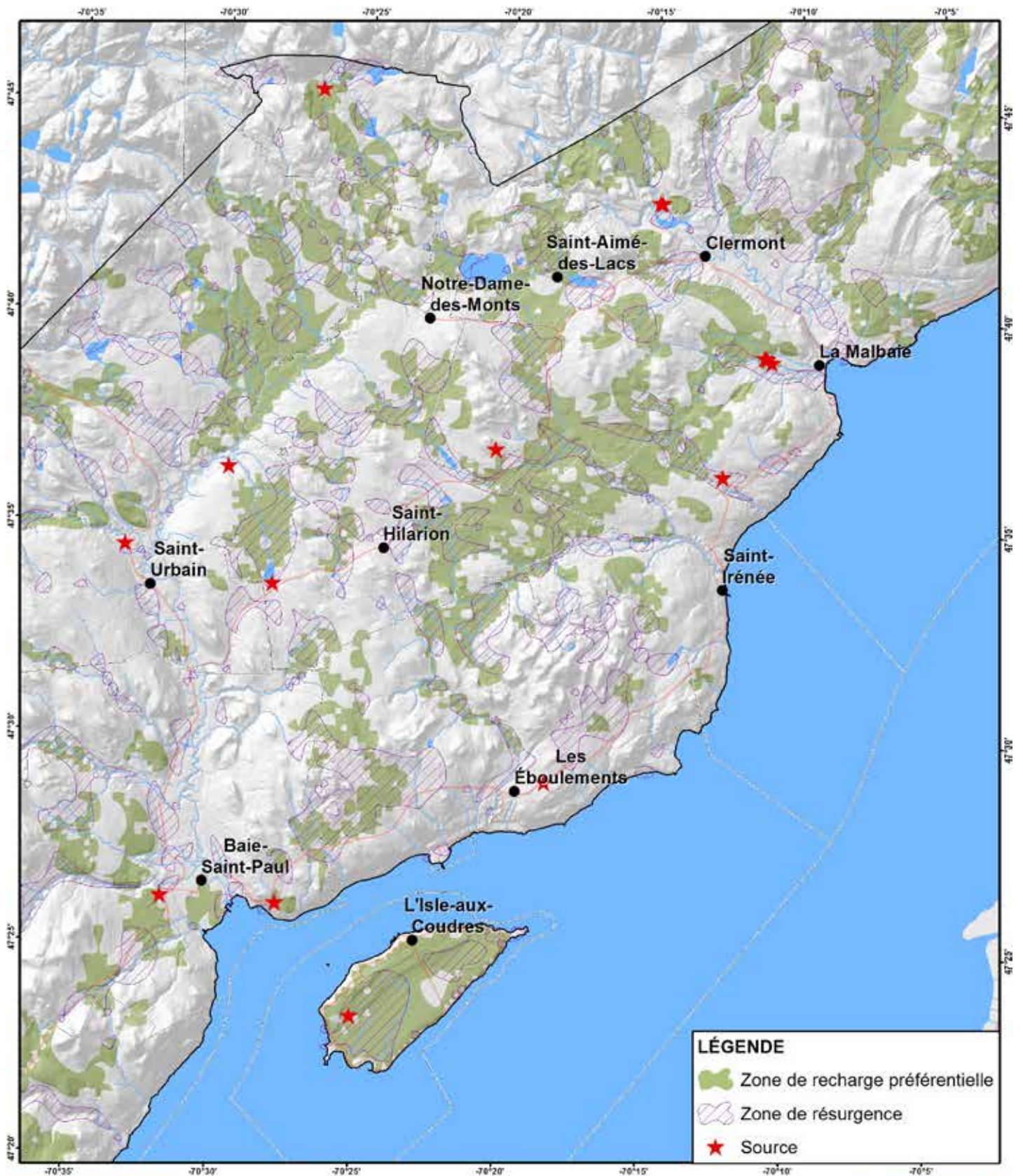
**M** La nappe affleure relativement fréquemment dans le secteur de Charlevoix.

Vrai  Faux

**M** Qu'est-ce qui limite la recharge dans les portions aval des vallées des rivières du Gouffre et Malbaie?

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

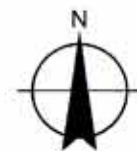




**Zones de recharge préférentielle  
et de résurgence  
Secteur de Charlevoix**

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



# Vulnérabilité

## Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. La carte de vulnérabilité permet d'intégrer un ensemble de propriétés hydrogéologiques de l'aquifère, intégrant ainsi les connaissances de la région en un indice pouvant servir d'outil pour la prise de décision en matière d'aménagement et de gestion du territoire en vue de prévenir la contamination de l'eau souterraine par des activités anthropiques potentiellement polluantes.



**VULNÉRABILITÉ,  
DRASTIC** page 17

## Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m x 250 m, pour l'aquifère situé le plus près de la surface, à l'aide de la méthode **DRASTIC** qui permet le calcul d'un indice à partir de 7 paramètres physiques et hydrogéologiques. L'indice DRASTIC peut varier de 23 à 226. Trois classes de degrés de vulnérabilité sont définies par le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Gouvernement du Québec, 2015b) :

- « Faible » : indice de 100 ou moins,
- « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180,
- « Élevé » : indice de 180 ou plus.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Le territoire dont la vulnérabilité est faible correspond principalement aux secteurs où le premier aquifère rencontré est constitué de roc fracturé ou de till mince en couverture.

Les secteurs où la vulnérabilité est moyenne correspondent aux suivants :

- dans les hautes terres du territoire CHCN, là où l'on retrouve du till en couverture continue ;
- dans le secteur de l'astrolème, notamment dans les vallées du Gouffre et de la Malbaie, et dans le secteur des collines, ainsi que dans le secteur des basses terres de la Haute-Côte-Nord ;
- dans le secteur de L'Isle-aux-Coudres.

Les secteurs où la vulnérabilité est élevée se concentrent principalement dans les municipalités suivantes :

- au nord de Saint-Urbain ;
- au nord-est de La Malbaie ;
- à l'ouest de Sacré-Coeur ;
- au nord-est des Bergeronnes ;
- au sud de Portneuf-sur-Mer.



**F** Les eaux souterraines de L'Isle-aux-Coudres sont bien protégées de la contamination.

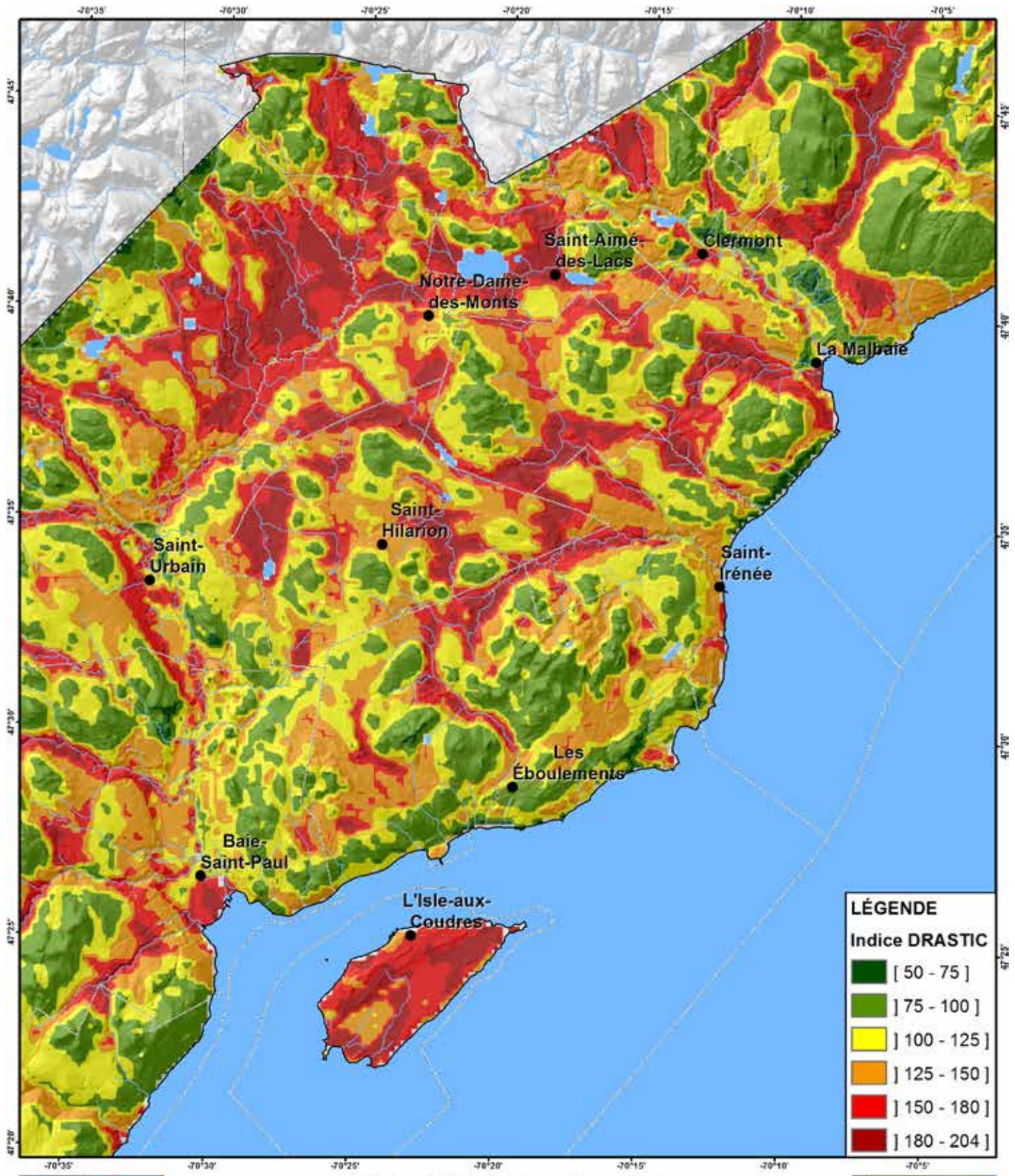
Vrai  Faux

**M** La vulnérabilité faible sur les hauts topographiques est causée par la présence de sédiments argileux imperméables.

Vrai  Faux

**D** À l'aide de cette carte, pourquoi ne peut-on pas déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits tel qu'exigé par le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection?

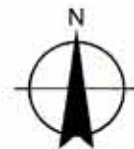




**Vulnérabilité de l'aquifère situé  
le plus près de la surface  
Secteur de Charlevoix**

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



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

## Définition

La qualité de l'eau potable s'évalue en comparant les constituants physicochimiques de l'eau aux normes et recommandations existantes. Les **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES** (CMA) sont des normes bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la santé humaine.



**CONCENTRATIONS  
MAXIMALES  
ACCEPTABLES**

page 18

## Méthode utilisée

Une campagne d'échantillonnage d'eau souterraine réalisée en 2013 et 2014 a permis l'analyse de 133 échantillons provenant de 114 stations (puits ou résurgences) du territoire de CHCN. Des 126 échantillons respectant le contrôle de qualité, 55 proviennent d'aquifères en milieu poreux, 70 d'aquifères en milieu fracturé et 1 d'un milieu inconnu.

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Des dépassements de CMA de 14 échantillons répartis en 10 stations ont été relevés pour les deux paramètres suivants :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nombre de dépassements de la CMA	Norme fondée sur :
Fluorures (F)	1,5 mg/l	11	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Uranium (U)	0,02 mg/l	5	Effets sur les reins (différentes lésions)

Tous les échantillons présentant un dépassement de la CMA des fluorures, à l'exception d'un seul, proviennent d'un milieu aquifère fracturé. Les concentrations analysées peuvent atteindre trois fois la norme. L'échantillon présentant la concentration maximale observée (4,5 mg/l) affiche aussi un dépassement pour l'uranium.

Deux des concentrations supérieures à la CMA de l'uranium ont été mesurées dans l'eau du même puits, mais pour deux années différentes (2013 et 2014). Tous les dépassements notés ne dépassent pas plus de 10% de la norme et les échantillons proviennent tous d'un milieu aquifère fracturé.

## Signature géochimique de l'eau souterraine :

Les eaux douces de type carbonaté (Na-Ca)-HCO<sub>3</sub> proviennent majoritairement d'aquifères granulaires de l'ensemble du territoire de CHCN et leur signature hydrogéochimique est représentative des eaux de recharge, soit les moins évoluées.

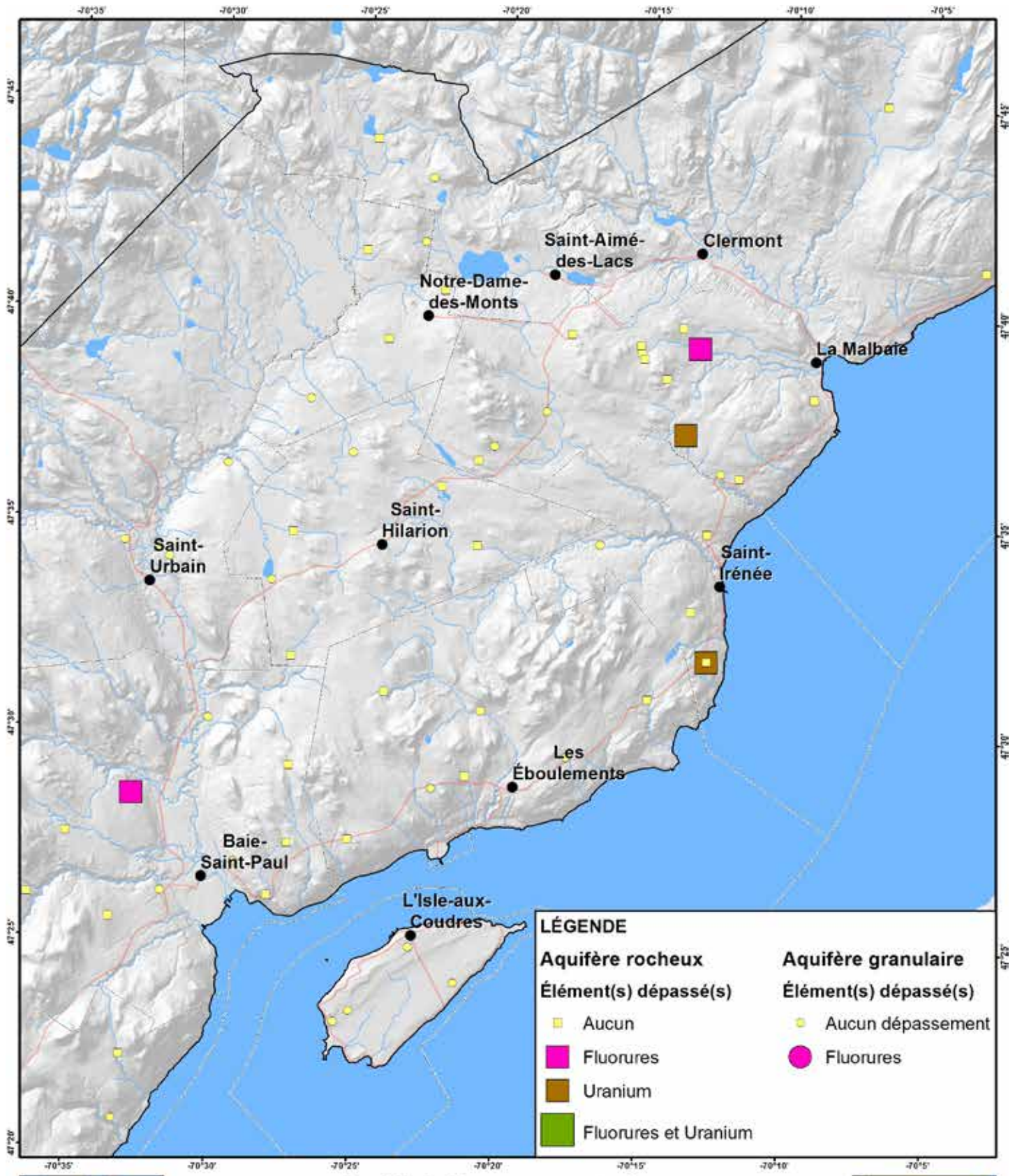
Les eaux souterraines salées de type chloruré (Na-Ca)-Cl correspondent majoritairement à des eaux souterraines les plus évoluées qui proviennent d'aquifères de roc fracturé confinés. Les eaux salées sont principalement localisées en bordure du fleuve Saint-Laurent. Leur présence peut résulter d'eaux souterraines profondes qui font résurgence à proximité du fleuve Saint-Laurent ou encore des mélanges avec des intrusions d'eaux salées.

Les eaux dont la composition hydrogéochimique est intermédiaire proviennent probablement d'aquifères poreux et de roc fracturé interconnectés.

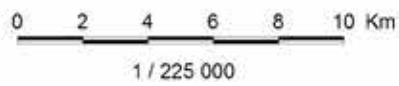


- F** Les problèmes de potabilité de l'eau souterraine de ce secteur de Charlevoix proviennent tous d'aquifères de roc fracturé. Vrai  Faux
- M** La campagne d'échantillonnage du PACES-CHCN a permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique n'existe sur le territoire. Vrai  Faux
- M** Pour les puits d'alimentation où aucun problème lié à la potabilité de l'eau n'a été identifié, pourquoi est-il tout de même recommandé de faire un suivi de la qualité de l'eau?





**Qualité de l'eau - concentrations maximales acceptables (CMA)**  
**Secteur de Charlevoix**



# Qualité de l'eau – Critères esthétiques

## Définition

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



**OBJECTIFS ESTHÉTIQUES**  
page 18

**Méthode utilisée** – voir les critères pour l'eau potable (page 62).

## Interprétation pour le territoire de Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Des dépassements d'OE de 56 échantillons répartis en 46 stations ont été relevés pour les dix paramètres suivants :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nombre de dépassements de l'OE	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/l	6	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/l	5	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté	≤ 200 CaCO <sub>3</sub> mg/l	4	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/l	17	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/l	23	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matières dissoutes totales	≤ 500 mg/l	11	Goût et entartrage
Sodium (Na)	≤ 200 mg/l	4	Goût
Sulfures (S <sup>2-</sup> )	≤ 0,05 mg/l	1 *	Goût et odeur
pH	entre 6,5 et 8,5	46	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement
Température	≤ 15 °C	3	Effets sur la désinfection, contrôle de la corrosion et formation de films biologiques dans le réseau de distribution

\* Les sulfures ont été analysés seulement pour deux échantillons soit ceux présentant une forte odeur de soufre lors du prélèvement.

Les dépassements en **aluminium** atteignent jusqu'à 7 fois l'OE et proviennent tous d'aquifères granulaires de la Haute-Côte-Nord.

Les dépassements en **chlorures** et en **sodium** sont entre 2 et 3 fois supérieures à l'OE.

Les dépassements en **dureté** atteignent jusqu'à une fois et demie l'OE et proviennent tous d'aquifères rocheux fracturés.

Les dépassements en **fer** atteignent jusqu'à 80 fois l'OE et proviennent à parts égales d'aquifères granulaires et rocheux fracturés.

Les dépassements en **manganèse** atteignent jusqu'à 40 fois l'OE et proviennent majoritairement d'aquifères rocheux fracturés.

Les dépassements en **matières dissoutes totales** atteignent jusqu'à 4 fois l'OE et proviennent en majorité d'aquifères rocheux fracturés.

L'eau des milieux granulaires est caractérisée par des **pH** généralement faibles pour lesquels 1 échantillon sur 4 ne respecte pas l'OE.

L'eau des milieux aquifères fracturés montre des **pH** majoritairement supérieurs à ceux des milieux granulaires.

Les dépassements en **température** se situent tous dans le secteur de Charlevoix et proviennent d'aquifères granulaires.



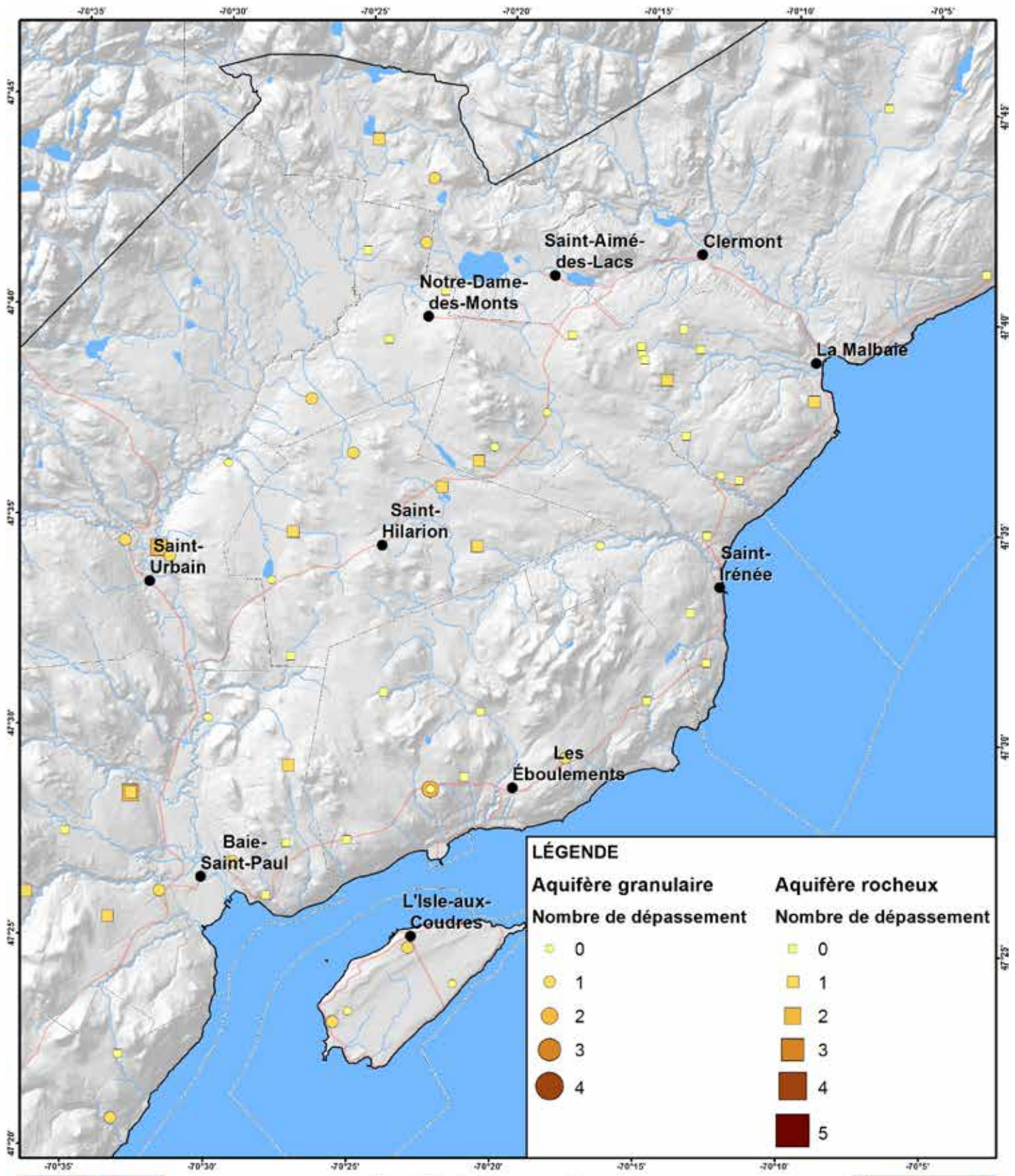
**M** Puisque l'eau souterraine sur les hauts topographiques provient d'une recharge récente, elle est évoluée et minéralisée.

Vrai  Faux

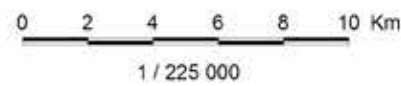
**M** Pourquoi les dépassements en pH sont-ils problématiques?

**D** Près de 20% des échantillons d'eau de CHCN présentent un dépassement en manganèse. Quel(s) problème(s) cela représente-t-il pour la consommation en eau potable?

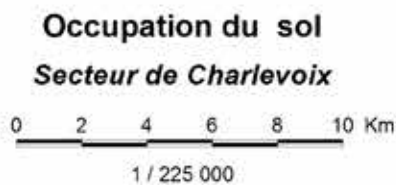
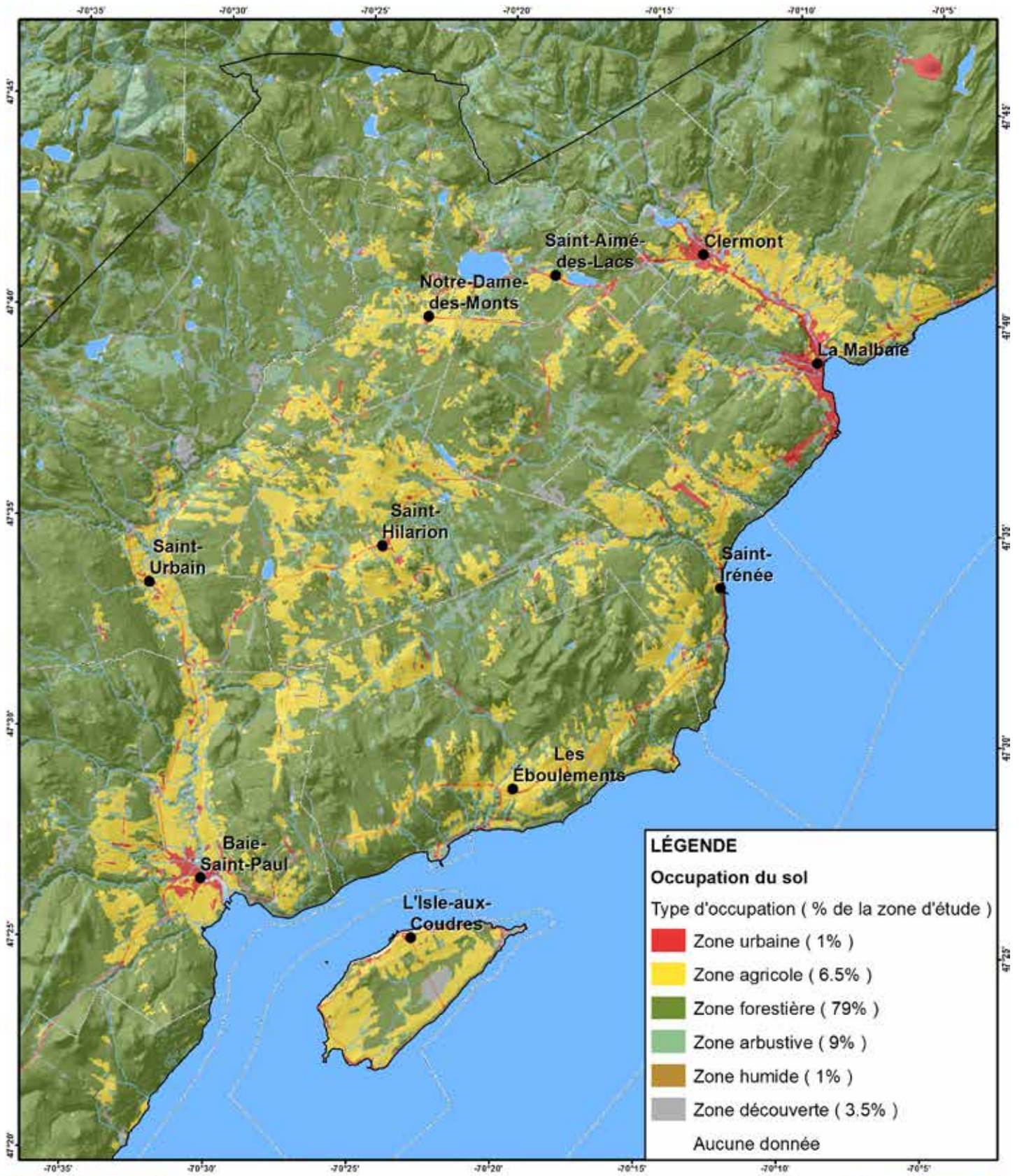




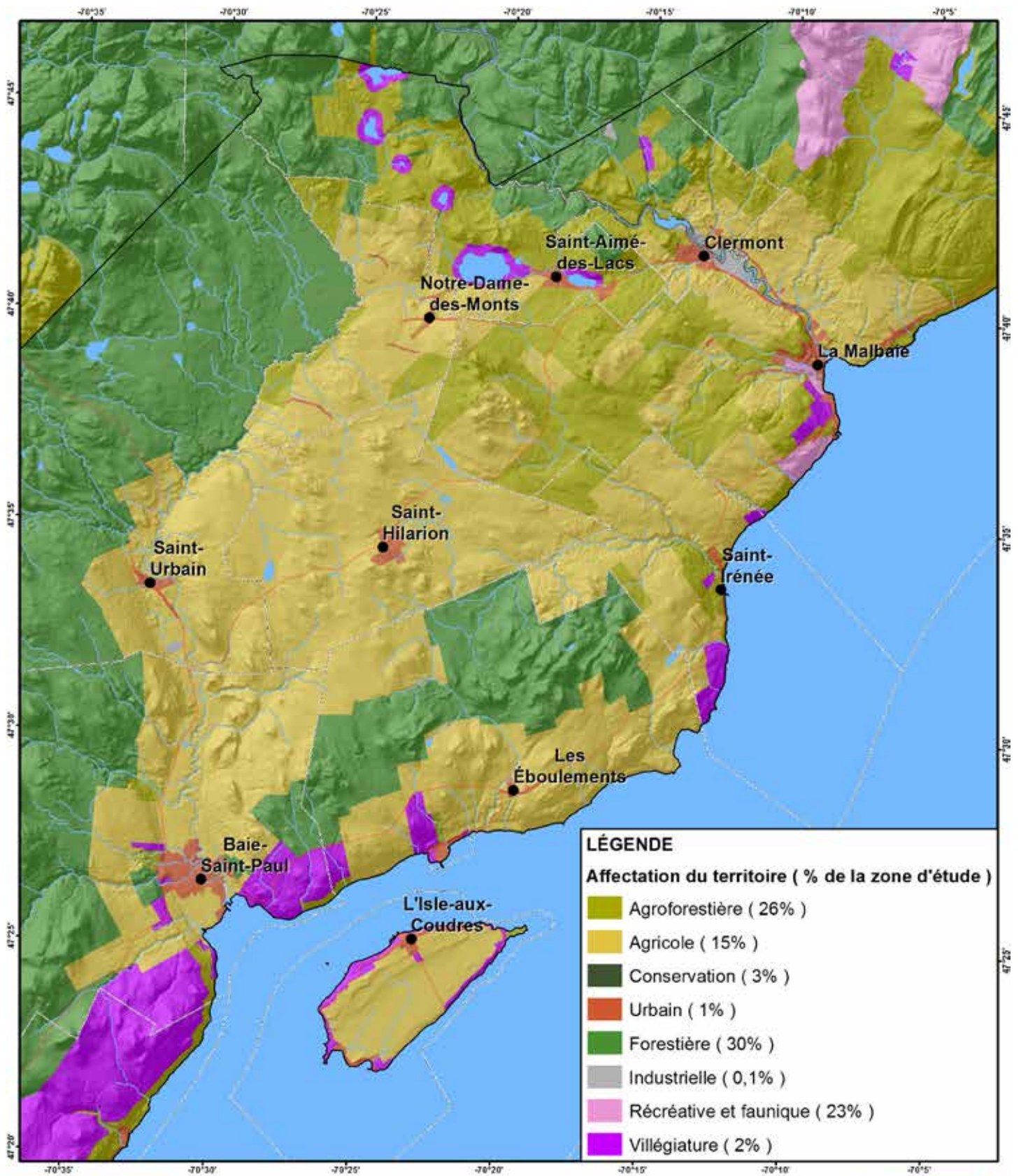
**Qualité de l'eau - objectifs esthétiques (OE)**  
**Secteur de Charlevoix**







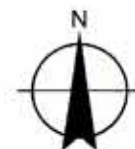




**Affectation du territoire**  
*Secteur de Charlevoix*

0 2 4 6 8 10 Km

1 / 225 000



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

---



Exercice de synthèse 2 : Dans le secteur de Charlevoix, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

---

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

---

# Bibliographie

---

- CERM-PACES, 2015. Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de Charlevoix, Charlevoix-Est et La Haute-Côte-Nord. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi. [En ligne], ([http://pcdt.uqac.ca/pcdtchcn/rapport\\_scientifique/CHCN\\_Rapport\\_Scientifique.pdf](http://pcdt.uqac.ca/pcdtchcn/rapport_scientifique/CHCN_Rapport_Scientifique.pdf)). Page consultée le 11 mai 2017.
- Cloutier, V., Blanchette, D., Dallaire, P.-L., Nadeau, S., Rosa, E., et Roy, M. 2013. Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue (partie 1). Rapport final déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Rapport de recherche P001. Groupe de recherche sur l'eau souterraine, Institut de recherche en mines et en environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 135 p., 26 annexes, 25 cartes thématiques (1:100 000). [En ligne], ([http://rques.ca/rques/wp-content/uploads/sites/72/2016/08/PACES-AT1\\_Rapport\\_Final\\_GRES-UQAT.pdf](http://rques.ca/rques/wp-content/uploads/sites/72/2016/08/PACES-AT1_Rapport_Final_GRES-UQAT.pdf)). Page consultée le 11 mai 2017.
- Ferlatte, M., Tremblay, Y., Rouleau, A. et Larouche, U. F. 2014. Notions d'hydrogéologie - Les eaux souterraines pour tous. Première Édition. Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES). 63 p. [En ligne], ([http://rques.ca/wp-content/uploads/sites/72/2016/08/HYDROGEOLOGIE\\_notions\\_et\\_figures\\_oct2014.pdf](http://rques.ca/wp-content/uploads/sites/72/2016/08/HYDROGEOLOGIE_notions_et_figures_oct2014.pdf)). Page consultée le 11 mai 2017.
- Gouvernement du Québec (2015a). Règlement sur la qualité de l'eau potable. Loi sur la qualité de l'environnement. Q-2, r. 40. [En ligne], (<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2040/>). Page consultée le 11 mai 2017.
- Gouvernement du Québec (2015b). Règlement sur le prélèvement des sources et leur protection. Loi sur la qualité de l'environnement. Q-2, r. 35.2. [En ligne], (<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035.2/>). Page consultée le 11 mai 2017.
- Leblanc, Y., Légaré, G., Lacasse, K., Parent, M. et Campeau, S. (2013). Caractérisation hydrogéologique du sud-ouest de la Mauricie. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 134 p., 15 annexes et 30 documents cartographiques (1:100 000). [En ligne], ([https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/GSC1456/F1542720878\\_Rapport\\_final\\_05juin.pdf](https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/GSC1456/F1542720878_Rapport_final_05juin.pdf)). Page consultée le 11 mai 2017.
- Santé Canada (2014). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Tableau sommaire. Préparé par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement. [En ligne], ([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/sum\\_guide-res\\_recom/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/index-fra.php)). Page consultée le 11 mai 2017.
- Siim Sepp (2005). Wikipédia – Argile. Argilite en Estonie. [En ligne], (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Argile>). Page consultée le 11 mai 2017.



# Mes notes personnelles

---



**Les partenaires du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux des territoires municipalisés de Charlevoix, de Charlevoix-Est et de La Haute-Côte-Nord :**



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

