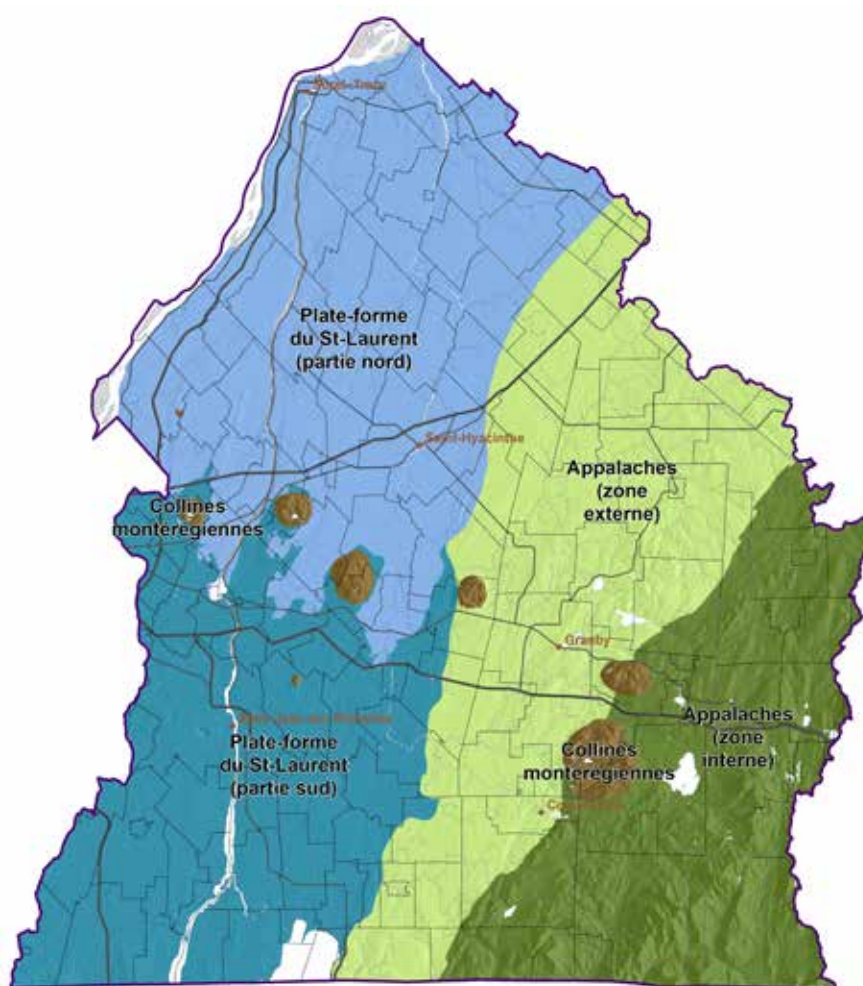


1^{er} atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est

CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,
l'INRS Centre – Eau Terre Environnement,
la Commission géologique du Canada et l'UQTR

Avril 2015

Ce 1er atelier de transfert des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) en Montérégie Est s'inscrit dans le cadre du projet Protéger et gérer les eaux souterraines, rendu possible grâce au financement du Programme de soutien à la valorisation et au transfert du ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations. Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), l'Institut national de la recherche scientifique, Centre – Eau Terre Environnement (INRS-ETE), la Commission géologique du Canada (CGC) et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement:

- Christine Rivard, chercheure en hydrogéologie, CGC, responsable du projet Richelieu-Yamaska (projet de la CGC réalisé dans la même région que le projet PACES)
- Marc-André Carrier, professionnel de recherche en hydrogéologie, INRS-ETE, équipe de recherche du PACES en Montérégie Est
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert du RQES
- Yohann Tremblay, agent de transfert du RQES, préparation de l'atelier de transfert
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conception de l'atelier de transfert

Références à citer

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

Carrier, M.-A., Lefebvre, R., Rivard, C., Parent, M., Ballard, J.-M., Benoit, N., Vigneault, H., Beaudry, C., Malet, X., Laurencelle, M., Gosselin, J.-S., Ladevèze, P., Thériault, R., Gloaguen, E., Beaudin, I., Michaud, A., Pugin, A., Morin, R., Crow, H. Bleser, J., Martin, A., Lavoie, D. (2013) Portrait des ressources en eau souterraine en Montérégie Est, Québec, Canada. Projet réalisé conjointement par l'INRS, la CGC, l'OBV Yamaska et l'IRDA dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du MDDEFP et du Programme de Cartographie des eaux souterraines de la CGC, Rapport final INRS R-1433, soumis en juin 2013.

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 en Montérégie Est :

Tremblay, Y., Ruiz, J., Rivard, C et Carrier, M.-A. 2015. 1er atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du PACES en Montérégie Est, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'INRS-ETE, de la CGC et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

Le réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES)

Le RQES a pour mission de consolider et d'étendre les collaborations entre les équipes de recherche universitaire et le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) d'une part, et les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, les consultants, les établissements d'enseignement et autres organismes intéressés au domaine des eaux souterraines au Québec, en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

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

Pour en savoir plus : <http://www.rques-gries.ca/>

Le Centre – Eau Terre Environnement de l'INRS

En 1969, le gouvernement du Québec a créé l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), une des composantes du réseau de l'Université du Québec (UQ). L'INRS est composée de quatre centres de recherche et compte 150 professeurs. L'INRS est une université non conventionnelle dédiée à la recherche scientifique grâce à ses programmes de formation concentrés aux 2^e et 3^e cycles (maîtrise et doctorat). Les 36 professeurs du Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE), situé à Québec, contribuent à l'avancement des connaissances en vue d'améliorer la protection, la conservation et la mise en valeur des ressources naturelles. Les chercheurs du Centre concentrent leurs activités dans quatre domaines de recherche : hydrologie, assainissement et valorisation, biogéochimie aquatique et terrestre, ainsi que géosciences.

Pour en savoir plus : <http://www.ete.inrs.ca/>

La Commission géologique du Canada

Rattachée au ministère fédéral Ressources naturelles Canada, la Commission géologique du Canada (CGC) est la plus ancienne organisation scientifique du Canada. Elle a été fondée en 1842 pour assurer l'essor de l'industrie canadienne des minéraux. Au fil du temps, la CGC a dû reformuler les énoncés de sa mission et de sa vision afin de s'adapter aux nouvelles réalités. De nos jours, la CGC est l'organisme national d'information et de recherche dans le domaine géoscientifique du Canada. La CGC contribue à la mise en valeur durable des ressources minérales, énergétiques et hydriques du Canada, à la protection de l'environnement, à la gestion des risques géologiques naturels et des dangers s'y rattachant, ainsi qu'à l'innovation technologique.

Pour en savoir plus : <http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/sciences/geologie/cgc/17101>

Table des matières

Index des notions clés	7
Guide de lecture du cahier des participants	8
Votre équipe de formation	9
1. Les notions hydrogéologiques fondamentales	11
Nappe, aquifère et aquitard	12
Conditions de confinement	13
Différents types d'aquifères	14
Types de dépôts meubles	15
Piézométrie	16
Recharge et résurgence	16
Vulnérabilité de l'eau souterraine	17
Qualité de l'eau	18
2. Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine	19
Résumé du PACES en Montérégie Est	20
Les limites générales de l'étude	21
Utilisation de l'eau souterraine en Montérégie Est	21
Cinq contextes hydrogéologiques distincts en Montérégie Est	22
3. Les contextes hydrogéologiques des Appalaches	25
Épaisseur des dépôts meubles	26
Contextes hydrogéologiques	28
Conditions de confinement	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
Modèle conceptuel hydrogéologique	42
Exercice de synthèse 1	46
Exercice de synthèse 2	47
Exercice de synthèse 3	48

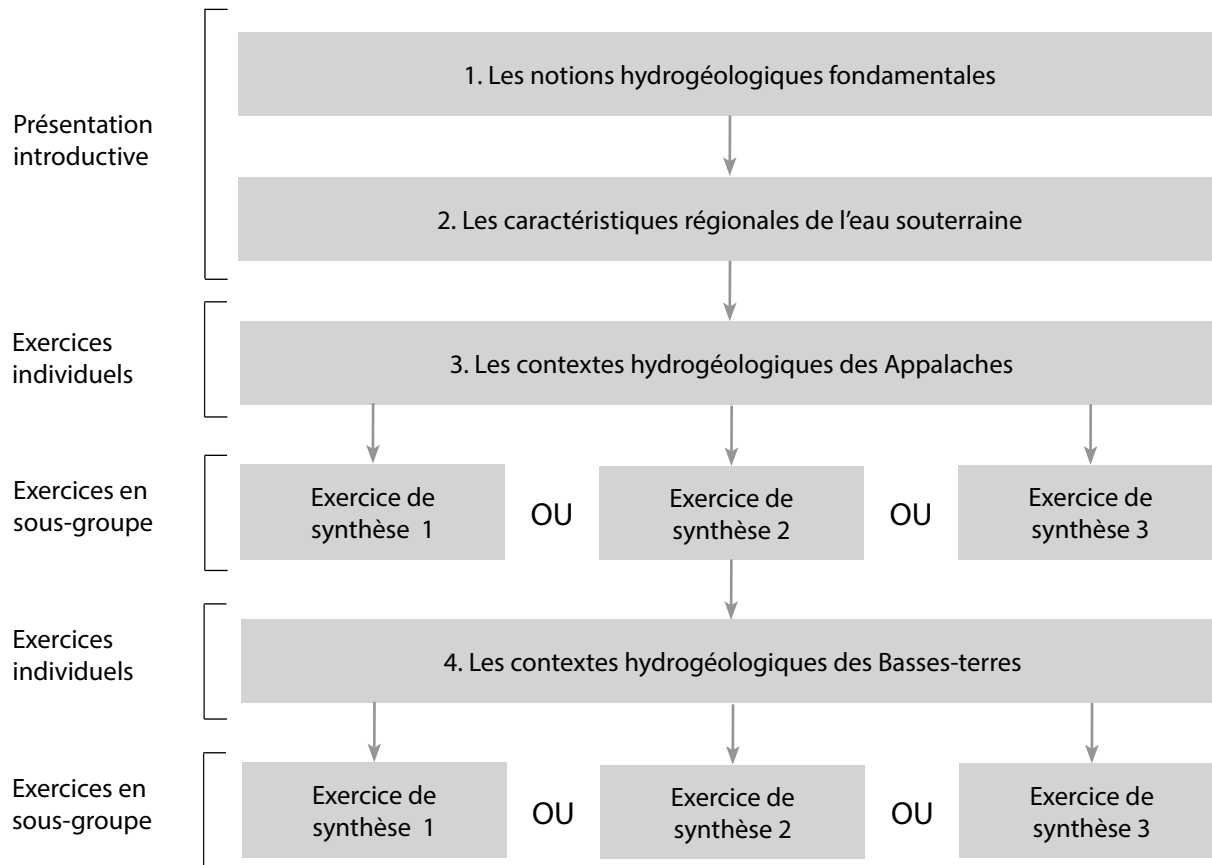
4. Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres	49
Épaisseur des dépôts meubles	50
Contextes hydrogéologiques	52
Conditions de confinement	54
Piézométrie	56
Recharge et résurgence	58
Vulnérabilité	60
Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable	62
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	64
Modèle conceptuel hydrogéologique	66
Exercice de synthèse 1	70
Exercice de synthèse 2	71
Exercice de synthèse 3	72
Bibliographie	73
Mes notes personnelles	74

Index des notions clés

Aquifère	12
Aquifère de dépôts meubles	14
Aquifère de roc fracturé	14
Aquitard	12
Concentrations maximales acceptables	18
Conductivité hydraulique	12
Dépôts meubles	14
DRASTIC	17
Eau souterraine	12
Minéralisation	18
Nappe	12
Nappe captive, libre et semi-captive	13
Niveau 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	14
Sédiments alluviaux	15
Sédiments fluvioglaciaires	15
Sédiments glaciaires	15
Sédiments glaciolacustres	15
Sédiments lacustres	15
Sédiments marins	15
Sédiments organiques	15
Sédiments quaternaires anciens	15
Till	15
Types d'eau	18
Vulnérabilité	17
Zone saturée et non saturée	12

Guide de lecture du cahier des participants

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



Tout au long du cahier



Définitions des **NOTIONS CLÉS** en hydrogéologie

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 facile
- D** difficile

Votre équipe de formation

Vos animateurs

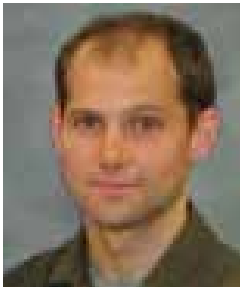


Yohann Tremblay
M.Sc. Sciences de l'eau
Agent de transfert du RQES
Département de géologie et
génie géologique, Université Laval
1065 av. de la Médecine
Québec (Qc) G1K 7P4
418-656-2131 poste 5595
ytremblay.rques@gmail.com



Anne-Marie Decelles
M.A. Développement régional
Agente de transfert du RQES
Département des sciences de
l'environnement, Université du
Québec à Trois-Rivières
CP 500, Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7
819-376-5011 poste 3238
Anne-Marie.Decelles1@uqtr.ca

Vos experts en eaux souterraines



Marc-André Carrier
M.Sc en hydrogéologie
Professionnel de recherche
INRS-ETE
490 rue de la Couronne
Québec (Qc) G1K 9A9
418-654-3173
Marc-Andre.Carrier@ete.inrs.ca



Christine Rivard
Ph.D en hydrogéologie
Chercheure
Commission géologique du Canada
Ressources naturelles Canada
490 rue de la Couronne
Québec (Qc) G1K 9A9
418-654-3173
crivard@nrcan.gc.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

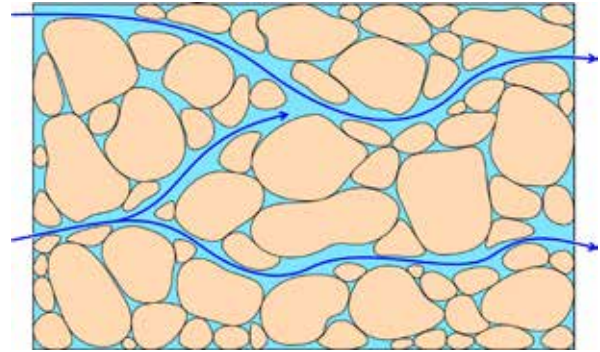
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.

- 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.

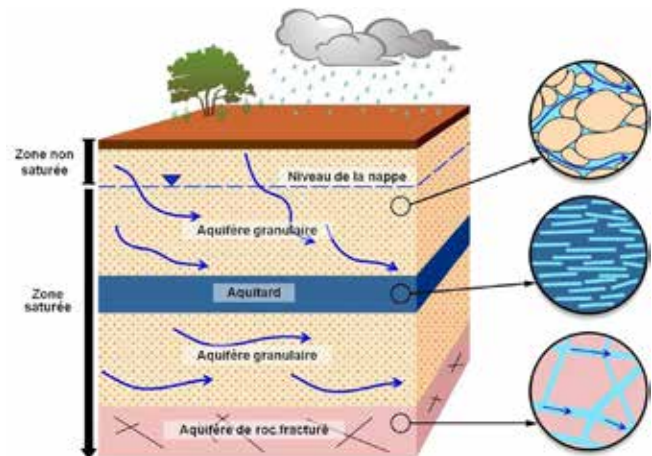
- C'est le **contenu**.

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'infiltré 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.

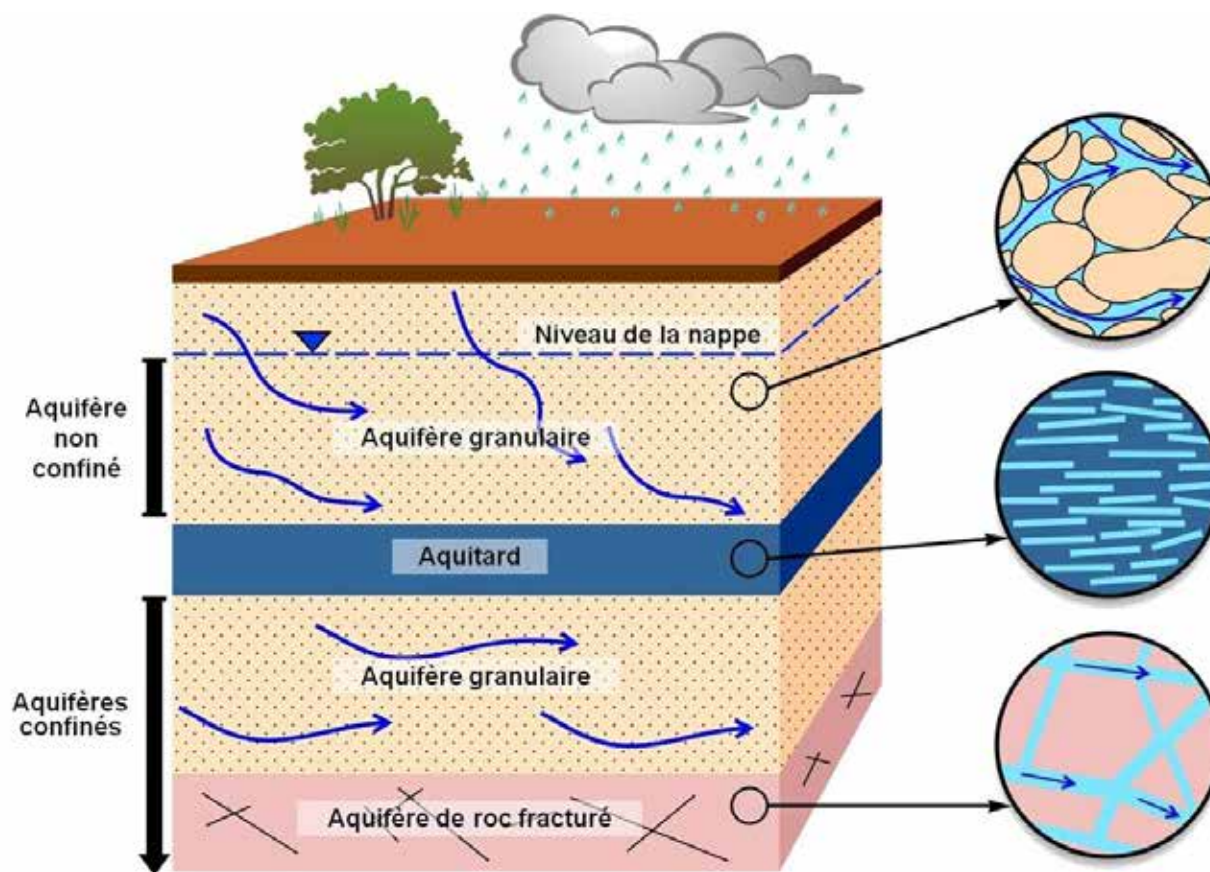


CONDITIONS DE CONFINEMENT

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. Il a une pression plus élevée que la pression atmosphérique.

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.





DIFFÉRENTS TYPES D'AQUIFÈRES

Quels sont les milieux géologiques qui constituent des aquifères ?

Deux types de milieux géologiques constituent des aquifères :

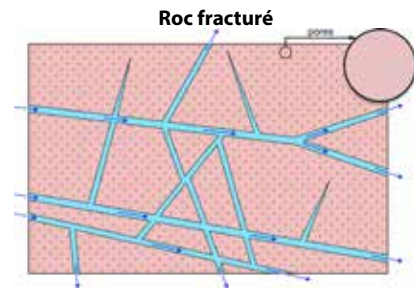
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la partie supérieure de la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

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 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 plutôt 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 QUATÉRNAIRES ANCIENS

Sédiments déposés avant la dernière glaciation, durant et entre les épisodes glaciaires antérieurs.

- Composition variable — **aquifère** ou **aquitard**.

TILL

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

- Composé de grains de toutes tailles dans une matrice fine compacte, semi-perméable — **aquifère** ou **aquitard**.

Till



SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

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

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

Sédiments fluvio-glaciaires



SÉDIMENTS GLACIOLACUSTRES, MARINS ET LACUSTRES

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

Sédiments glaciolacustres : Mis en place dans des lacs alimentés par les eaux de fonte, pendant la déglaciation (ex. : lac à Candona).

Sédiments marins : Mis en place dans la mer de Champlain, après la déglaciation.

Sédiments lacustres : Mis en place dans le lac à Lampsilis ayant remplacé la mer de Champlain.

Argiles marines



Sédiments littoraux



Sédiments alluviaux



SÉDIMENTS ALLUVIAUX

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

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

SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides.

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

Tourbe

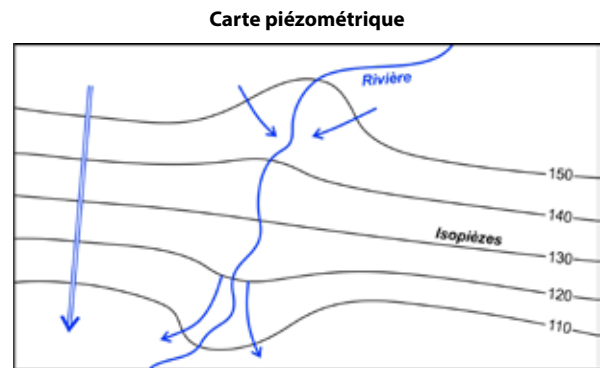




PIÉZOMÉTRIE

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 (ou la pression) de la nappe d'un aquifère 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.

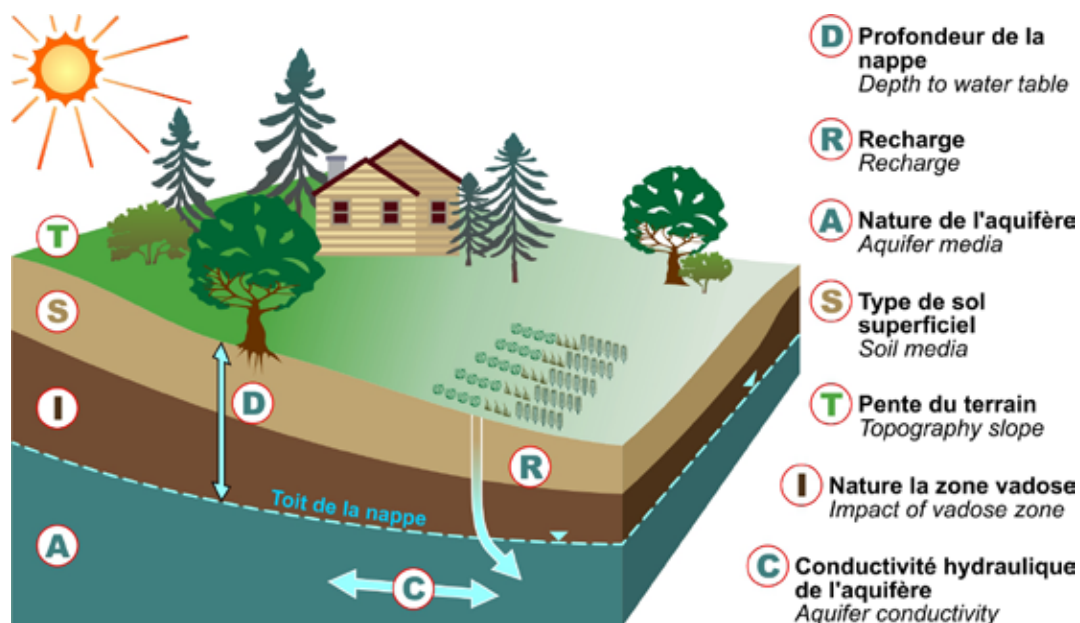
En période d'étiage, l'essentiel de l'eau qui s'écoule dans les cours d'eau provient de l'apport des eaux souterraines. Cette eau contribue alors au débit de base des cours d'eau.



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**.

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



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

Le **risque de 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 **minéralisée**, c.-à-d. concentrée en minéraux dissous.

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

- **Eau de recharge** (type Ca-HCO₃) : eau récente, peu minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau douce de recharge ;
- **Eau évoluée** (type Na-HCO₃) : Eau d'âge intermédiaire, moyennement minéralisée, mélange entre eau de recharge et saumâtre ;
- **Eau saumâtre** (type Na-(Cl-SO₄)) : eau ancienne, plus minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau à salinité élevée (vestige de la mer de Champlain).

Critères de qualité de l'eau

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

- Ex. : Baryum < 1 mg/L, pour éviter des maladies cardiovasculaires ou une augmentation de la pression artérielle.
- Ex. : Fluorures < 1,5 mg/L, afin de prévenir la fluorose dentaire.

Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES (OE)** sont des **recommandations** pour les paramètres ayant un impact sur les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'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 en Montérégie Est

Le portrait régional de la ressource en eaux souterraines a été réalisé pour le territoire municipalisé des bassins versants des rivières Richelieu, Yamaska et de la baie Missisquoi, s'étendant du fleuve Saint-Laurent, au nord, jusqu'aux États-Unis, au sud. Ce territoire couvre une superficie totale de 9 032 km² et comprend entièrement ou en partie 15 municipalités régionales de comté (MRC), 148 municipalités et deux territoires non organisés. La population y est d'environ 792 000 habitants, dont à peu près 20 % utilisent l'eau souterraine comme source d'approvisionnement. La mauvaise qualité des eaux de surface dans la région était connue, mais peu d'information était disponible sur l'eau souterraine avant la réalisation de ce projet.

Le principal objectif de ce projet consistait à regrouper et synthétiser les informations requises pour une gestion durable des ressources en eaux souterraines en Montérégie Est. Plus spécifiquement, le projet visait à :

- Compiler les informations disponibles dans une base de données,
- Définir et synthétiser les contextes géologiques et hydrogéologiques régionaux,
- Établir le bilan hydrique de la région, incluant l'évaluation de l'utilisation de l'eau souterraine et de la recharge,
- Évaluer la qualité de l'eau souterraine,
- Évaluer la vulnérabilité de l'aquifère régional et l'impact potentiel de diverses activités sur celui-ci,
- Estimer les débits « durables » pour assurer la pérennité de la ressource,
- Établir une liste de priorités pour la gestion et la protection des ressources régionales en eau souterraine.

La réalisation de ce projet s'est étalée sur une période de 4 ans, soit d'avril 2009 à mars 2013, et a compris trois grandes phases :

1. Collecte des données existantes (2009-2010),
2. Travaux de terrain complémentaires (2010-2011),
3. Analyse, synthèse et transfert de l'information (2011-2013).

La compilation des données existantes a permis de définir cinq contextes hydrogéologiques : les zones nord et sud de la Plate-forme du St-Laurent (Basses-terres), les intrusions montérégiennes, la zone externe des Appalaches (Piedmont) et la zone interne des Appalaches (Hautes-terres). Les données existantes ont été complétées par des levés de terrain complémentaires. En plus de faire un portrait de la ressource en eau souterraine, le projet visait le développement d'une approche efficace et novatrice de caractérisation hydrogéologique, basée sur une combinaison d'approches aux échelles locale et régionale, incluant diverses méthodes géophysiques, des forages et sondages ciblés, une campagne d'échantillonnage d'eau et de sols, des essais hydrauliques et la cartographie des dépôts meubles Quaternaire.

Le portrait régional de la ressource en eaux souterraines en Montérégie Est provient des résultats de deux projets réalisés conjointement par l'INRS-ETE, la CGC, l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA) et l'OBV Yamaska :

- Le *Projet d'acquisition de connaissances sur l'eau souterraine en Montérégie Est* a été financé dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) par le MDDELCC et la Conférence régionale des élus (CRÉ) de la Montérégie Est, ainsi que par des contributions en ressources humaines d'organismes partenaires du projet : les Municipalités régionales de comté (MRC) participantes de la Montérégie Est, les organismes de bassins versants de la région (OBV Yamaska, COVABAR, OBVBM), l'Agence géomatique montérégienne, la direction régionale de la Montérégie Est du MAPAQ, la Fédération de l'UPA de Saint-Hyacinthe, les directions régionales de la Montérégie, de l'Estrie et du Centre-du-Québec du MDDELCC, et le Conseil régional de l'environnement de la Montérégie.
- Le projet *Caractérisation régionale du système aquifère Richelieu-Yamaska* a été financé dans le cadre du Programme de cartographie des eaux souterraines par la CGC.

Limites générales de l'étude

Les cartes réalisées dans le cadre du PACES en Montérégie Est ont été préparées pour représenter des conditions régionales à l'échelle 1/100 000, telles que pouvant être définies à l'aide des données disponibles. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser les 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 l'atlas ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées.

Les données de base utilisées proviennent de différentes sources (ex. : données de terrain récoltées dans le cadre du PACES en Montérégie Est, 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).

Utilisation de l'eau souterraine en Montérégie Est

Au niveau municipal, 75 puits municipaux exploitent l'eau souterraine, dont environ un tiers captent de l'eau dans les dépôts meubles, le reste captant de l'eau dans l'aquifère de roc fracturé. La capacité des puits dans les dépôts meubles s'avère significativement plus importante que celle des puits au roc. Toute la partie nord-ouest de la région d'étude est desservie par des réseaux approvisionnés par de l'eau de surface. Ceci s'explique par la présence d'une grande zone d'eau souterraine saumâtre non potable occupant ce secteur de 2 200 km². En Montérégie Est, les principales municipalités (population > 2 000 habitants) dont les réseaux sont alimentés par de l'eau souterraine sont Upton, Brigham, Lac-Brome, Saint-Germain-de-Grantham, Roxton Pond, Saint-Liboire, Waterloo, Saint-Alexandre, Napierville, Rougemont et Saint-Césaire. Les MRC totalement incluses dans la zone d'étude et ayant les plus fortes consommations d'eau souterraine sont Acton, Rouville, La Haute-Yamaska, et Brome-Missisquoi. Les MRC avec une consommation importante d'eau souterraine sont généralement situées dans des contextes où la vulnérabilité est relativement élevée.

Cinq contextes hydrogéologiques en Montérégie Est

- **Zone nord de la Plate-forme du Saint-Laurent (Basses-terres nord) :**

Les Basses-terres constituent une plaine à moins de 60 m d'élévation et couvrent près de 5 000 km². Le contexte des Basses-terres nord, situé au nord-ouest de la région, est surtout caractérisé par une épaisse couverture argileuse (> 10 m). Ces conditions impliquent une recharge minimale de l'aquifère rocheux régional ainsi qu'un très faible écoulement de l'eau souterraine. De cette situation découle la présence d'eau saumâtre dans l'aquifère rocheux dû au lessivage partiel des eaux de la mer de Champlain. Cette eau saumâtre n'est pas potable, ce qui fait que le potentiel aquifère de ce contexte est très faible, d'où une utilisation minimale de l'eau souterraine.

- **Zone sud de la Plate-forme du Saint-Laurent (Basses-terres sud) :**

Dans ce contexte localisé au sud-ouest de la région, il n'y a pas de couverture continue et épaisse de sédiments argileux. Le socle rocheux est plutôt recouvert de till de moins de 10 m d'épaisseur qui permet une recharge significative de l'aquifère rocheux. Il y a des liens hydrauliques entre l'aquifère rocheux et les cours d'eau, particulièrement la rivière Richelieu qui constitue une zone d'émergence de l'eau souterraine. Le potentiel aquifère repose principalement sur l'aquifère rocheux fracturé. Il y a une utilisation significative d'eau souterraine pour l'approvisionnement dans ce contexte.

- **Intrusions montérégiennes :**

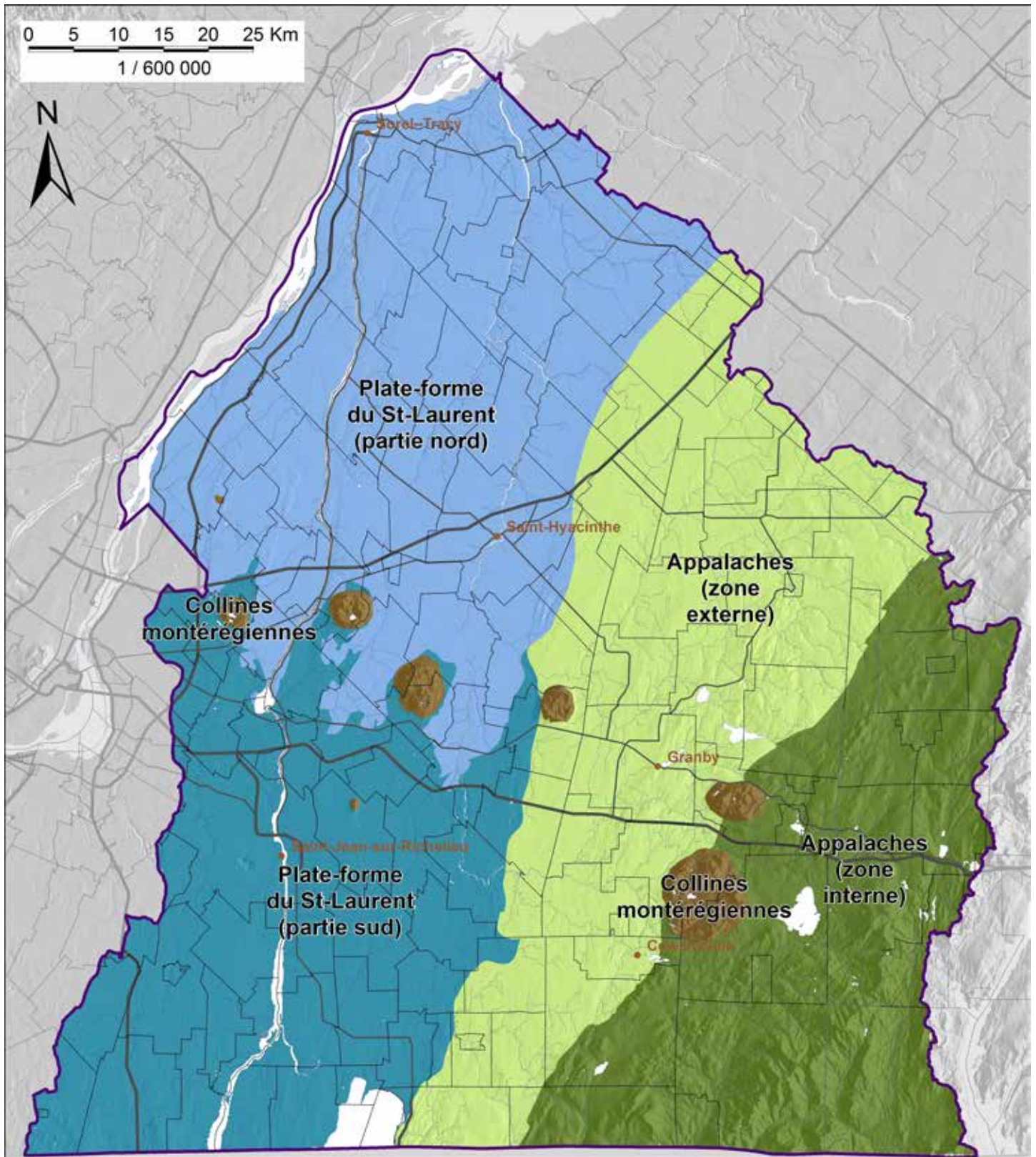
Les Montérégiennes sont des collines couvrant 170 km² et qui traversent le centre de la région sur un axe est-ouest et dont l'élévation varie de 250 à 550 m. Elles comprennent les monts Saint-Bruno, Saint-Hilaire, Saint-Grégoire, Rougemont, Yamaska, Brome et Shefford. Ce contexte représente une zone de recharge régionale de l'aquifère rocheux. Il y a un potentiel aquifère dans le roc fracturé, mais aussi dans les dépôts meubles du côté sud des Montérégiennes, où se trouvent des accumulations significatives de sédiments grossiers perméables. L'aquifère rocheux et les aquifères granulaires entourant les Montérégiennes sont relativement vulnérables. Au niveau de la qualité d'eau, ce contexte est caractérisé par un type d'eau distinct reflétant à la fois la recharge locale et un apport d'eau évoluée. On retrouve des dépassements significatifs de critères de potabilité pour le fluor (F) et le baryum (Ba) dans l'eau souterraine de l'aquifère rocheux.

- **Zone externe des Appalaches (Piedmont) :**

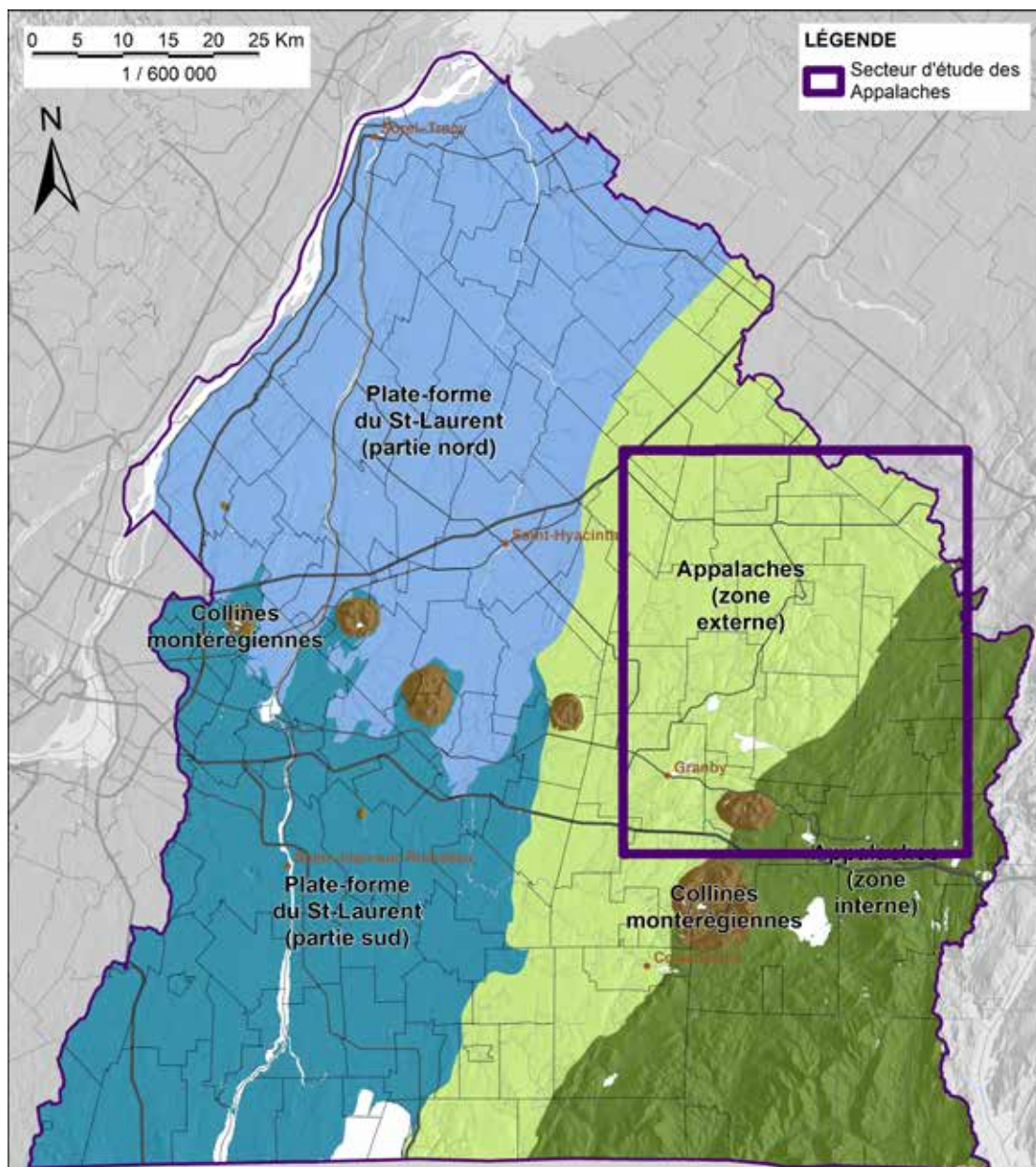
La zone externe des Appalaches est une bande centrale d'environ 2 250 km² orientée nord-sud qui est comprise entre les Basses-terres et la zone interne des Appalaches et dont l'altitude varie donc entre celles de ces contextes adjacents. Dans ce contexte, on retrouve un couvert de till de faible épaisseur sur les hauteurs qui permet une recharge importante. Ce contexte n'est cependant pas uniquement une zone de recharge régionale, car dans sa partie sud il y a plutôt émergence d'eau souterraine provenant des Appalaches. Il y a aussi résurgence de l'eau souterraine dans les vallées et au front des Appalaches à la limite de la Plate-forme du Saint-Laurent. L'aquifère rocheux est exploité presque partout, tandis que le potentiel aquifère dans les dépôts meubles est présent par endroits dans les vallées. Il y a une utilisation importante de l'eau souterraine dans ce contexte.

- **Zone interne des Appalaches (Hautes-terres) :**

Ce contexte est constitué d'une chaîne de montagnes plissées, couvrant environ 1 800 km² au sud-est de la région, avec un relief accidenté et des altitudes allant jusqu'à 950 m dans le secteur des monts Sutton. On y retrouve une importante recharge sur les hauteurs à cause du couvert de till de faible épaisseur. La résurgence de l'eau souterraine se fait dans les vallées où la couverture de sédiments fins réduit la vulnérabilité. Un potentiel aquifère au roc est présent dans l'ensemble du contexte, ainsi qu'un potentiel aquifère dans les dépôts meubles dans les vallées. La meilleure qualité d'eau souterraine de la Montérégie Est est présente dans ce contexte qui n'a pas été envahi par la mer de Champlain. Il y a une utilisation locale de l'eau souterraine dans ce contexte dans les secteurs où des municipalités plus importantes se sont développées.



3. Les contextes hydrogéologiques des Appalaches



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 14

Méthode utilisée

L'épaisseur totale des dépôts meubles a été estimée en interpolant, sur des mailles de 250 m x 250 m, les données colligées et validées dans le cadre du projet, incluant les forages, les affleurements rocheux (qui indiquent une épaisseur nulle de dépôts), les données de levés géophysiques interprétées et, de manière indirecte, les données sur la distribution des sédiments du Quaternaire.

Interprétation pour le secteur des Appalaches

L'épaisseur totale de dépôts meubles est légèrement plus importante dans la partie externe (moyenne de 7.5 m) des Appalaches (piedmont) que dans sa partie interne (moyenne de 6.6 m).

Les dépôts meubles sont minces (généralement < 5 m) sur les hauts topographiques et plus épais dans les vallées du Piedmont (jusqu'à > 15 m) et des Hautes-terres (jusqu'à > 30 m).

Les principales vallées (ex. : rivière Noire) sont caractérisées par des épaisseurs de dépôts meubles plus importantes.



F On retrouve les dépôts meubles les plus épais dans la municipalité de Granby.

Vrai Faux

F La ville de Saint-Liboire repose sur des dépôts meubles de plus de 30 m d'épaisseur.

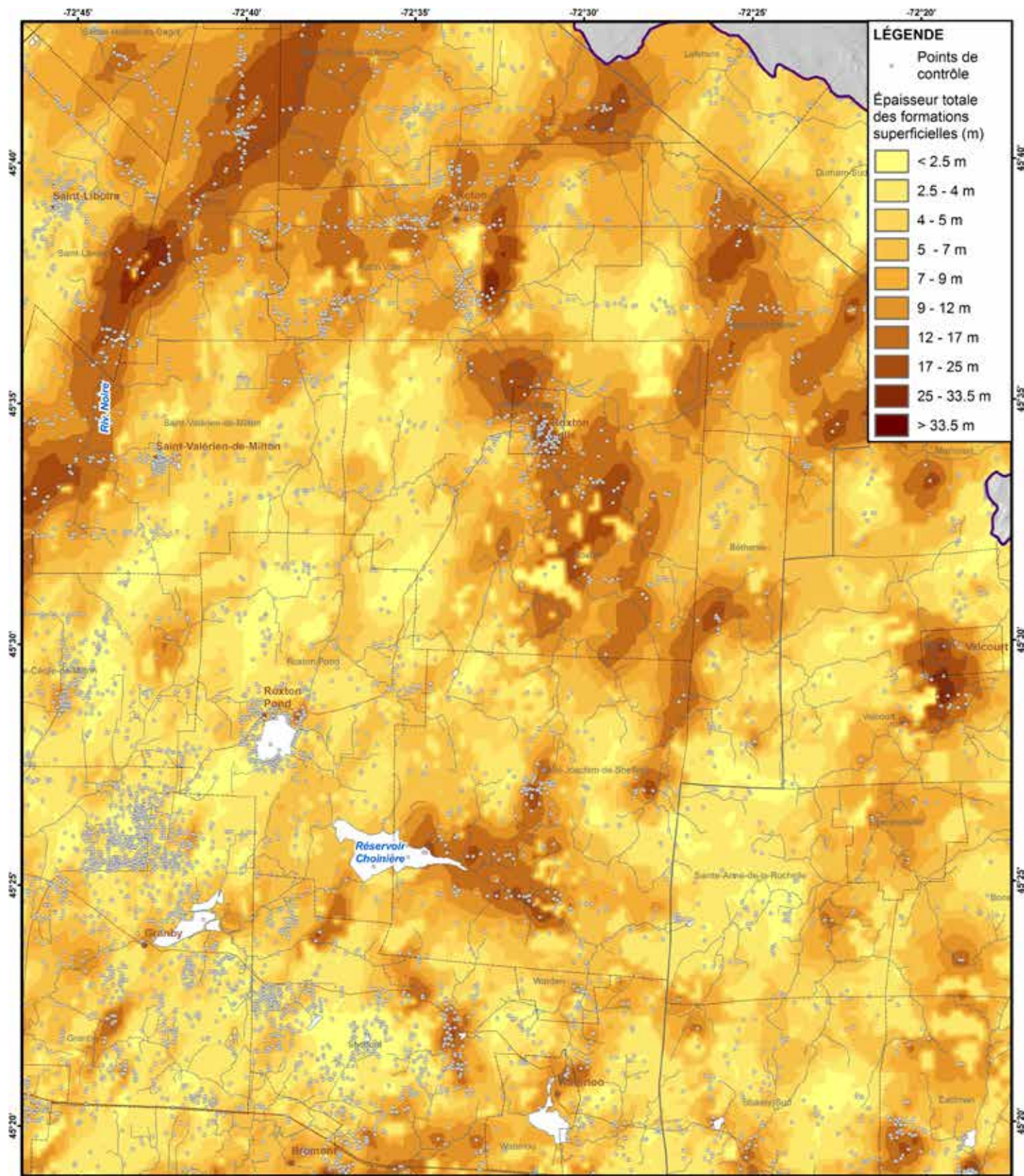
Vrai Faux

M En général, les dépôts meubles sont accumulés dans les vallées.

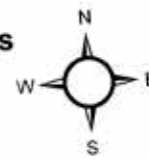
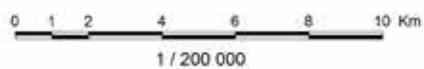
Vrai Faux

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

M Pourquoi retrouve-t-on peu ou pas de dépôts meubles sur les hauts topographiques et des épaisseurs plus importantes dans les vallées ?



Épaisseur totale des formations superficielles
Montérégie Est - Les Appalaches



Contextes hydrogéologiques

Définition

Les contextes hydrogéologiques sont définis sur la base des séquences d'empilement vertical des **DÉPÔTS MEUBLES** recouvrant le **ROC FRACURÉ**. Ces séquences hydrostratigraphiques exercent une influence sur les conditions d'écoulement et la qualité de l'eau souterraine, et peuvent fournir des informations d'intérêt pour l'exploitation et la gestion des ressources en eau souterraine.



**DÉPÔTS MEUBLES,
ROC FRACURÉ**
page 14

Méthode utilisée

Les Appalaches sont situées à l'est de la Ligne de Logan, qui sépare les roches sédimentaires peu déformées de la Plate-forme du Saint-Laurent des roches sédimentaires plus déformées des Appalaches. Les zones externe (Piedmont) et interne (Hautes-terres) des Appalaches ont été distinguées sur la base de la structure et de la nature des unités géologiques.

La combinaison des données de forages, de la géologie des dépôts meubles et du roc, des épaisseurs de sédiments et des levés géophysiques a permis de définir six séquences hydrostratigraphiques typiques en Montérégie Est.

Interprétation pour le secteur des Appalaches

Séquence hydrostratigraphique des contextes hydrogéologiques (de la surface en profondeur) :

Zone externe des Appalaches (Piedmont) :

- Sable et gravier littoral mince (< 3 m) et discontinu — **aquifère superficiel marginal**
- Argile lacustre et marine peu épaisse dans les vallées (de 5 à 10 m) — **aquitard**
- Sable et gravier fluvioglaciaire par endroits dans les vallées (par exemple des eskers) (<15 m) — **aquifère potentiel**
- Roc affleurant ou couverture de till mince (< 5 m) et discontinu — **aquifère régional**

Zone interne des Appalaches (Hautes-terres):

- Argile glaciolacustre dans les vallées (de 2 à 10 m) — **aquitard**
- Sable et gravier fluvioglaciaire par endroits dans les vallées (<15 m) — **aquifère potentiel et exploité**
- Roc affleurant ou till mince (< 5 m) et discontinu sur les hauts topographiques — **aquifère régional**



- F** La séquence de sédiments indifférenciés sur roc domine dans les deux contextes hydrogéologiques des Appalaches.

Vrai Faux

- F** Sous le centre-ville d'Acton Vale, les sédiments fins reposent directement sur le roc.

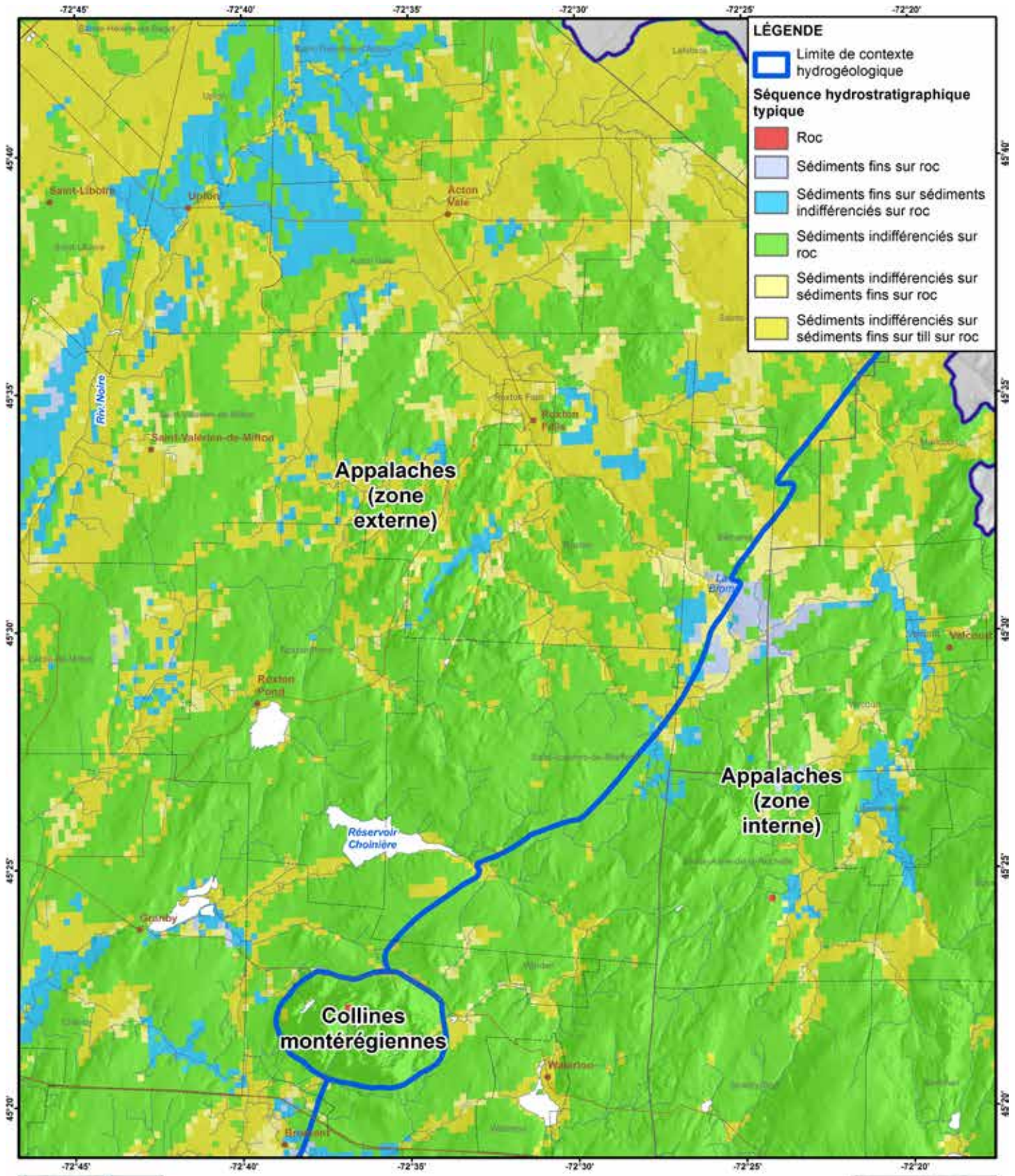
Vrai Faux

- M** Le Piedmont contient une couverture de sédiments fins plus étendue que les Hautes-terres.

Vrai Faux

- F** Contrairement aux aquifères granulaires, pourquoi qualifie-t-on le roc fracturé comme étant un aquifère régional?

- M** Comment peut-on reconnaître si un dépôt meuble est perméable à partir de la carte des contextes hydrogéologiques?



LÉGENDE

- Limite de contexte hydrogéologique

Séquence hydrostratigraphique typique

- Roc
- Sédiments fins sur roc
- Sédiments fins sur sédiments indifférenciés sur roc
- Sédiments indifférenciés sur roc
- Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur roc
- Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur till sur roc

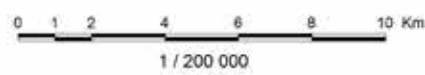
**Appalaches
(zone externe)**

**Appalaches
(zone interne)**

**Collines
montréalaises**



**Contextes hydrogéologiques
Montérégie Est - Les Appalaches**



Conditions de confinement

Définition

Le confinement d'un aquifère est lié à son recouvrement par une couche de matériaux peu perméables (aquitard) qui isole de la surface l'eau souterraine qu'il contient. La nature et l'épaisseur des dépôts meubles déterminent ainsi le niveau de confinement. 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.



**NAPPE LIBRE,
NAPPE CAPTIVE,
NAPPE SEMI-
CAPTIVE** page 13

Méthode utilisée

Les conditions de confinement ont été déterminées en Montérégie Est pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement, selon les critères suivants :

- **Nappe captive** : plus de 5 m de sédiments argileux
- **Nappe semi-captive** : entre 1 et 5 m de sédiments argileux ou plus de 3 m de sédiments indifférenciés
- **Nappe libre** : moins de 1 m de sédiments argileux et moins de 3 m de sédiments indifférenciés.

Interprétation pour le secteur des Appalaches

On retrouve des conditions à nappe captive dans certaines des principales vallées caractérisées par la présence de sédiments argileux (ex. rivière Noire).

Des conditions à nappe semi-captive se retrouvent dans le Piedmont ainsi que, dans une moindre mesure, les Hautes-terres. Ces zones sont caractérisées par des épaisseurs modérées de sédiments potentiellement peu perméables, comme le till.

Les conditions à nappe libre sont surtout présentes dans les Hautes-terres où l'épaisseur totale des dépôts est généralement faible à l'extérieur des vallées. Elles se retrouvent aussi ailleurs, sur les hauts topographiques caractérisés par l'absence de sédiments argileux et la faible épaisseur de sédiments glaciaires (till).



F Le secteur d'étude est dominé par des conditions à nappe libre.

Vrai Faux

F Le centre de la ville de Bromont repose sur une nappe captive.

Vrai Faux

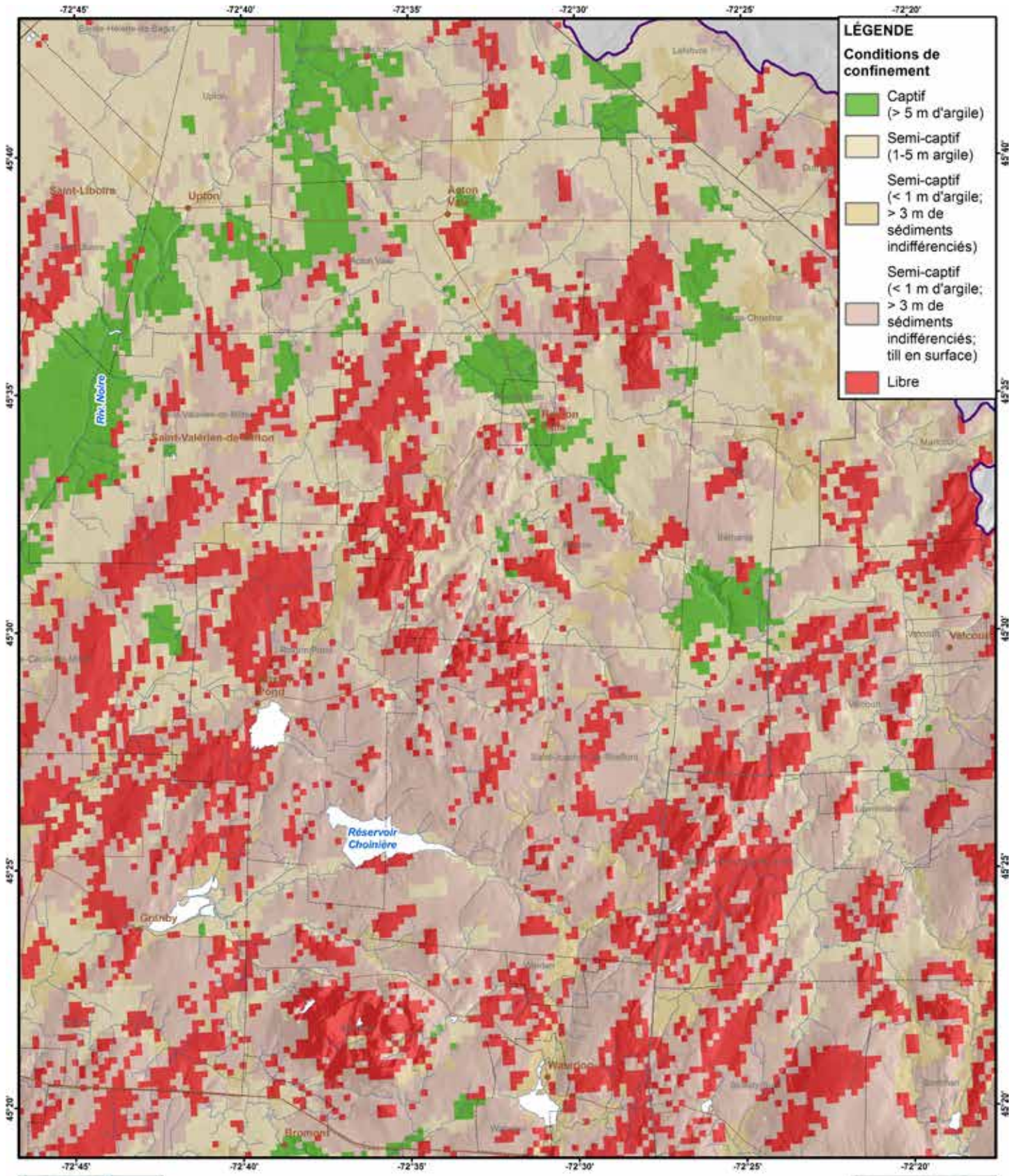
F Les zones à nappe libre sont associées aux hauts topographiques.

Vrai Faux

M Une nappe libre est alimentée par l'eau des précipitations qui provient directement de la surface.

Vrai Faux

M Y a-t-il forcément présence d'argile lorsque les conditions de confinement sont à nappe captive? Et lorsqu'elles sont à nappe semi-captive?



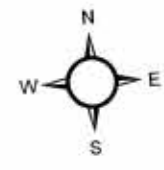
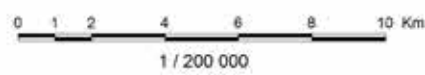
LÉGENDE

Conditions de confinement

- Captif (> 5 m d'argile)
- Semi-captif (1-5 m argile)
- Semi-captif (< 1 m d'argile; > 3 m de sédiments indifférenciés)
- Semi-captif (< 1 m d'argile; > 3 m de sédiments indifférenciés; till en surface)
- Libre



**Conditions de confinement
Montérégie Est - Les Appalaches**



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

Une carte piézométrique a été produite pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement à partir des données de niveaux d'eau mesurés dans les puits installés dans le roc. L'interpolation des niveaux d'eau entre ces puits a été réalisée, sur des mailles de 250 m x 250 m, en tenant compte des conditions distinctes rencontrées dans la Plate-forme du Saint-Laurent par rapport à celles des Appalaches. On soustrait alors la carte obtenue à partir des niveaux d'eau de la carte du modèle numérique de terrain (MNT) pour obtenir les élévations des niveaux d'eau.

La carte ci-contre montre aussi les lignes de partage de l'eau souterraine, qui définissent les limites des sous-bassins hydrogéologiques.

Interprétation pour le secteur des Appalaches

Dans le Piedmont, l'écoulement se fait principalement des secteurs où le niveau piézométrique est élevé, sur les hauts topographiques à l'est et à l'ouest de la vallée de la rivière Noire, vers la rivière Noire ou vers la rivière Yamaska à l'ouest.

Dans les Hautes-terres, les conditions d'écoulement sont surtout contrôlées par la topographie locale, allant des hauts topographiques vers les vallées. Il y aurait aussi un écoulement régional plus profond et à plus long temps de résidence, partant des hauteurs appalachiennes et émergeant dans le Piedmont.



F L'écoulement régional s'effectue de manière générale des Haute-terres vers le Piedmont.

Vrai Faux

F Les niveaux piézométriques sont en général plus élevés dans la municipalité de Saint-Valérien-de-Milton que dans celle de Waterloo.

Vrai Faux

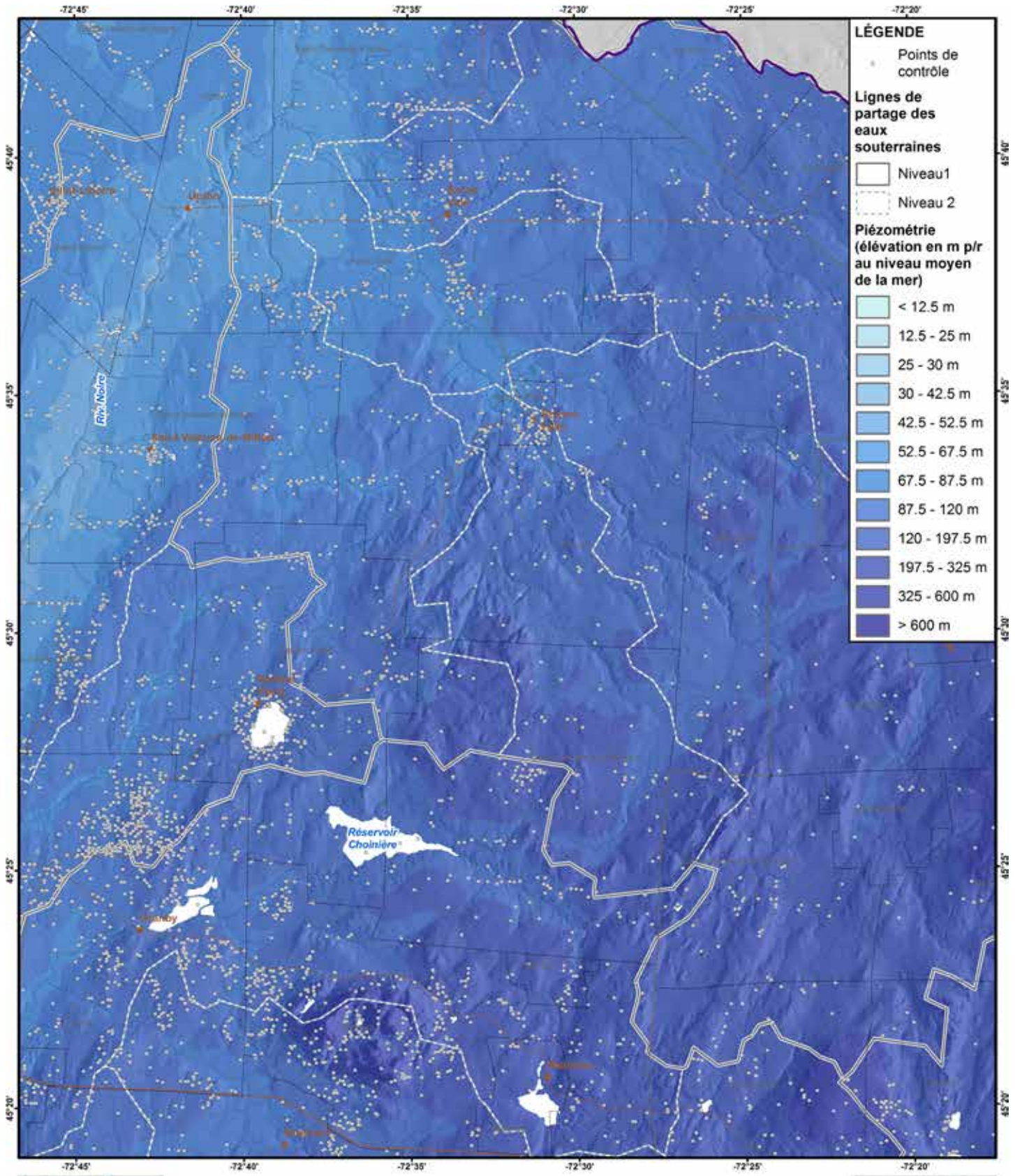
M La municipalité de Roxton Falls reçoit son eau souterraine depuis les hauts topographiques situés au sud de son territoire.

Vrai Faux

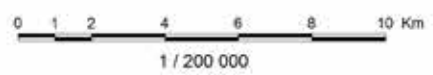
M La municipalité d'Acton Vale reçoit la majorité de son eau souterraine de la municipalité d'Upton.

Vrai Faux

M Pourquoi y a-t-il un écoulement général de l'eau souterraine de l'est vers l'ouest?



**Piezométrie de l'aquifère de roc fracturé
Montérégie Est - Les Appalaches**



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.



**RECHARGE,
RÉSURGENCE**
page 16

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.

Méthode utilisée

La recharge distribuée a été estimée, sur des mailles de 250 m x 250 m, pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement. Elle correspond à la recharge moyenne annuelle pour la période 1970–2010 et a été obtenue avec le logiciel HELP (Hydrological Evaluation of Landfill Performance) en intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire, ainsi que sur les propriétés des sols, des dépôts meubles et du roc.

Les zones préférentielles de recharge ont été définies selon deux types de critères : une recharge de plus de 250 mm/an et la présence, hors des zones captives, d'un dôme piézométrique d'une superficie supérieure à 1 km². Les zones préférentielles de résurgence ont été identifiées à l'aide des dépressions de la surface piézométrique et des zones de nappe affleurante (< 1 m de profondeur), hors des zones captives et des zones de recharge significative (< 50 mm/an).

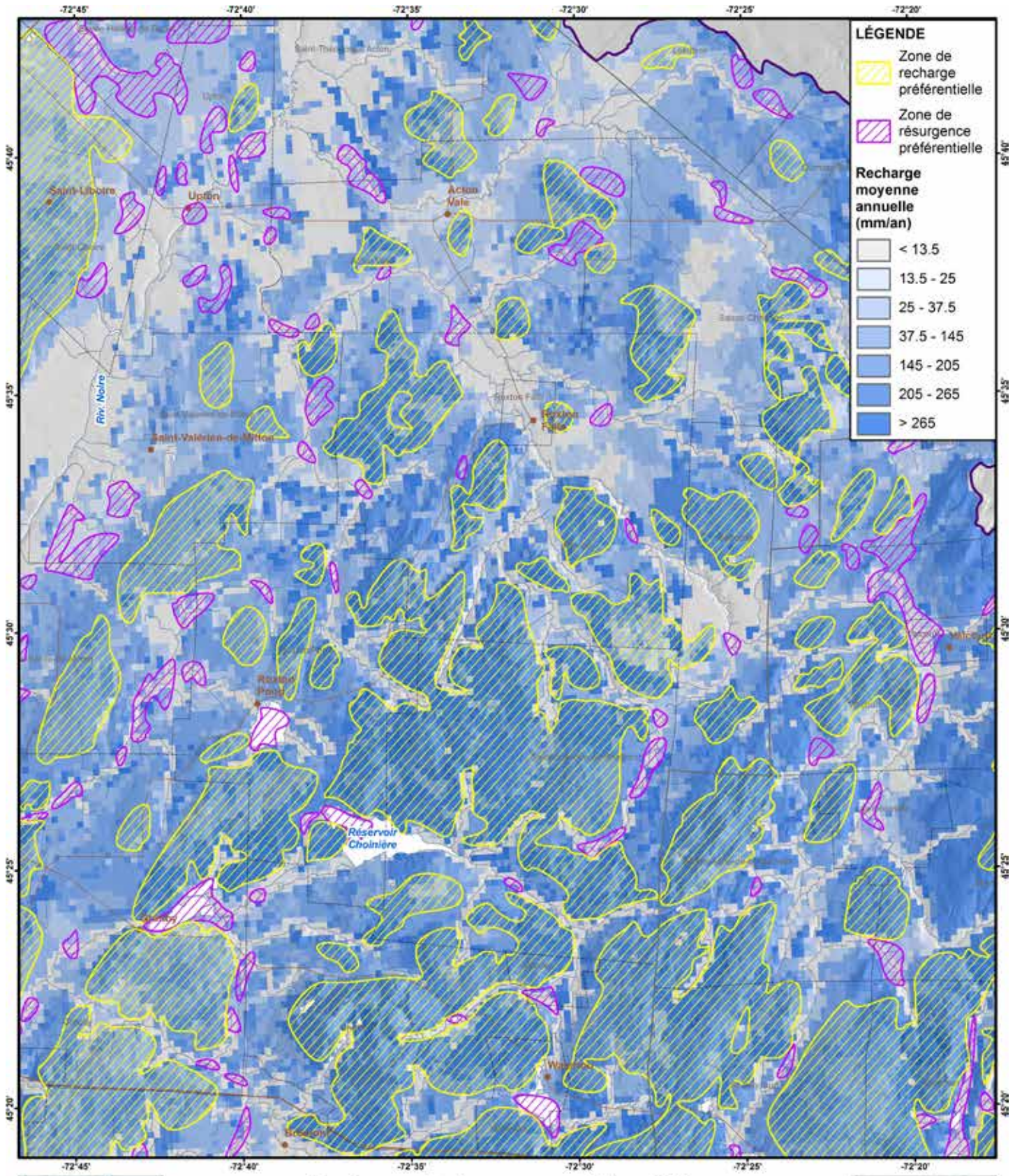
Interprétation pour le secteur des Appalaches

Dans le Piedmont, la recharge est modérée (moyenne de 115 mm/an). Elle est plus faible dans le secteur de la vallée de la rivière Noire et plus importante sur les collines au nord-ouest et au sud-est de cette vallée qui constituent des zones de recharge préférentielle. Ailleurs, il y a également des zones de recharge importantes et préférentielles, particulièrement sur les hauts topographiques où la couverture de sédiments sur le roc est faible. Les zones de résurgence de l'eau souterraine se trouvent surtout dans les vallées et une zone de résurgence régionale est présumée être présente au front ouest de ce contexte.

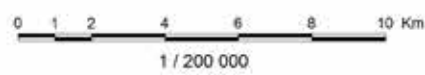
Dans les Hautes-terres, on retrouve les plus fortes valeurs de recharge de la Montérégie Est sur les hauts topographiques qui constitueraient de grandes zones de recharge préférentielle (moyenne de 183 mm/an). Les zones de résurgence se trouvent dans les vallées et les autres terrains plus bas de la partie ouest de ce contexte.



- F** Les valeurs de recharge les plus élevées sont situées sur les hauts topographiques et les plus faibles dans les vallées.
Vrai Faux
- F** Les zones de résurgence préférentielle sont souvent associées aux cours d'eau.
Vrai Faux
- F** Le centre-ville de Saint-Liboire repose majoritairement sur une zone préférentielle de résurgence.
Vrai Faux
- M** Les zones de résurgence préférentielle correspondent aux seuls endroits où l'eau souterraine peut refaire surface.
Vrai Faux
- F** Qu'est-ce qui limite la recharge dans les vallées des Appalaches?
- M** Comment ont été délimitées les zones de recharge préférentielle dans ce projet? Et les zones de résurgence préférentielle?



Recharge et résurgence préférentielle de l'aquifère de roc fracturé Montérégie Est - Les Appalaches



Vulnérabilité

Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir 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 une éventuelle 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 régional de roc fracturé seulement, 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 ont été définies dans 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.

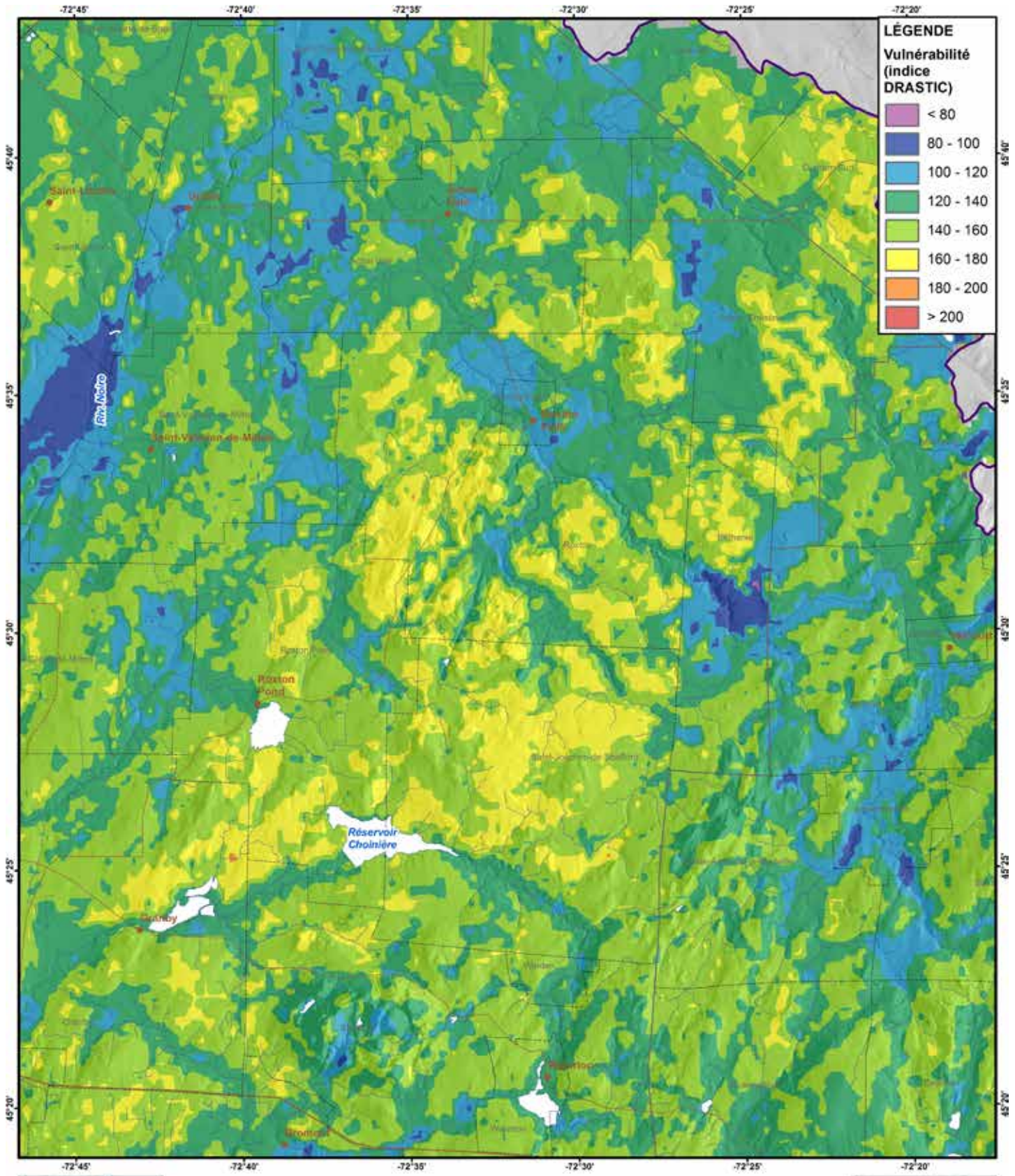
Interprétation pour le secteur des Appalaches

Dans le Piedmont (indice DRASTIC moyen de 141), on retrouve de grandes étendues avec des vulnérabilités moyennes ou même faibles (ex. : vallée de la rivière Noire), grâce à une combinaison de pente et de type de sol. Cependant, des secteurs correspondant à des zones de recharge préférentielle ont des vulnérabilités plus élevées, notamment à l'ouest de la rivière Noire et au nord-est de Granby.

Dans les Hautes-terres, on retrouve de grands secteurs avec des vulnérabilités moyennes, surtout à cause des fortes pentes, tandis que certaines des zones de recharge préférentielle avec des pentes plus modérées atteignent des vulnérabilités plus élevées (indice DRASTIC moyen de 134).



- F** Les zones de vulnérabilité faible coïncident généralement avec les vallées et les zones de vulnérabilité « élevée » avec les hauts topographiques.
Vrai Faux
- F** Ce sont les sédiments argileux accumulés dans les vallées qui font diminuer la vulnérabilité de l'aquifère à ces endroits.
Vrai Faux
- F** Le territoire de la municipalité de Roxton Pond présente des zones de vulnérabilité faible, moyenne et élevée.
Vrai Faux
- M** Les zones de recharge préférentielles coïncident généralement avec les zones à vulnérabilité plus élevées.
Vrai Faux
- M** Pourquoi les vulnérabilités sont-elles en moyenne plus élevées dans les Piedmont que dans les Haute-terres?
- D** Bien qu'on retrouve des aquifères superficiels de sable et gravier dans certaines vallées, pourquoi l'indice DRASTIC de la carte ci-contre indique généralement une vulnérabilité plutôt faible dans les vallées?

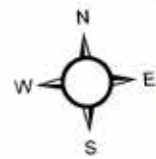
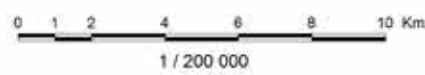


LÉGENDE
Vulnérabilité (indice DRASTIC)

	< 80
	80 - 100
	100 - 120
	120 - 140
	140 - 160
	160 - 180
	180 - 200
	> 200



Vulnérabilité de l'aquifère de roc fracturé
Montérégie Est - Les Appalaches



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

Dans le cadre du PACES en Montérégie Est, 237 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 86% provenant de l'aquifère régional de roc fracturé et 14% d'aquifères dans les dépôts meubles. Les paramètres analysés sont les métaux (30), les anions majeurs (bromures, chlorures, fluorures, nitrites, nitrates, sulfates) et les nutriments (phosphore inorganique et azote ammoniacal). Les cartes ci-contre présentent les puits analysés en fonction des conditions de dépassement des CMA pour six paramètres.

Interprétation pour l'ensemble du territoire de la Montérégie Est

Les dépassements de CMA pour les cinq paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement les Appalaches) :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nombre de dépassements de la CMA	Proportion des échantillons	Norme fondée sur :
Arsenic (As)	0,01 mg/L	8	3 %	Cancer (poumon, vessie, foie et peau); effets cutanés, vasculaires et neurologiques (engourdissement et picotement des extrémités)
Baryum (Ba)	1,0 mg/L	17	7 %	Maladies cardiovasculaires et augmentation de la pression artérielle
Fluorures (F)	1,5 mg/L	19	8 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrite -Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	10 mg N/L	1	< 1 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu) et effets sur la fonction de la glande thyroïde chez les nourrissons alimentés au biberon; probablement cancérigène lorsqu'ingéré dans des conditions qui entraînent une nitrosation endogène
Uranium (U)	0,02 mg/L	2	< 1 %	Effets sur les reins (différentes lésions)

Les dépassements les plus fréquents sont reliés au baryum (Ba) et aux fluorures (F), présents surtout dans les Basses-terres, particulièrement en périphérie de la zone d'eau saumâtre, et exclusivement dans l'aquifère de roc fracturé. Ces dépassements s'expliqueraient principalement par les propriétés naturelles du milieu, liées à la présence de minéraux argileux dans le roc.

En dehors de la zone d'eau saumâtre située au nord-ouest de la région à l'étude, les dépassements pour l'arsenic (As) sont surtout limités aux dépôts meubles dans le Piedmont et sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.

Des dépassements ont rarement été observés pour l'uranium (U), autant pour les puits aménagés dans le roc que ceux dans les dépôts meubles, et sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.

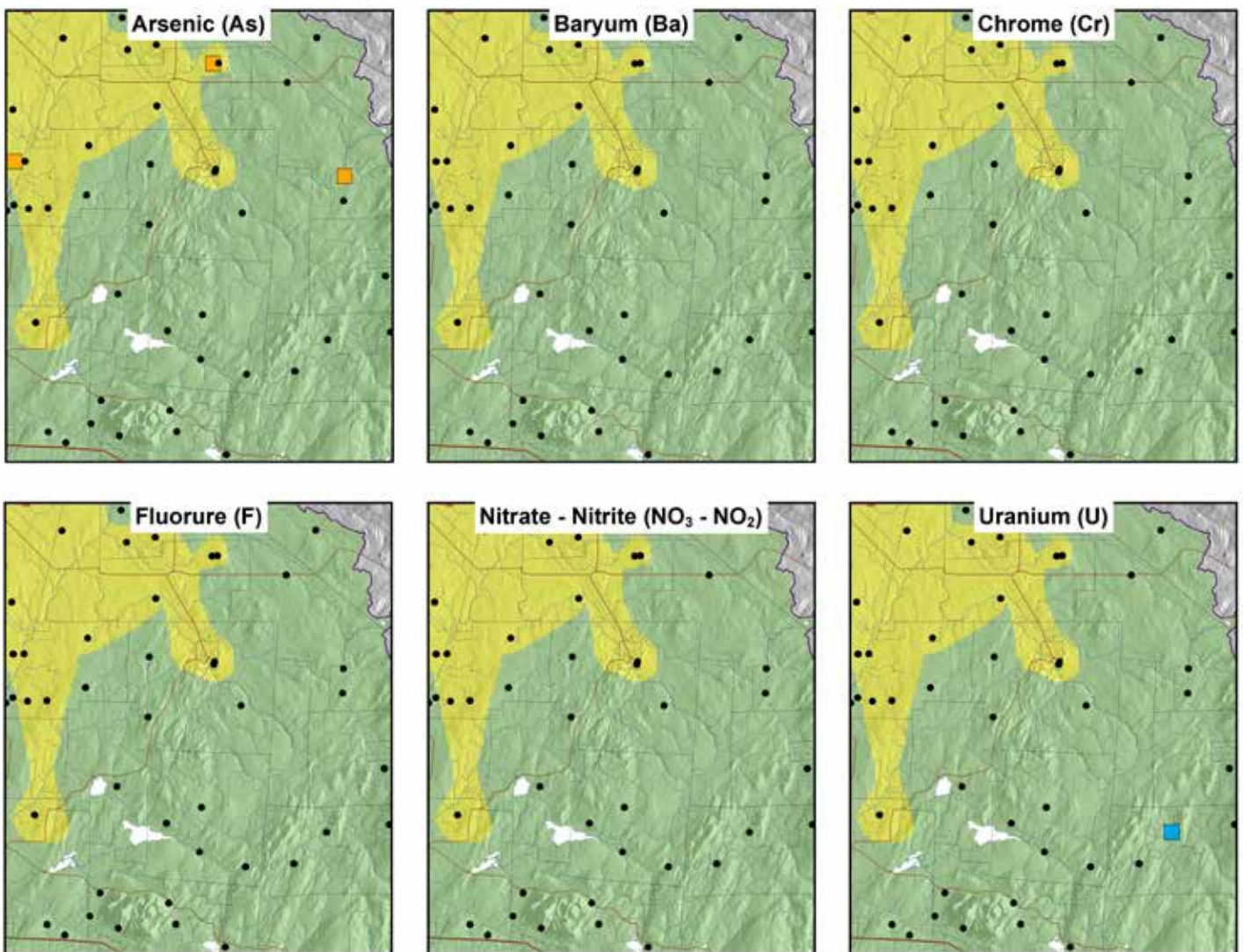
Bien que certaines concentrations non négligeables en azote sous forme de nitrites et nitrates (N-NO₂ et N-NO₃) aient été mesurées pour l'aquifère rocheux, un seul dépassement a été identifié, malgré le caractère agricole de la région. Cependant, les données historiques indiquent que certains puits installés dans les dépôts meubles présentent des dépassements.

Trois zones de qualité d'eau ont été définies pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement :

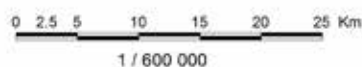
- **Eau non potable** : zone d'eau saumâtre, dans la partie nord-ouest de la région
- **Eau de qualité passable** : zone d'eau évoluée, sur tout le reste des Basses-terres et du Piedmont, ce qui représente approximativement la zone maximale d'extension de la mer de Champlain
- **Eau de qualité acceptable** : zone d'eau de recharge, dans les Hautes-terres, hors de la région affectée par la présence d'eau marine.



- F** Aucun dépassement en baryum (Ba) et en fluorures (F) n'a été observé dans le secteur des Appalaches ci-contre.
 Vrai Faux
- F** Les dépassements en arsenic (As) et en uranium (U) semblent être reliés à des activités humaines polluantes.
 Vrai Faux
- M** Les cartes ci-contre indiquent un problème généralisé de contamination en azote sous forme de nitrites et nitrates ($\text{NO}_2\text{-NO}_3$), dû au caractère agricole de la région.
 Vrai Faux
- M** Globalement, l'eau souterraine des Appalaches est potable et présente peu de risque pour la santé humaine.
 Vrai Faux
- M** Pourquoi les dépassements en baryum sont-ils problématiques?
- D** Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits, l'eau peut-elle être consommée sans traitement?



**Qualité de l'eau souterraine
 (critères pour l'eau potable)
 Montérégie Est - Les Appalaches**



LÉGENDE	
 Eau de qualité acceptable	 Limite approximative de la zone d'eau saumâtre
 Eau de qualité passable	 Pas de dépassement
 Eau non potable	 Dépassement

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

La méthode est la même que pour les critères pour l'eau potable. Les cartes ci-contre présentent les puits analysés en fonction des conditions de dépassement des OE pour neuf paramètres.

Interprétation pour l'ensemble du territoire de la Montérégie Est

Les dépassements d'OE pour les dix paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement les Appalaches) :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nombre de dépassements de l'OE	Proportion des échantillons	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/L	8	3 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/L	19	8 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale	≤ 200 CaCO ₃ mg/L	53	24 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/L	55	23 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/L	100	42 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	≤ 500 mg/L	94	43 %	Goût et entartrage
pH	entre 6,5 et 8,5	47	20 %	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement
Sodium (Na)	≤ 200 mg/L	31	13 %	Goût
Sulfures (H ₂ S)	≤ 0,05 mg/L	23	10 %	Goût et odeur
Sulfates (SO ₄)	≤ 500 mg/L	5	2 %	Goût

Les dépassements pour la matière dissoute totale (MDT), très fréquents dans les Basses-terres, et ceux pour les chlorures (Cl) et le sodium (Na), présents surtout à l'intérieur et au pourtour de la zone d'eau saumâtre, seraient expliqués par l'invasion de la mer de Champlain.

Les dépassements pour le manganèse (Mn) et, dans une moindre mesure, pour le fer (Fe), sont rencontrés sur presque toute la zone d'étude et sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.

Les dépassements pour la dureté sont fréquents à la fois pour les Basses-terres et le Piedmont.

Le pH présente des dépassements vers le bas (pH acide) dans les Appalaches, particulièrement dans les Hautes-terres, et des dépassements vers le haut (pH alcalin) dans les Basses-terres, principalement en dehors de la zone d'eau saumâtre.

Les dépassements pour les sulfures (H₂S), présents dans une grande partie de la région, et pour les sulfates (SO₄), présents à l'intérieur et au pourtour de la zone d'eau saumâtre, sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.

F Les problèmes liés aux matières dissoutes totales (MDT) sont rares dans le secteur des Appalaches.

Vrai Faux

F Les dépassements en chlorures (Cl) et en sodium (Na) sont peu fréquents dans le secteur des Appalaches.

Vrai Faux

F Les dépassements en dureté semblent concerner plus les Hautes-terres que le Piedmont.

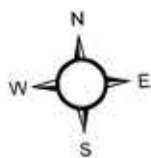
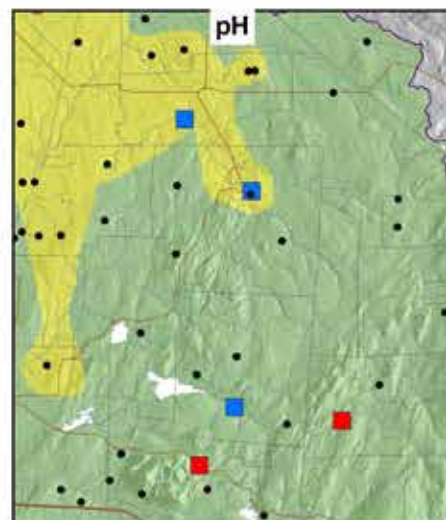
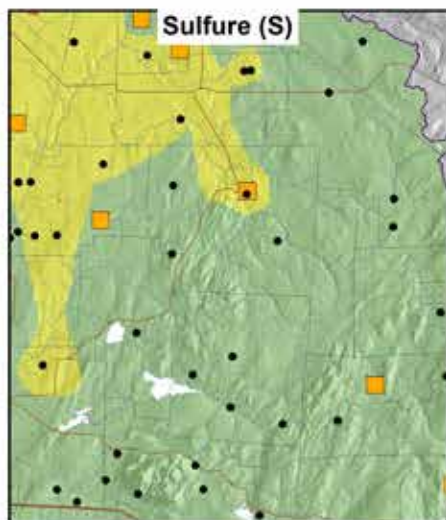
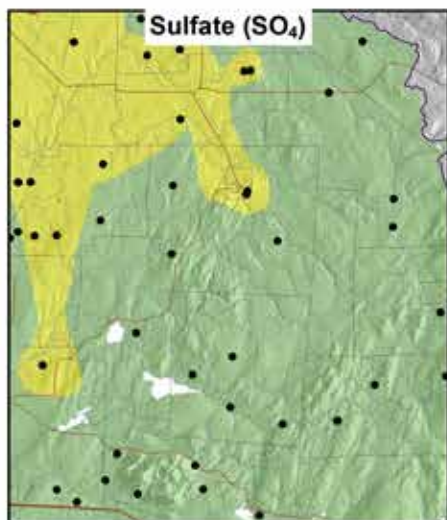
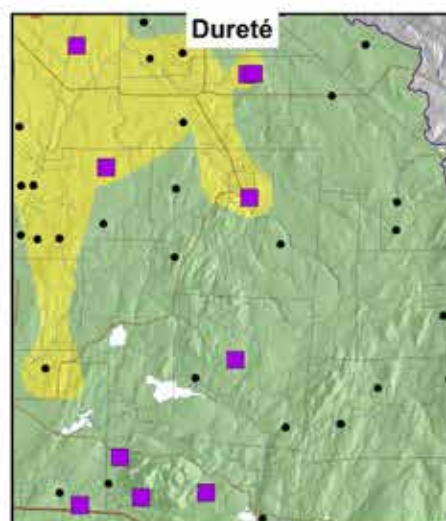
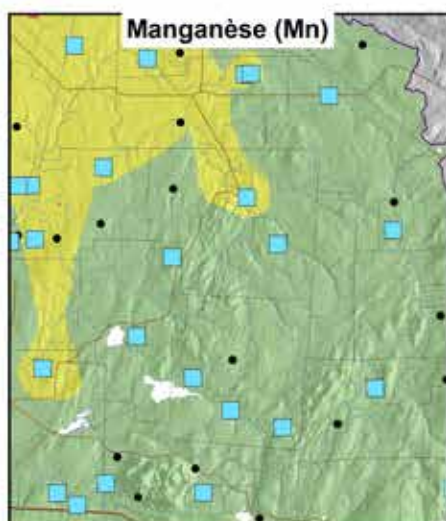
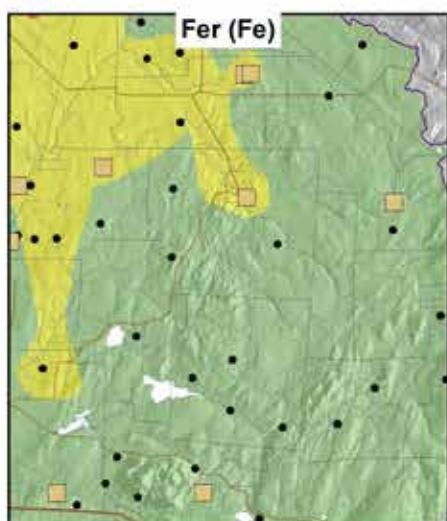
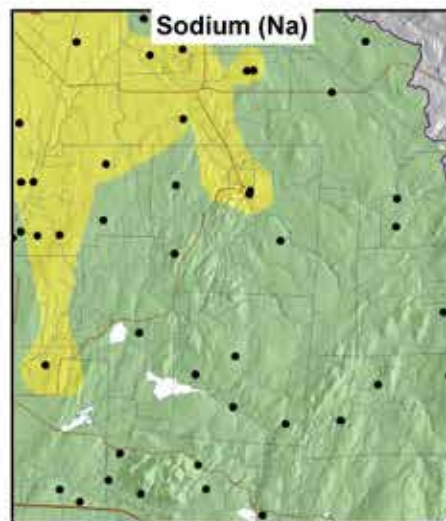
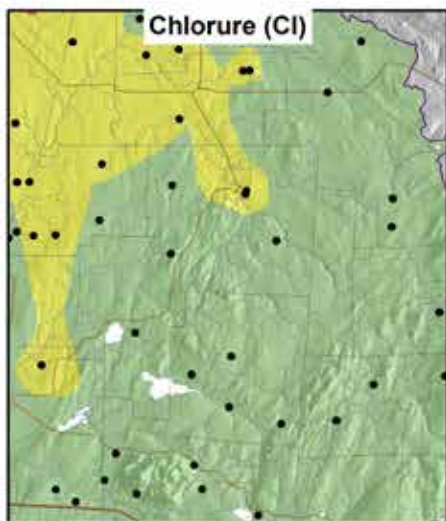
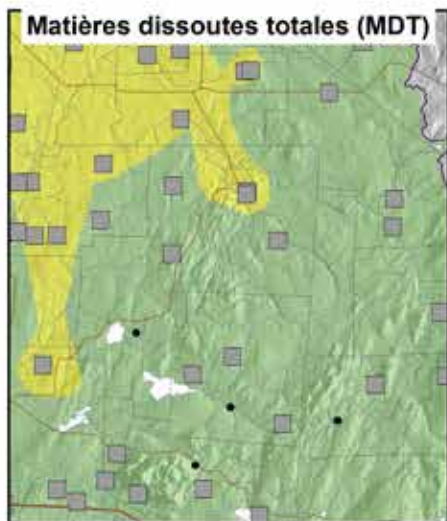
Vrai Faux

M Les dépassements en fer (Fe) et en manganèse (Mn) semblent être liés à la minéralogie du socle rocheux.

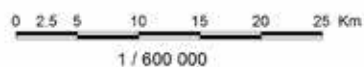
Vrai Faux

M Pourquoi les dépassements en dureté sont-ils problématiques?











**Qualité de l'eau souterraine
(critères esthétiques)
Montérégie Est - Les Appalaches**



LÉGENDE

- | | |
|---|--|
|  Eau de qualité acceptable |  Limite approximative de la zone d'eau saumâtre |
|  Eau de qualité passable |  Pas de dépassement |
|  Eau non potable |  Dépassement |

Modèle conceptuel hydrogéologique

Définition et description

Les modèles conceptuels hydrogéologiques représentent une synthèse des connaissances sur les contextes hydrogéologiques le long de coupes verticales passant à travers des secteurs typiques de la région d'étude. Ces coupes sont représentatives de la topographie et de la géologie du roc et des sédiments superficiels, mais elles ont été schématisées de façon à faciliter la description des conditions hydrogéologiques.

Le modèle conceptuel présenté aux pages suivantes illustre la transition entre la zone externe des Appalaches (Piedmont) et la Plate-forme du Saint-Laurent (Basses-terres) sur la base d'une coupe orientée du sud-est vers le nord-ouest, et située dans le nord-est de la région d'étude. Cette coupe passe à proximité de Roxton Falls et Saint-Liboire et croise la rivière Yamaska. Dans ce secteur, il y a une utilisation d'eau souterraine relativement importante dans les Appalaches (zones interne et externe) où des puits résidentiels et municipaux exploitent principalement l'aquifère régional de roc fracturé.

Sur la première coupe montrant la géologie (p. 43), on présente les unités géologiques du roc, leurs lithologies et les principales failles, ainsi que l'assemblage de sédiments superficiels recouvrant le roc.

Sur la deuxième coupe représentant les conditions hydrogéologiques (p. 44), on montre les directions d'écoulement, les zones de recharge, de transition ou de résurgence, les conditions de confinement de l'aquifère au roc, la nature aquifère ou aquitard des unités géologiques et l'importance relative du débit de puits qui pourraient s'approvisionner dans les différentes conditions aquifères.

La troisième coupe portant sur la qualité d'eau (p. 45) montre la vulnérabilité de l'aquifère rocheux, les types d'eau présents dans cet aquifère et les principaux problèmes de qualité d'eau rencontrés.

Interprétation pour le secteur des Appalaches

Contexte géologique (p. 43) :

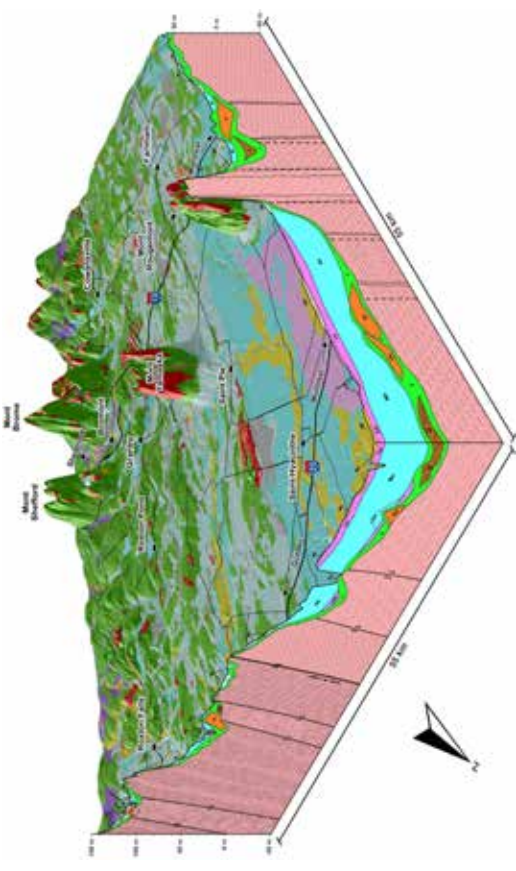
- Sur les hauts topographiques, on retrouve des sédiments minces peu à moyennement perméables (till). Dans les vallées, on retrouve des dépôts meubles plus épais, incluant des unités de sédiments fins et de sédiments perméables en surface ou enfouis (ex. : présence d'eskers dans le Piedmont).
- Les Appalaches sont constituées de roches métamorphiques, ayant une perméabilité faible à moyenne, qui peut être plus fracturée autour des failles, mais surtout dans les premiers mètres sous la surface du roc.

Conditions d'écoulement et potentiel aquifère (p. 44) :

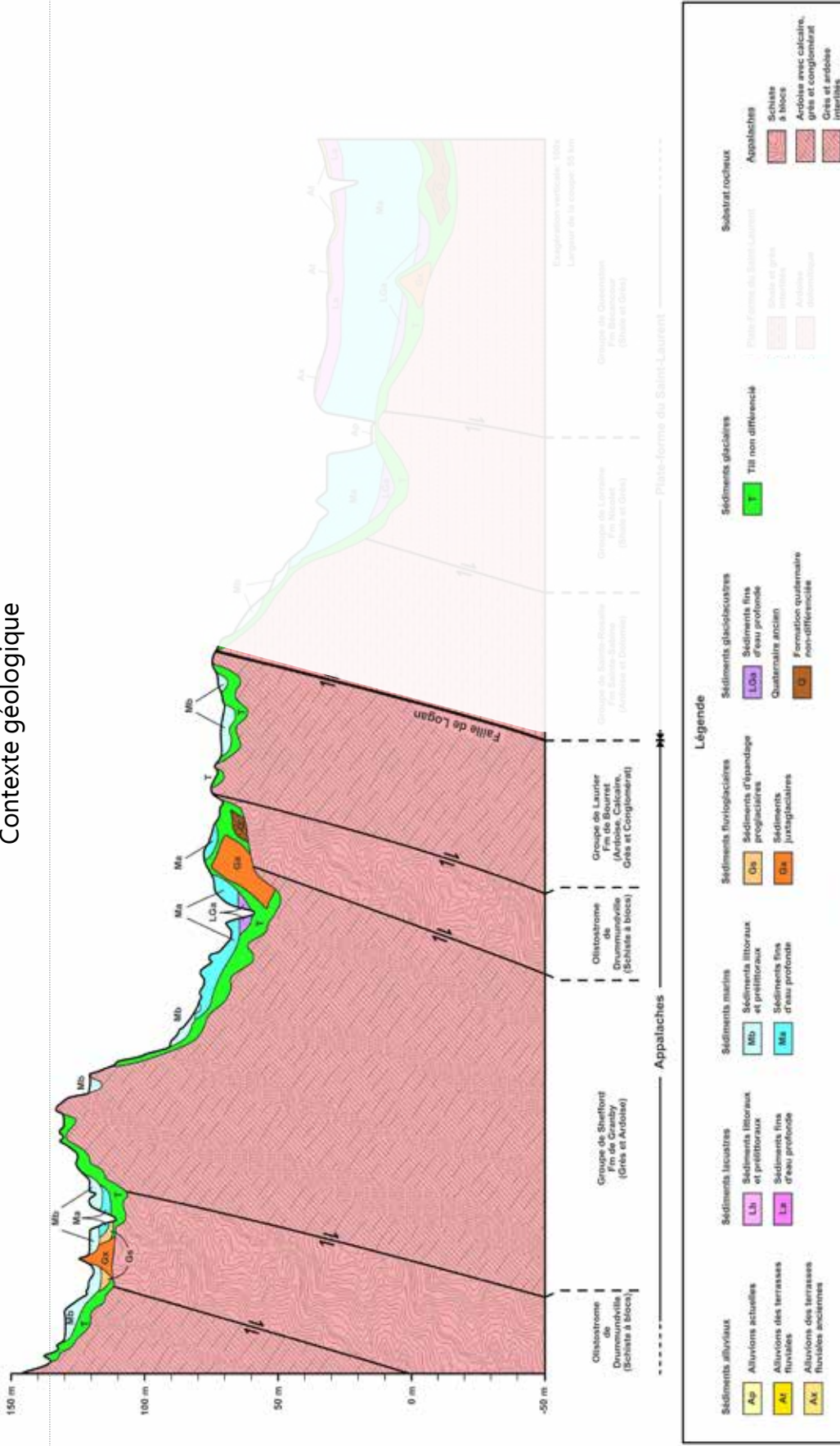
- Il y aurait une résurgence significative de l'eau souterraine dans les cours d'eau et aux endroits avec changements de pente abruptes, tel qu'à la limite ouest du Piedmont.
- Les zones de recharge, où les fluctuations de niveau d'eau sont plus importantes, se retrouvent dans les zones élevées avec dépôts perméables présents en surface.
- Des aquifères de dépôts meubles sont exploités par certaines municipalités dans les vallées (conditions de confinement variables) avec de bons débits, tandis que l'aquifère régional de roc fracturé fournit généralement des débits moins importants, mais il est présent partout.

Vulnérabilité et qualité de l'eau (p. 45) :

- L'eau souterraine est de meilleure qualité dans ou près des zones de recharge.
- Ce sont aussi des zones qui sont plus vulnérables à la contamination.
- Les dépassements typiques de critères de qualité de l'eau sont surtout de nature esthétique et concernent surtout le fer (Fe) et le manganèse (Mn). Dans le Piedmont, on retrouve un possible mélange d'eau de recharge avec une eau plus évoluée et plus chargée en composés dissous provenant des Appalaches.



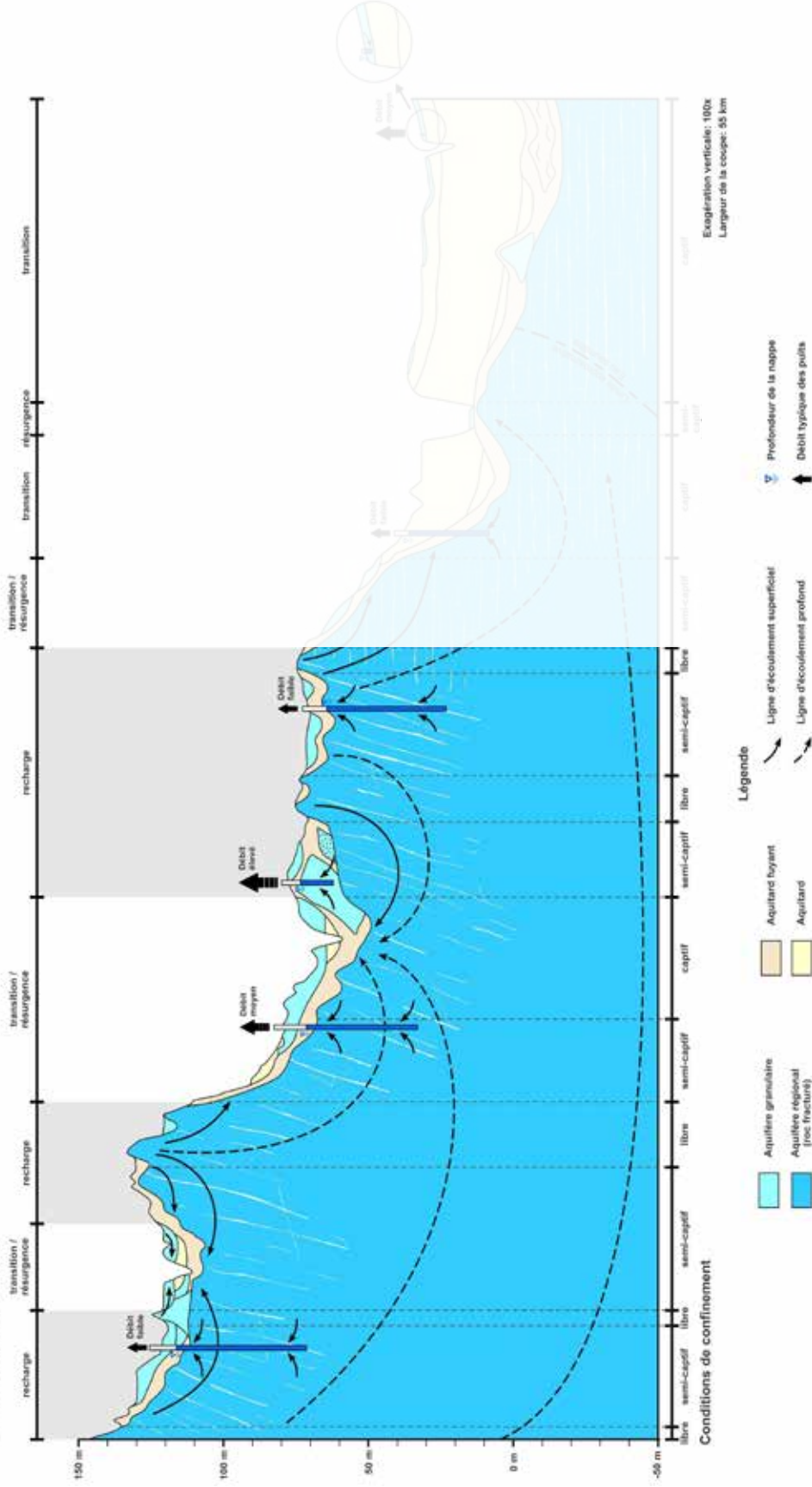
Contexte géologique



- F** Sur les hauts topographiques on retrouve généralement des tills minces directement sur le roc. Vrai Faux
- F** Certains aquifères de dépôts meubles peuvent être en confinés, en partie ou en totalité, sous les sédiments fins. Vrai Faux
- M** Les roches appalachiennes pourraient être plus fracturées, donc plus perméables autour des failles. Vrai Faux

Conditions d'écoulement et potentiel aquifère

Zones de recharge / résurgence



F Les flèches d'écoulement indiquent qu'il y aurait résurgence significative d'eau souterraine dans les cours d'eau.
 Vrai Faux

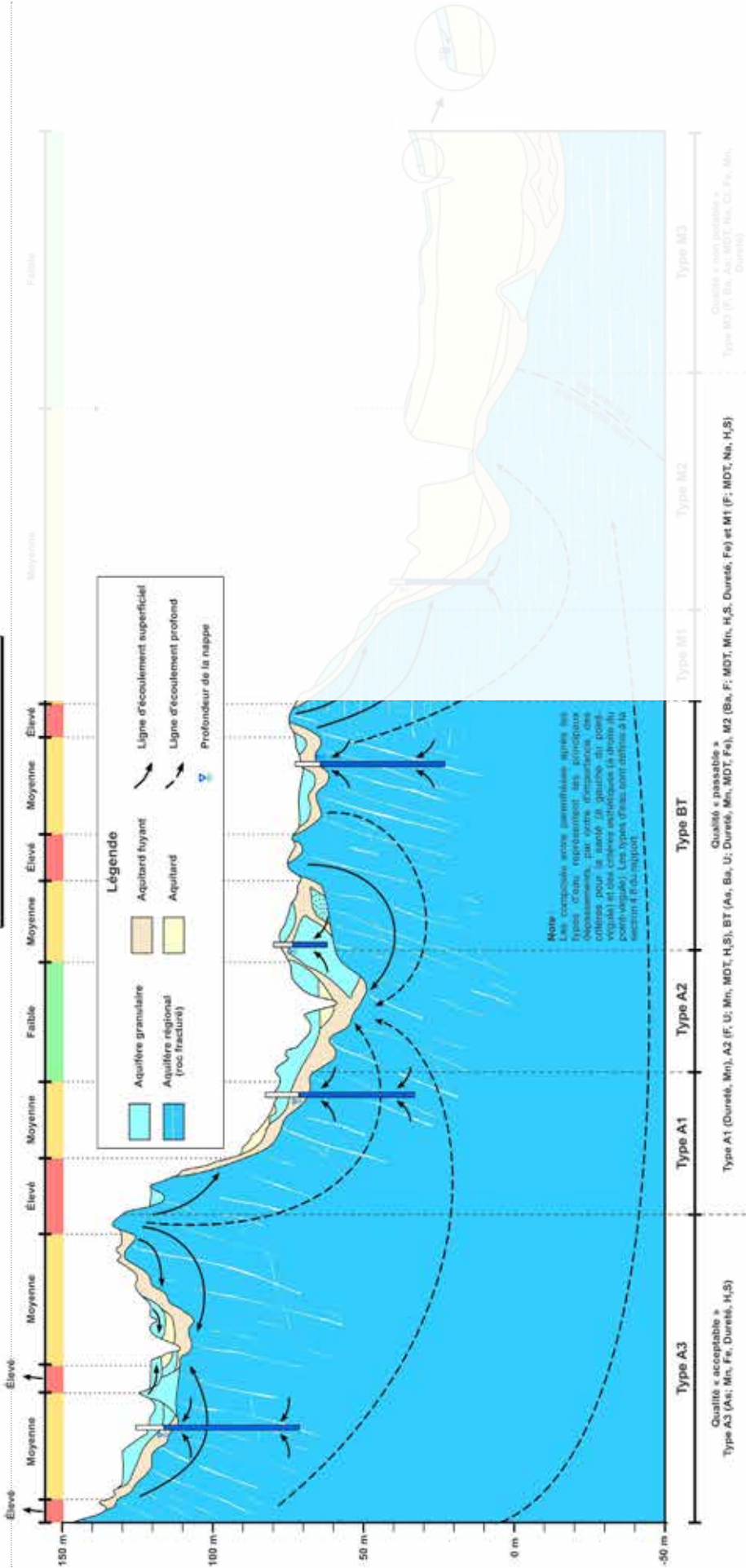
M Les aquifères de dépôts meubles présents dans les vallées n'offrent pas un potentiel assez important pour alimenter des puits municipaux.
 Vrai Faux

F Les zones de recharge sont associées aux endroits où l'aquifère de roc est en condition semi-captive ou captive.
 Vrai Faux

M Les Basses-terres sont en partie alimentées par un écoulement profond d'eau souterraine rechargée dans les Hautes-terres.
 Vrai Faux

Vulnérabilité et qualité de l'eau

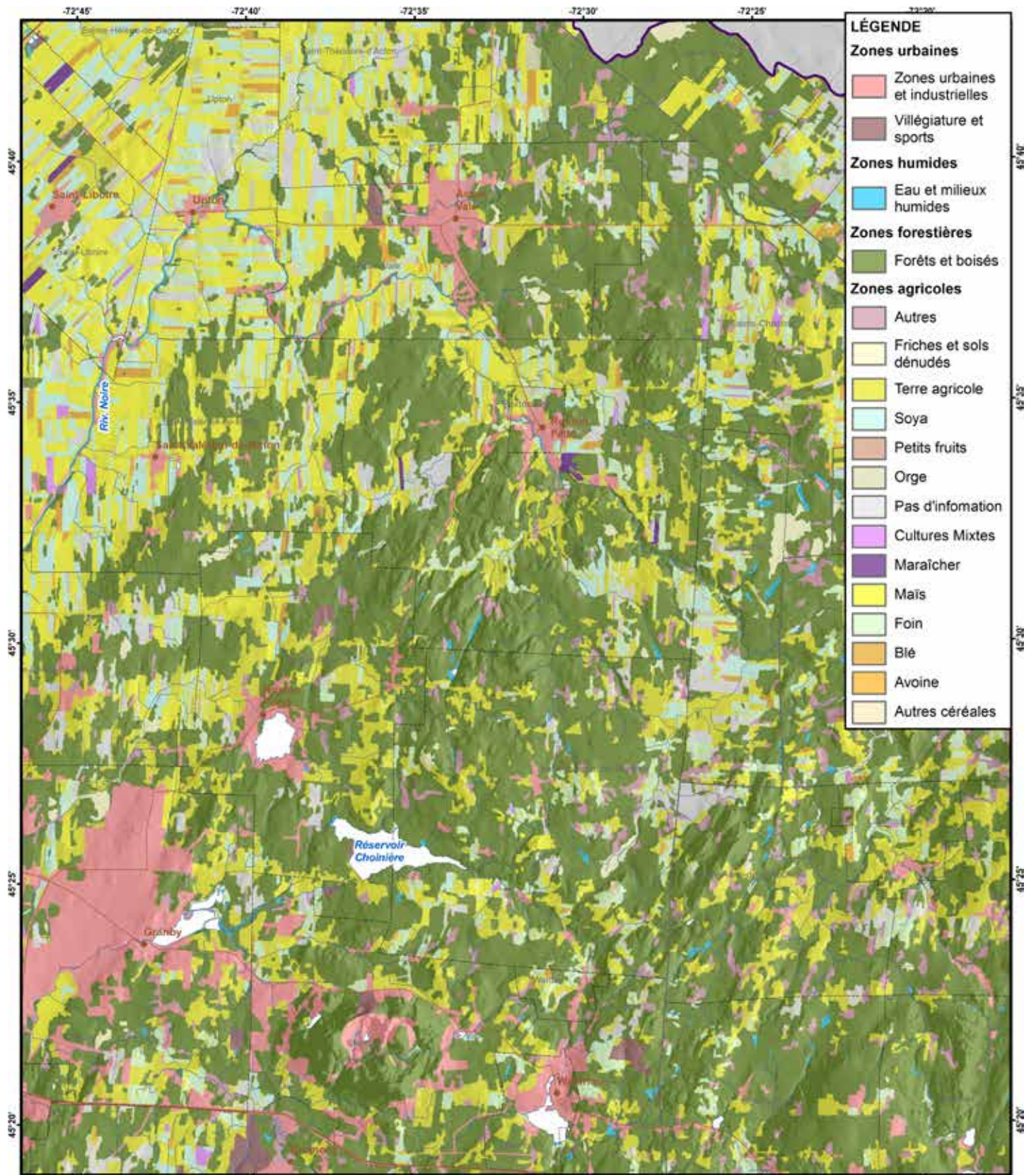
Vulnérabilité de l'aquifère régional



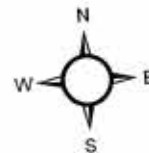
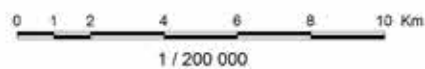
Qualité (type d'eau)

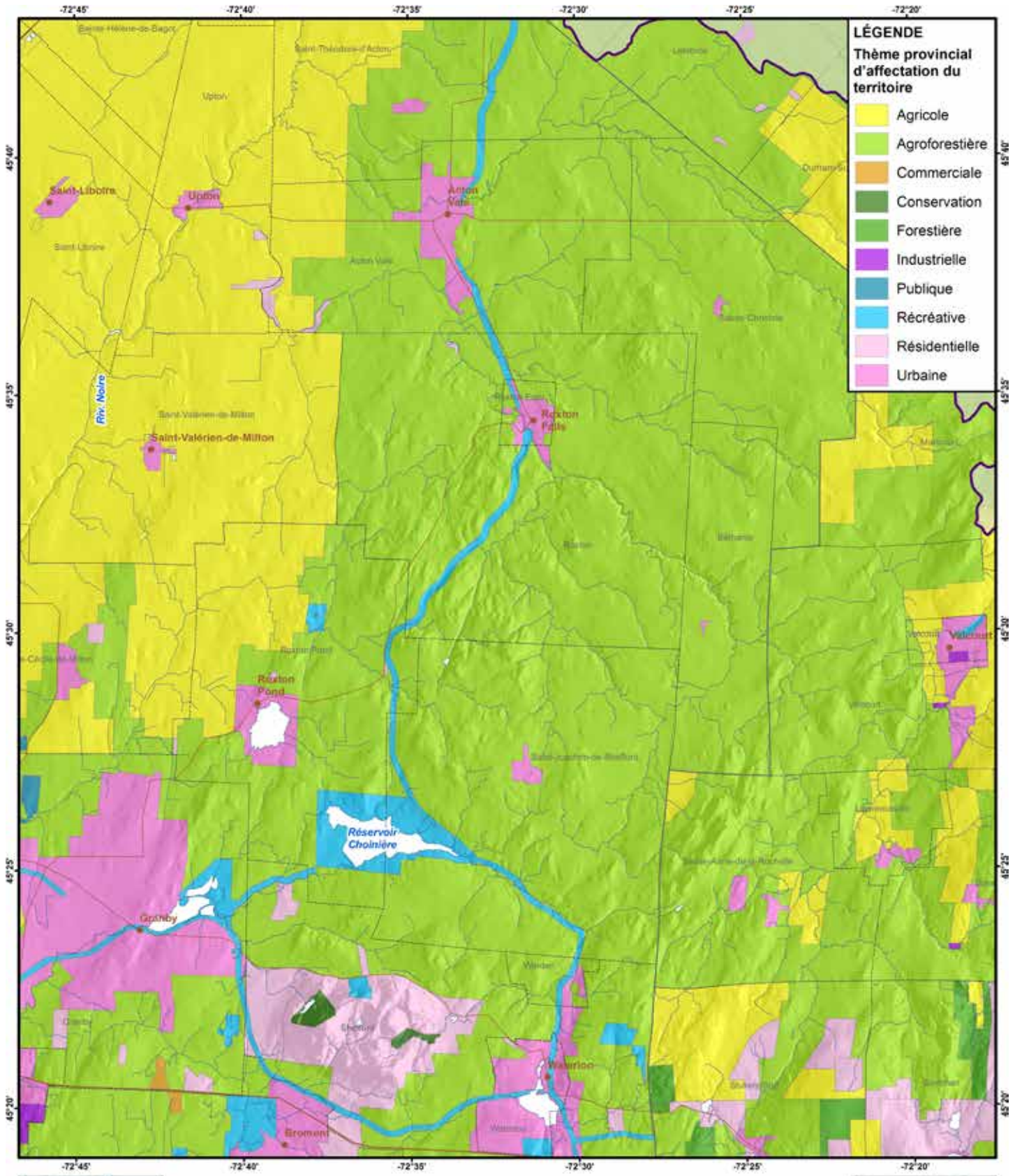


- F L'eau souterraine est de meilleure qualité au cœur des Appalaches plutôt qu'en bordure des Basses-terres. Vrai Faux
- M Dans le Piedmont, l'eau est de qualité passable due à un possible mélange d'eau de recharge avec les eaux saumâtres des Basses-terres. Vrai Faux
- F Les zones les plus vulnérables à la contamination sont associées aux zones de recharge. Vrai Faux
- M Les dépassements typiques de critères de qualité de l'eau sont surtout de nature esthétique et concernent majoritairement l'arsenic. Vrai Faux

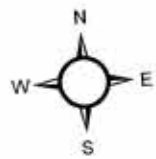
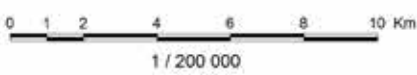


Occupation du sol
Montérégie Est - Les Appalaches





Affectation du territoire
Montérégie Est - Les Appalaches

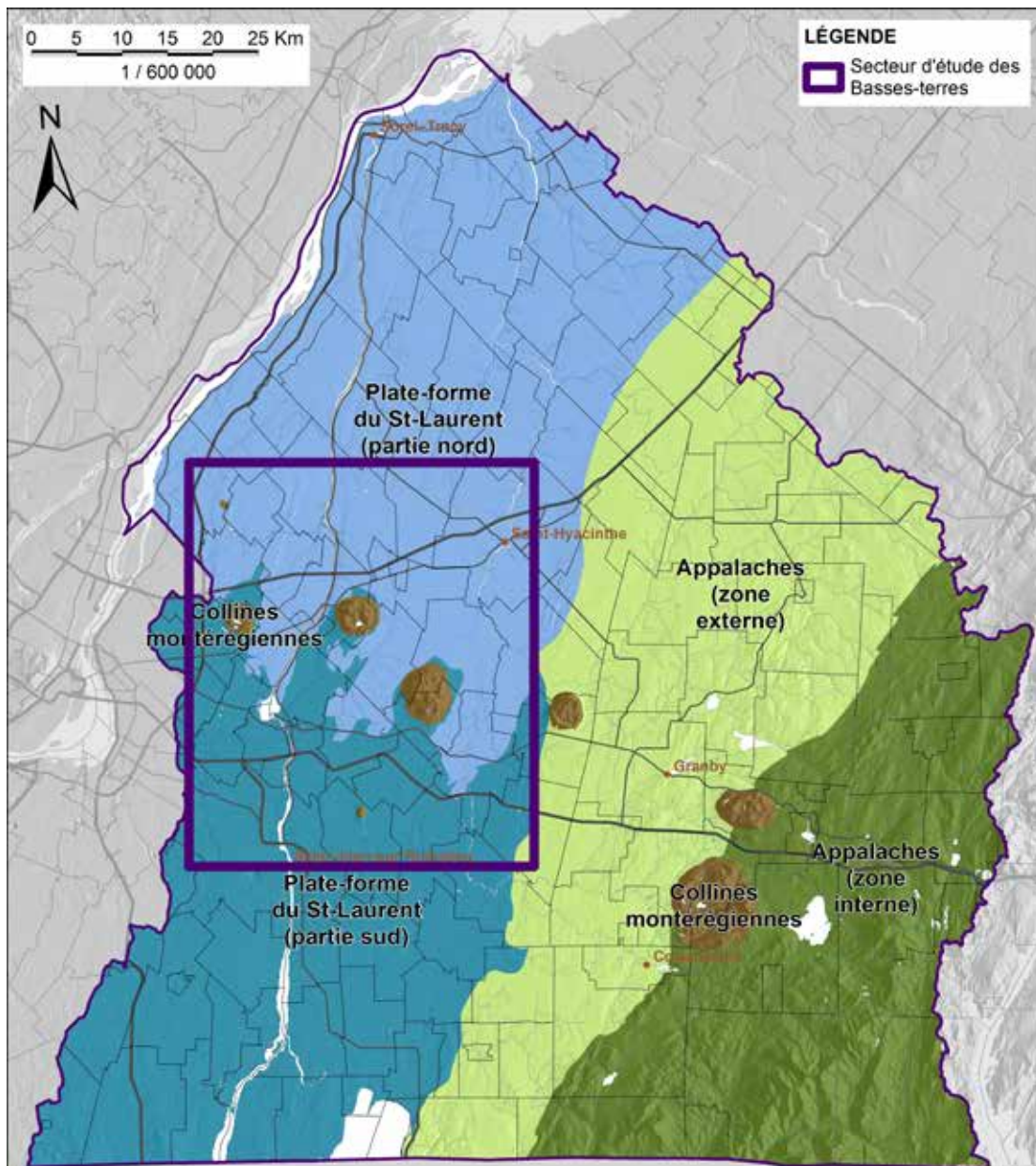


Exercice de synthèse 1 : Si demain une municipalité du secteur des Appalaches devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?

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

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

4. Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres



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 14

Méthode utilisée

L'épaisseur totale des dépôts meubles a été estimée en interpolant, sur des mailles de 250 m x 250 m, les données colligées et validées dans le cadre du projet, incluant les forages, les affleurements rocheux (qui indiquent une épaisseur nulle de dépôts), les données de levés géophysiques interprétées et, de manière indirecte, les données sur la distribution des sédiments du Quaternaire.

Interprétation pour le secteur des Basses-Terres

L'épaisseur totale de dépôts meubles est beaucoup plus importante dans la partie nord (moyenne de 29.4 m) de la Plateforme du Saint-Laurent que sa partie sud (moyenne de 8.2 m).

On retrouve les plus faibles épaisseurs sur les collines montérégiennes (moyenne de 5.9 m).

Les épaisseurs les plus importantes se situent dans le secteur de Sorel où des valeurs de plus de 80 m ont été estimées.

On remarque des épaisseurs de plus de 30 m entre les collines montérégiennes, mais aussi en aval glaciaire (c'est-à-dire au sud) de certaines de celles-ci (monts Saint-Hilaire, Rougemont et Yamaska).

Dans la partie sud, les épaisseurs significatives se retrouvent surtout le long des vallées des rivières l'Acadie et Richelieu, ainsi qu'à proximité du bassin de Chambly.



F Les dépôts meubles sont plus épais dans la partie nord des Basses-terres que dans sa partie sud.

Vrai Faux

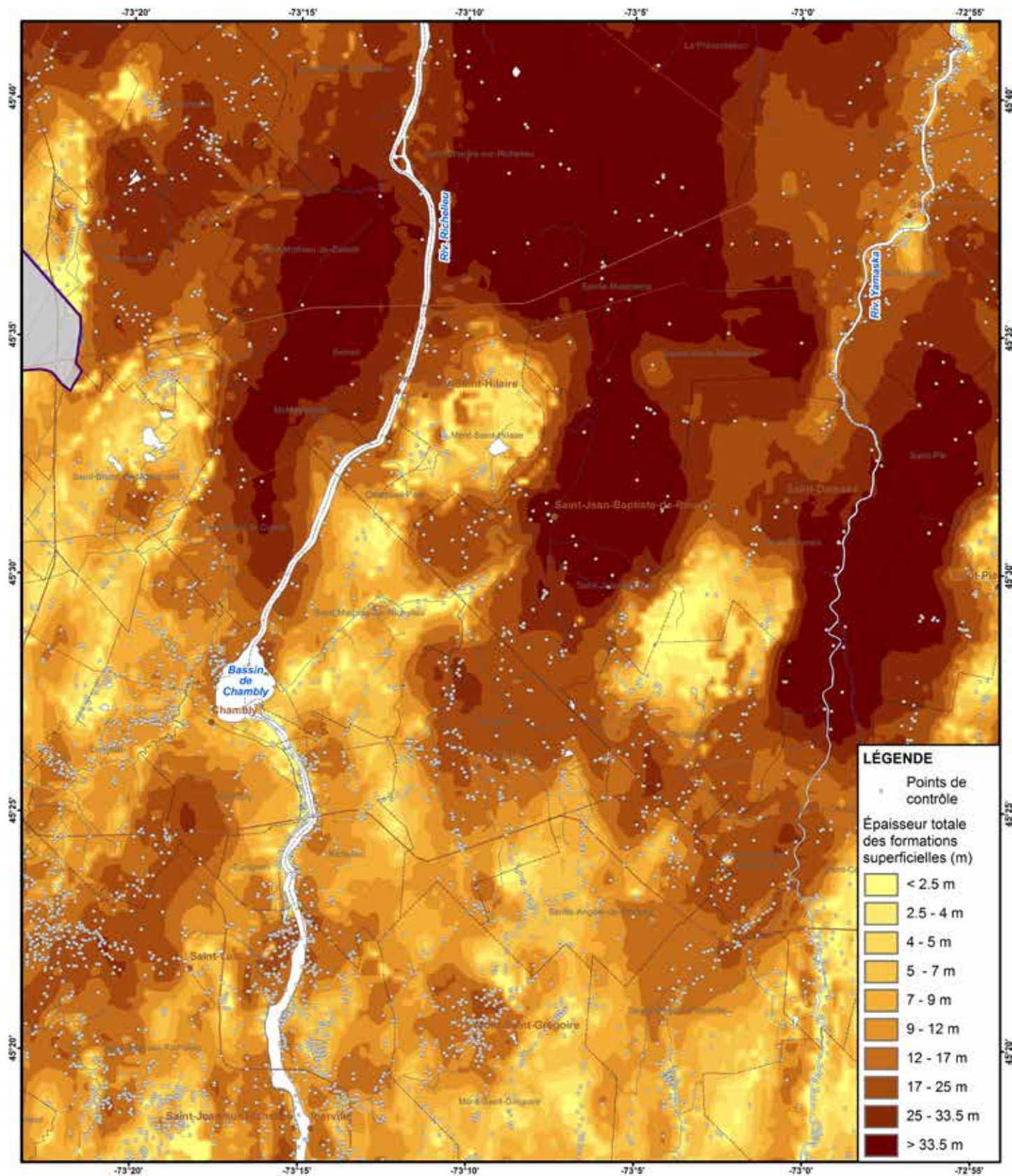
F Les dépôts meubles sont particulièrement épais sur les Montérégiennes.

Vrai Faux

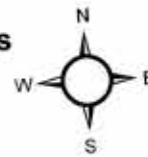
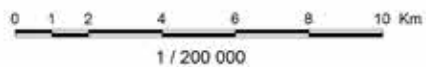
D La fiabilité de l'estimation de l'épaisseur des dépôts est partout très bonne.

Vrai Faux

D Est-ce que la topographie de surface influence de manière importante l'épaisseur des dépôts meubles dans le secteur des Basses-terres (expliquez votre raisonnement)?



Épaisseur totale des formations superficielles
Montérégie Est - Les Basses-terres



Contextes hydrogéologiques

Définition

Les contextes hydrogéologiques sont définis sur la base des séquences d'empilement vertical des **DÉPÔTS MEUBLES** recouvrant le **ROC FRACTURÉ**. Ces séquences hydrostratigraphiques exercent une influence sur les conditions d'écoulement et la qualité de l'eau souterraine, et peuvent fournir des informations d'intérêt pour l'exploitation et la gestion des ressources en eau souterraine.



**DÉPÔTS MEUBLES,
ROC FRACTURÉ**
page 14

Méthode utilisée

Les Basses-terres sont situées à l'ouest de la Ligne de Logan, qui sépare les roches sédimentaires peu déformées de la Plate-forme du Saint-Laurent des roches sédimentaires plus déformées des Appalaches. La Plate-forme du Saint-Laurent (Basses-terres) a été divisée selon l'épaisseur de sédiments argileux : partie nord > 10 m et partie sud < 10 m. Les collines montérégiennes incluses dans le secteur étudiée ici correspondent aux monts Saint-Bruno, Saint-Hilaire, Saint-Grégoire et Rougemont.

La combinaison des données de forages, de la géologie des dépôts meubles et du roc, des épaisseurs de sédiments et des levés géophysiques a permis de définir six séquences hydrostratigraphiques typiques en Montérégie Est.

Interprétation pour le secteur des Basses-Terres

Séquence hydrostratigraphique des contextes hydrogéologiques (de la surface en profondeur) :

Partie nord de la Plate-forme du Saint-Laurent :

- Sable littoral généralement mince (< 3 m) et discontinu, sauf au nord de la zone où on retrouve du silt-sableux alluvial plus épais (de 10 à 20 m) — **aquifère superficiel marginal**
- Argile lacustre et marine épaisse (de 10 à > 35 m) — **aquitard**
- Par endroits, sédiments granulaires grossiers perméables et/ou till semi-perméable (> 10 m) — **aquifère potentiel**
- Roc fracturé — **aquifère régional**

Partie sud de la Plate-forme du Saint-Laurent :

- Argile lacustre et marine mince (< 5 m) et discontinue, sauf en bordure de la rivière Richelieu (~ 20 m) — **aquitard**
- Till continu (semi-perméable) et localement sédiments sableux (moyenne de 5.5 m) — **aquifère potentiel**
- Roc fracturé — **aquifère régional**

Collines montérégiennes :

- Sable et gravier littoral, fluvioglacière ou alluvial sur le pourtour des collines, surtout du côté sud (> 15 m) — **aquifère potentiel et exploité**
- Roc affleurant ou couverture de till mince (< 5 m) et discontinu — **aquifère régional**



- F** La séquence de sédiments indifférenciés sur roc domine dans les deux contextes hydrogéologiques des Basses-terres.

Vrai Faux

- F** L'étendue et l'épaisseur de l'argile sont moins importantes dans les Basses-terres sud.

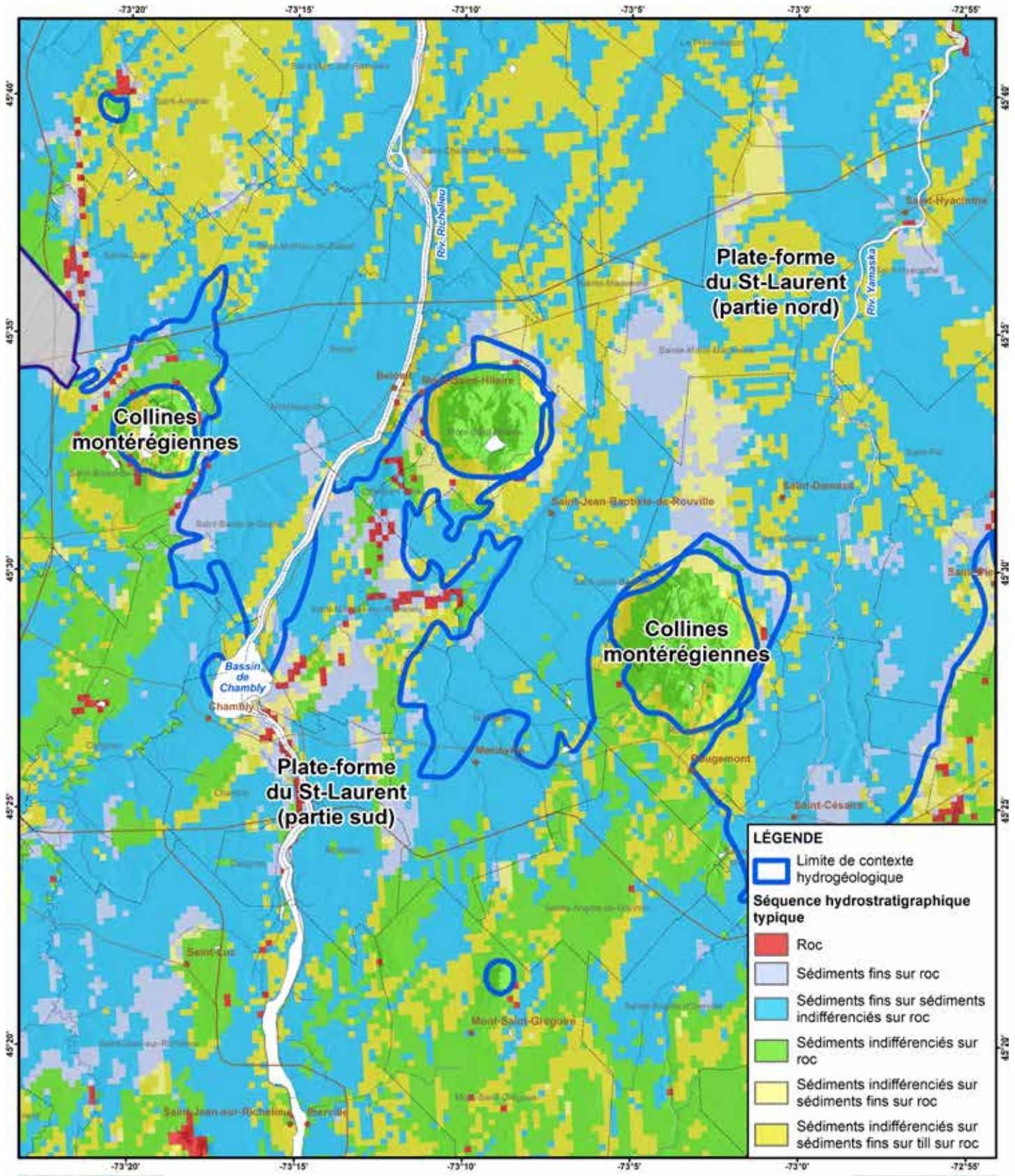
Vrai Faux

- M** Cette carte permet de localiser les aquifères de dépôt meubles potentiellement exploitables.

Vrai Faux

- M** Pourquoi qualifie-t-on l'aquifère granulaire superficiel retrouvé dans les Basses-terres nord de « marginal »?

- D** Pourquoi retrouve-t-on une bonne épaisseur de sédiments glaciaires indifférenciés (ex. : till) du côté sud des collines montérégiennes?

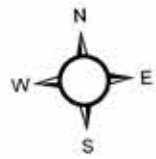
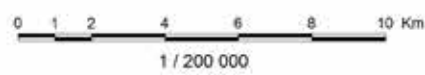


LÉGENDE

- Limite de contexte hydrogéologique
- Séquence hydrostratigraphique typique**
- Roc
- Sédiments fins sur roc
- Sédiments fins sur sédiments indifférenciés sur roc
- Sédiments indifférenciés sur roc
- Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur roc
- Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur till sur roc



**Contextes hydrogéologiques
Montérégie Est - Les Basses-terres**



Conditions de confinement

Définition

Le confinement d'un aquifère est lié à son recouvrement par une couche de matériaux peu perméables (aquitard) qui isole de la surface l'eau souterraine qu'il contient. La nature et l'épaisseur des dépôts meubles déterminent ainsi le niveau de confinement. 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.



**NAPPE LIBRE,
NAPPE CAPTIVE,
NAPPE SEMI-
CAPTIVE** page 13

Méthode utilisée

Les conditions de confinement ont été déterminées en Montérégie Est pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement, selon les critères suivants :

- **Nappe captive** : plus de 5 m de sédiments argileux
- **Nappe semi-captive** : entre 1 et 5 m de sédiments argileux ou plus de 3 m de sédiments indifférenciés
- **Nappe libre** : moins de 1 m de sédiments argileux et moins de 3 m de sédiments indifférenciés.

Interprétation pour le secteur des Basses-Terres

Les conditions à nappe captive sont principalement observées dans la partie nord de la Plate-forme du Saint-Laurent en raison de l'importante épaisseur de sédiments argileux. On retrouve aussi ce type de condition ailleurs, dans certaines des principales vallées également caractérisées par la présence de sédiments argileux (ex. rivière Richelieu).

La partie sud de la Plate-forme du Saint-Laurent est dominée par les conditions à nappe semi-captive, caractérisées par des épaisseurs modérées des sédiments potentiellement peu perméables, comme le till.

Les conditions à nappe libre se retrouvent sur les collines montérégiennes, caractérisées par l'absence de sédiments argileux et la faible épaisseur de sédiments glaciaires (till).



F Le secteur de Saint-Jean-sur-Richelieu et d'Iberville est dominé par des conditions de nappes captives.

Vrai Faux

M L'aquifère de roc fracturé des collines montérégiennes est bien protégé de la contamination provenant directement de la surface.

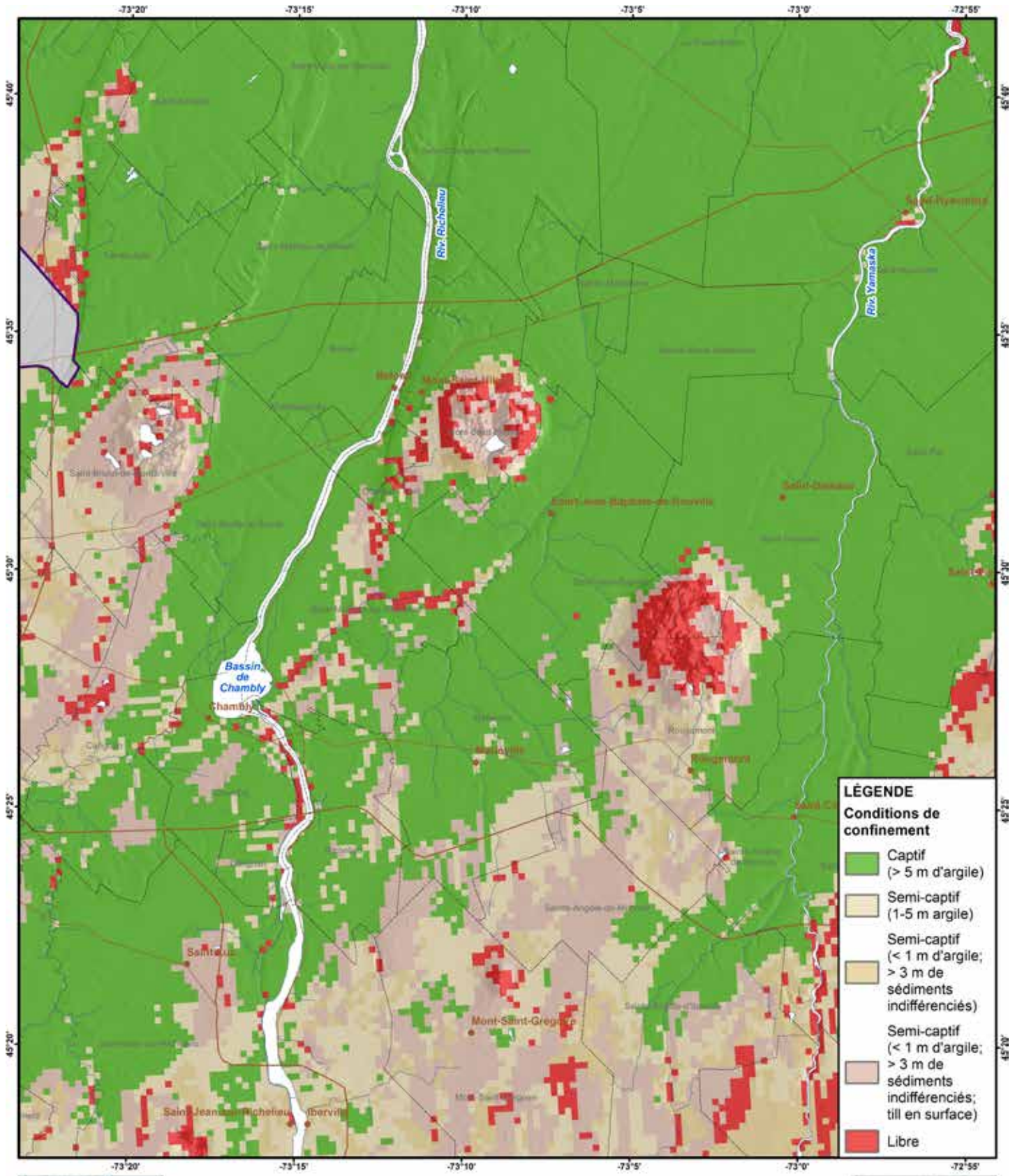
Vrai Faux

M Une nappe captive est alimentée par l'eau des précipitations.

Vrai Faux

M Pourquoi l'aquifère rocheux des collines montérégiennes n'est jamais confiné?

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

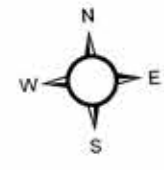
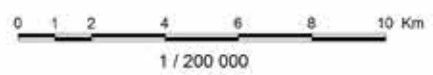


LÉGENDE
Conditions de confinement

- Captif (> 5 m d'argile)
- Semi-captif (1-5 m argile)
- Semi-captif (< 1 m d'argile; > 3 m de sédiments indifférenciés)
- Semi-captif (< 1 m d'argile; > 3 m de sédiments indifférenciés; till en surface)
- Libre



Conditions de confinement
Montérégie Est - Les Basses-terres



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

Une carte piézométrique a été produite pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement à partir des données de niveaux d'eau mesurés dans les puits installés dans le roc. L'interpolation des niveaux d'eau entre ces puits a été réalisée, sur des mailles de 250 m x 250 m, en tenant compte des conditions distinctes rencontrées dans la Plate-forme du Saint-Laurent par rapport à celles des Appalaches. On soustrait alors la carte obtenue à partir des niveaux d'eau de la carte du modèle numérique de terrain (MNT) pour obtenir les élévations des niveaux d'eau.

La carte ci-contre montre aussi les lignes de partage de l'eau souterraine, qui définissent les limites des sous-bassins hydrogéologiques.

Interprétation pour le secteur des Basses-Terres

Les faibles gradients piézométriques de la partie nord des Basses-terres indiquent que l'écoulement de l'eau souterraine y est généralement très faible. Il y a un écoulement latéral de l'est vers l'ouest relativement lent à partir des hauts piézométriques vers les bas piézométriques observés au niveau des cours d'eau. L'eau provenant du Piedmont et des Appalaches à l'est serait interceptée par la rivière Yamaska ou ferait résurgence au front des Appalaches (Ligne de Logan).

Dans la partie sud des Basse-terres, on retrouve des crêtes et des creux piézométriques orientés nord-sud qui indiquent que l'écoulement est généralement orienté est-ouest, allant vers la rivière Richelieu, principalement.

Des hauts piézométriques sont associés aux collines montérégiennes, à partir desquelles l'écoulement est à peu près radial. Les hauts piézométriques se prolongent aussi vers le nord, ce qui indiquerait qu'un certain écoulement se ferait des collines montérégiennes vers la partie nord des Basses-terres.



F On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés au niveau des collines montérégiennes.

Vrai Faux

F De manière générale, l'écoulement pour le secteur d'étude s'effectue dans l'axe est-ouest, vers les cours d'eau principaux.

Vrai Faux

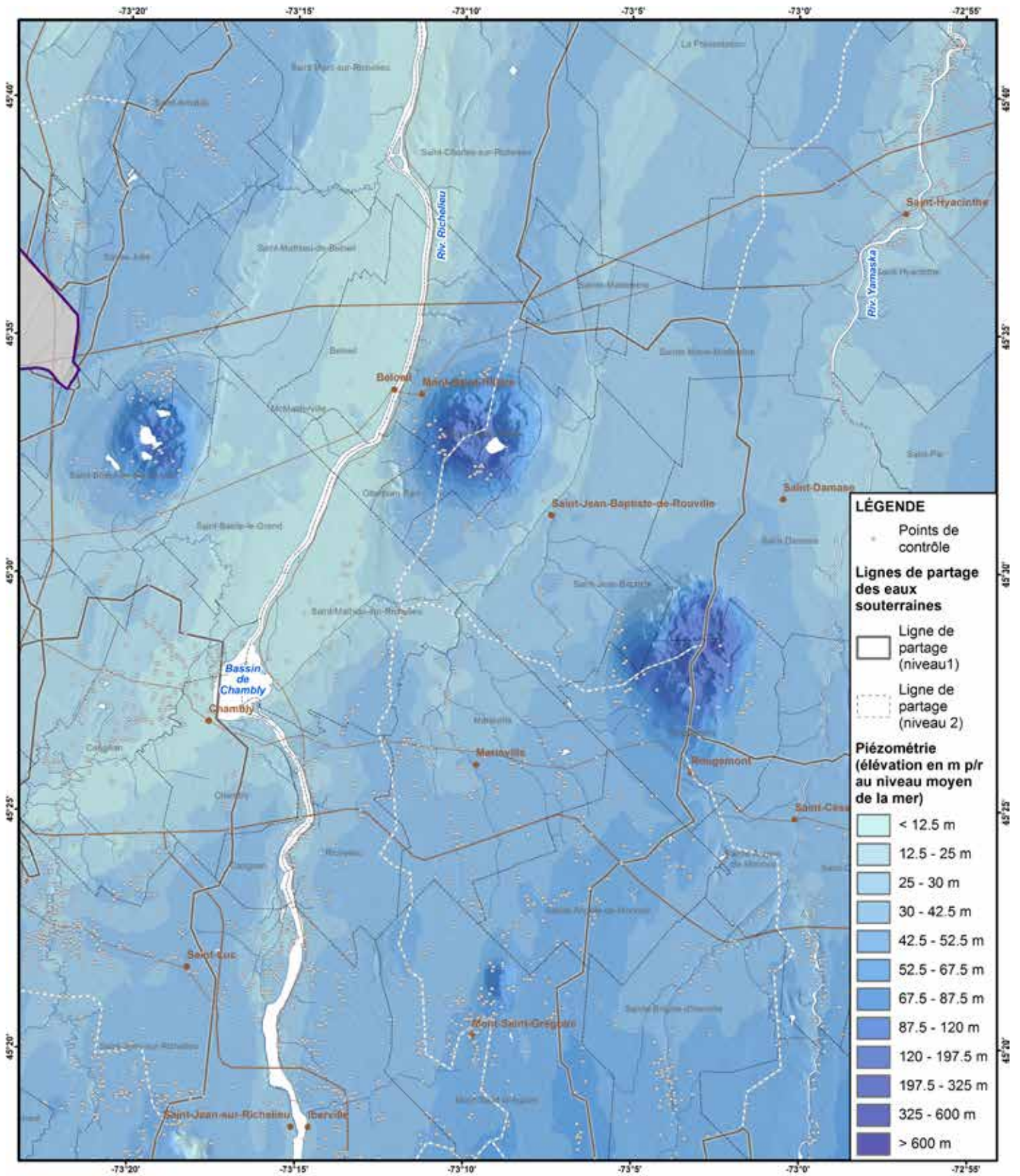
M La municipalité de Mont-Saint-Hilaire reçoit son eau souterraine des municipalités limitrophes.

Vrai Faux

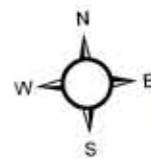
M L'eau souterraine de la municipalité de Saint-Damase s'écoule vers les municipalités limitrophes situées au nord et au sud.

Vrai Faux

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



**Piezométrie de l'aquifère de roc fracturé
Montérégie Est - Les Basses-terres**



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.



**RECHARGE,
RÉSURGENCE**
page 16

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.

Méthode utilisée

La recharge distribuée a été estimée, sur des mailles de 250 m x 250 m, pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement. Elle correspond à la recharge moyenne annuelle pour la période 1970–2010 et a été obtenue avec le logiciel HELP (Hydrological Evaluation of Landfill Performance) en intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire, ainsi que sur les propriétés des sols, des dépôts meubles et du roc.

Les zones préférentielles de recharge ont été définies selon deux types de critères : une recharge de plus de 250 mm/an et la présence, hors des zones captives, d'un dôme piézométrique d'une superficie supérieure à 1 km². Les zones préférentielles de résurgence ont été identifiées à l'aide des dépressions de la surface piézométrique et des zones de nappe affleurante (< 1 m de profondeur), hors des zones captives et des zones de recharge significative (< 50 mm/an).

Interprétation pour le secteur des Basses-Terres

Pour les Basses-terres nord, la recharge est généralement de nulle à faible (moyenne de 14 mm/an) étant donné la présence d'une couche d'argile épaisse et continue. Cependant, il y a des zones d'étendue restreinte où la recharge est significative, notamment dans le secteur de St-Amable. Une portion de la rivière Yamaska, au nord de Saint-Hyacinthe, représenterait la seule importante zone de résurgence identifiée dans ce contexte.

Pour les Basses-terres sud, une recharge modérée (moyenne de 100 mm/an) se produit à travers le till dans les zones semi-captives. Certains secteurs ont été interprétés comme étant des zones de recharge préférentielle, notamment dans de faibles hauts piézométriques situés dans le secteur à l'est de ce contexte. La recharge est plus limitée dans les zones avec un couvert argileux plus ou moins épais. Des zones de résurgence significatives sont présentes le long de la rivière Richelieu au sud de Chambly, ainsi que le long d'autres cours d'eau.

Les collines montérégiennes représentent des zones de recharge préférentielles avec des valeurs de recharge importantes (moyenne de 175 mm/an). Il y a résurgence de cette eau souterraine dans certains des cours d'eau entourant les collines et quelques sources ont été identifiées sur leur pourtour.



F Les collines montérégiennes sont des zones de recharge préférentielle.

Vrai Faux

F Il n'y a aucune zone de recharge préférentielle dans le contexte des Basses-terres nord.

Vrai Faux

F La couverture argileuse épaisse et continue limite la recharge et la résurgence dans la portion nord des Basses-terres.

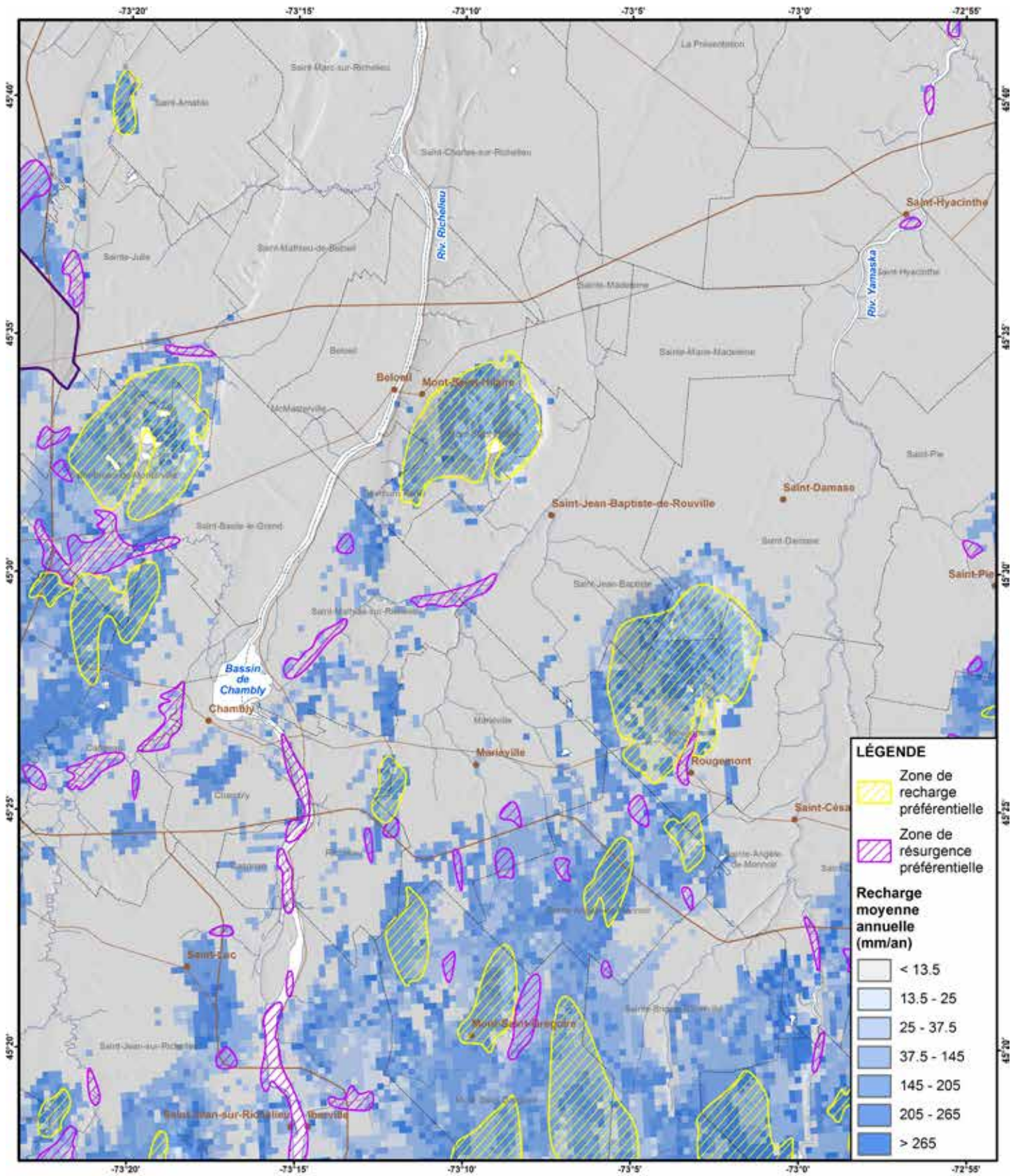
Vrai Faux

M Les zones de recharge préférentielle sont localisées dans les endroits où la nappe est très près de la surface.

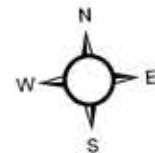
Vrai Faux

M Comment les eaux souterraines sont-elles liées hydrauliquement avec les milieux humides?

D Comment les aquifères à nappe captive sont-ils alimentés en eau souterraine?



**Recharge et résurgence préférentielle
de l'aquifère de roc fracturé
Montérégie Est - Les Basses-terres**



Vulnérabilité

Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir 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 une éventuelle 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 régional de roc fracturé seulement, 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 ont été définies dans 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 secteur des Basses-Terres

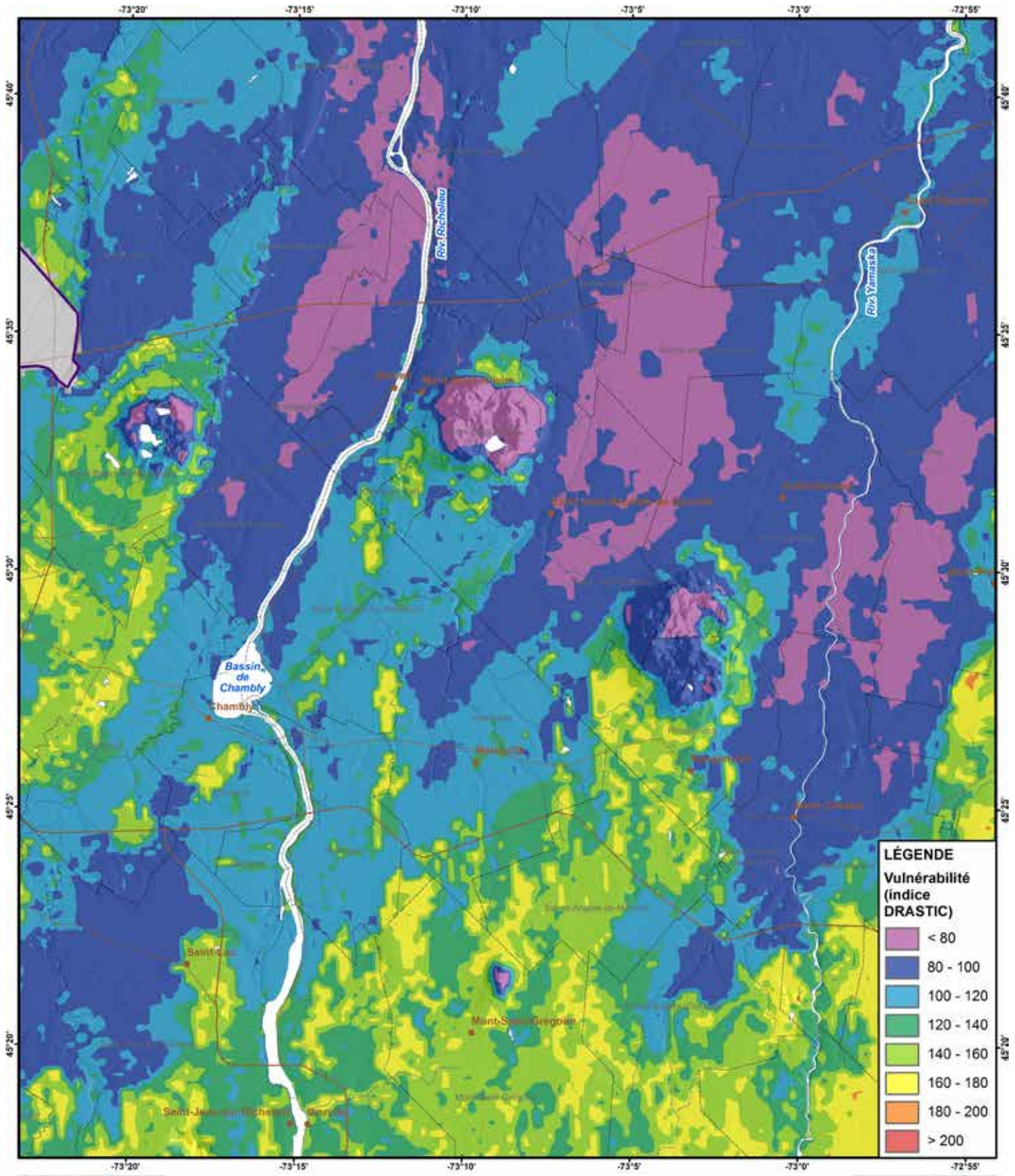
Dans la partie nord des Basses-terres, une épaisse couche de sédiments argileux rend la vulnérabilité généralement faible (indice DRASTIC moyen de 94). Localement, la vulnérabilité peut être moyenne dans les secteurs où l'épaisseur du couvert argileux est moins importante (ex. : secteur de St-Amable, le long de certains tronçons de la rivière Yamaska).

Dans la partie sud des Basses-terres, des conditions semi-captives prédominantes amènent surtout des vulnérabilités moyennes (indice DRASTIC moyen de 137). Cependant, à certains endroits où on retrouve une couche argileuse, tel que le long de la rivière Richelieu, la vulnérabilité est faible alors qu'à d'autres endroits la vulnérabilité est plus élevée à cause d'une combinaison de facteurs (ex. : recharge plus élevée, type de sol plus grossier, nappe plus près de la surface).

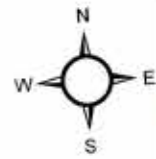
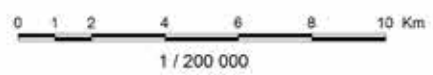
Pour les collines montérégiennes, même si ce sont des zones de recharge importantes, les fortes pentes et la profondeur de la nappe font en sorte qu'on y retrouve des vulnérabilités faibles ou moyennes (indice DRASTIC moyen de 120).



- F** La vulnérabilité est partout faible dans les Basses-terres nord.
Vrai Faux
- F** La vulnérabilité est en majorité « moyenne » dans les Basses-terres sud.
Vrai Faux
- F** Le territoire de la municipalité de Saint-Césaire présente en majorité une vulnérabilité faible de l'aquifère de roc.
Vrai Faux
- D** Cette carte permet de déterminer avec fiabilité la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits si cette dernière est connue.
Vrai Faux
- M** Pourquoi les collines montérégiennes, même si ce sont des zones de recharge importantes, présentent des vulnérabilités faibles?
- 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 de roc fracturé
 Montérégie Est - Les Basses-terres**



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

Dans le cadre du PACES en Montérégie Est, 237 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés, soit 86% provenant de l'aquifère régional de roc fracturé et 14% d'aquifères dans les dépôts meubles. Les paramètres analysés sont les métaux (30), les anions majeurs (bromures, chlorures, fluorures, nitrites, nitrates, sulfates) et les nutriments (phosphore inorganique et azote ammoniacal). Les cartes ci-contre présentent les puits analysés en fonction des conditions de dépassement des CMA pour six paramètres.

Interprétation pour l'ensemble du territoire de la Montérégie Est

Les dépassements de CMA pour les cinq paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement les Basses-terres) :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nombre de dépassements de la CMA	Proportion des échantillons	Norme fondée sur :
Arsenic (As)	0,01 mg/L	8	3 %	Cancer (poumon, vessie, foie et peau); effets cutanés, vasculaires et neurologiques (engourdissement et picotement des extrémités)
Baryum (Ba)	1,0 mg/L	17	7 %	Maladies cardiovasculaires et augmentation de la pression artérielle
Fluorures (F)	1,5 mg/L	19	8 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrite -Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	10 mg N/L	1	< 1 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu) et effets sur la fonction de la glande thyroïde chez les nourrissons alimentés au biberon; probablement cancérigène lorsqu'ingéré dans des conditions qui entraînent une nitrosation endogène
Uranium (U)	0,02 mg/L	2	< 1 %	Effets sur les reins (différentes lésions)

Les dépassements les plus fréquents sont reliés au baryum (Ba) et aux fluorures (F), présents surtout dans les Basses-terres, particulièrement en périphérie de la zone d'eau saumâtre, et exclusivement dans l'aquifère de roc fracturé. Ces dépassements s'expliqueraient principalement par les propriétés naturelles du milieu, liées à la présence de minéraux argileux dans le roc.

En dehors de la zone d'eau saumâtre située au nord-ouest de la région à l'étude, les dépassements pour l'arsenic (As) sont surtout limités aux dépôts meubles dans le Piedmont et sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.

Des dépassements ont rarement été observés pour l'uranium (U), autant pour les puits aménagés dans le roc que ceux dans les dépôts meubles, et sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.

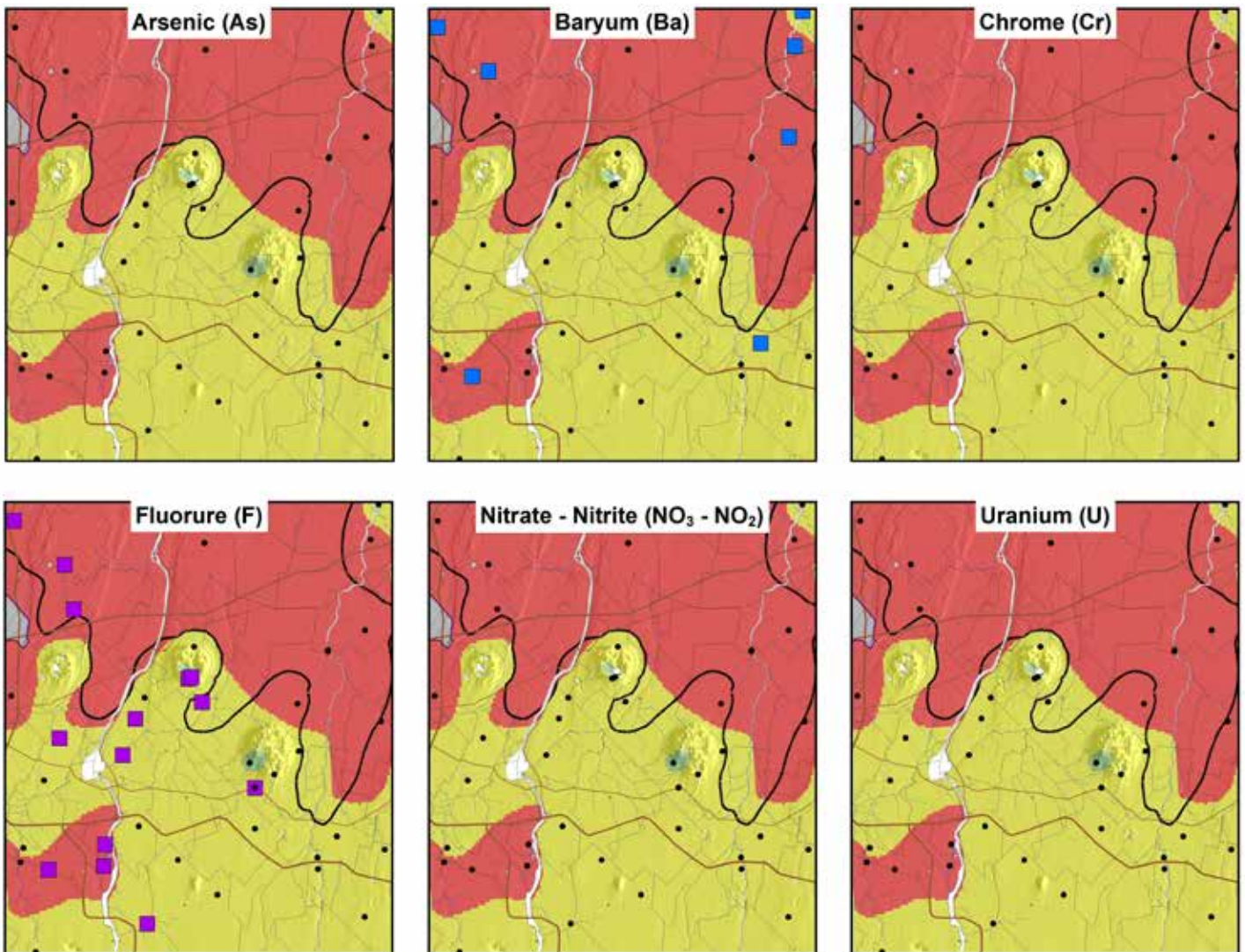
Bien que certaines concentrations non négligeables en azote sous forme de nitrites et nitrates (N-NO₂ et N-NO₃) aient été mesurées pour l'aquifère rocheux, un seul dépassement a été identifié, malgré le caractère agricole de la région. Cependant, les données historiques indiquent que certains puits installés dans les dépôts meubles présentent des dépassements.

Trois zones de qualité d'eau ont été définies pour l'aquifère régional de roc fracturé seulement :

- **Eau non potable** : zone d'eau saumâtre, dans la partie nord-ouest de la région
- **Eau de qualité passable** : zone d'eau évoluée, sur tout le reste des Basses-terres et du Piedmont, ce qui représente approximativement la zone maximale d'extension de la mer de Champlain
- **Eau de qualité acceptable** : zone d'eau de recharge, dans les Hautes-terres, hors de la région affectée par la présence d'eau marine.



- F** Globalement, l'eau souterraine des Basses-terres nord est non potable, principalement parce qu'elle est saumâtre.
 Vrai Faux
- F** Aucun dépassement en baryum (Ba) et en fluorures (F) n'a été observé dans le secteur des Basses-terres ci-contre.
 Vrai Faux
- M** Dans la zone d'eau passable, l'aquifère rocheux contient un mélange d'eau douce de recharge récente et de l'eau salée ancienne de la mer de Champlain.
 Vrai Faux
- M** Les échantillons d'eau analysés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique, de pesticide ou d'hydrocarbure n'existe sur le territoire.
 Vrai Faux
- M** D'où provient la contamination en fluorures (F) mesurée dans certains puits?
- D** Pour les puits d'alimentation où aucun problème lié à la qualité 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 souterraine
 (critères pour l'eau potable)
 Montérégie Est - Les Basses-terres**



LÉGENDE	
 Eau de qualité acceptable	 Limite approximative de la zone d'eau saumâtre
 Eau de qualité passable	 Pas de dépassement
 Eau non potable	 Dépassement

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

La méthode est la même que pour les critères pour l'eau potable. Les cartes ci-contre présentent les puits analysés en fonction des conditions de dépassement des OE pour neuf paramètres.

Interprétation pour l'ensemble du territoire de la Montérégie Est

Les dépassements d'OE pour les dix paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement les Basses-terres) :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nombre de dépassements de l'OE	Proportion des échantillons	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/L	8	3 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/L	19	8 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale	≤ 200 CaCO ₃ mg/L	53	24 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/L	55	23 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/L	100	42 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	≤ 500 mg/L	94	43 %	Goût et entartrage
pH	entre 6,5 et 8,5	47	20 %	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement
Sodium (Na)	≤ 200 mg/L	31	13 %	Goût
Sulfures (H ₂ S)	≤ 0,05 mg/L	23	10 %	Goût et odeur
Sulfates (SO ₄)	≤ 500 mg/L	5	2 %	Goût

Les dépassements pour la matière dissoute totale (MDT), très fréquents dans les Basses-terres, et ceux pour les chlorures (Cl) et le sodium (Na), présents surtout à l'intérieur et au pourtour de la zone d'eau saumâtre, seraient expliqués par l'invasion de la mer de Champlain.

Les dépassements pour le manganèse (Mn) et, dans une moindre mesure, pour le fer (Fe), sont rencontrés sur presque toute la zone d'étude et sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.

Les dépassements pour la dureté sont fréquents à la fois pour les Basses-terres et le Piedmont.

Le pH présente des dépassements vers le bas (pH acide) dans les Appalaches, particulièrement dans les Hautes-terres, et des dépassements vers le haut (pH alcalin) dans les Basses-terres, principalement en dehors de la zone d'eau saumâtre.

Les dépassements pour les sulfures (H₂S), présents dans une grande partie de la région, et pour les sulfates (SO₄), présents à l'intérieur et au pourtour de la zone d'eau saumâtre, sembleraient être reliés à la minéralogie du socle rocheux.



F Les dépassements en chlorures (Cl) et en sodium (Na) sont fréquents dans le secteur des Basses-Terres.

Vrai Faux

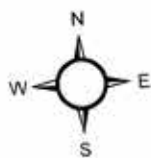
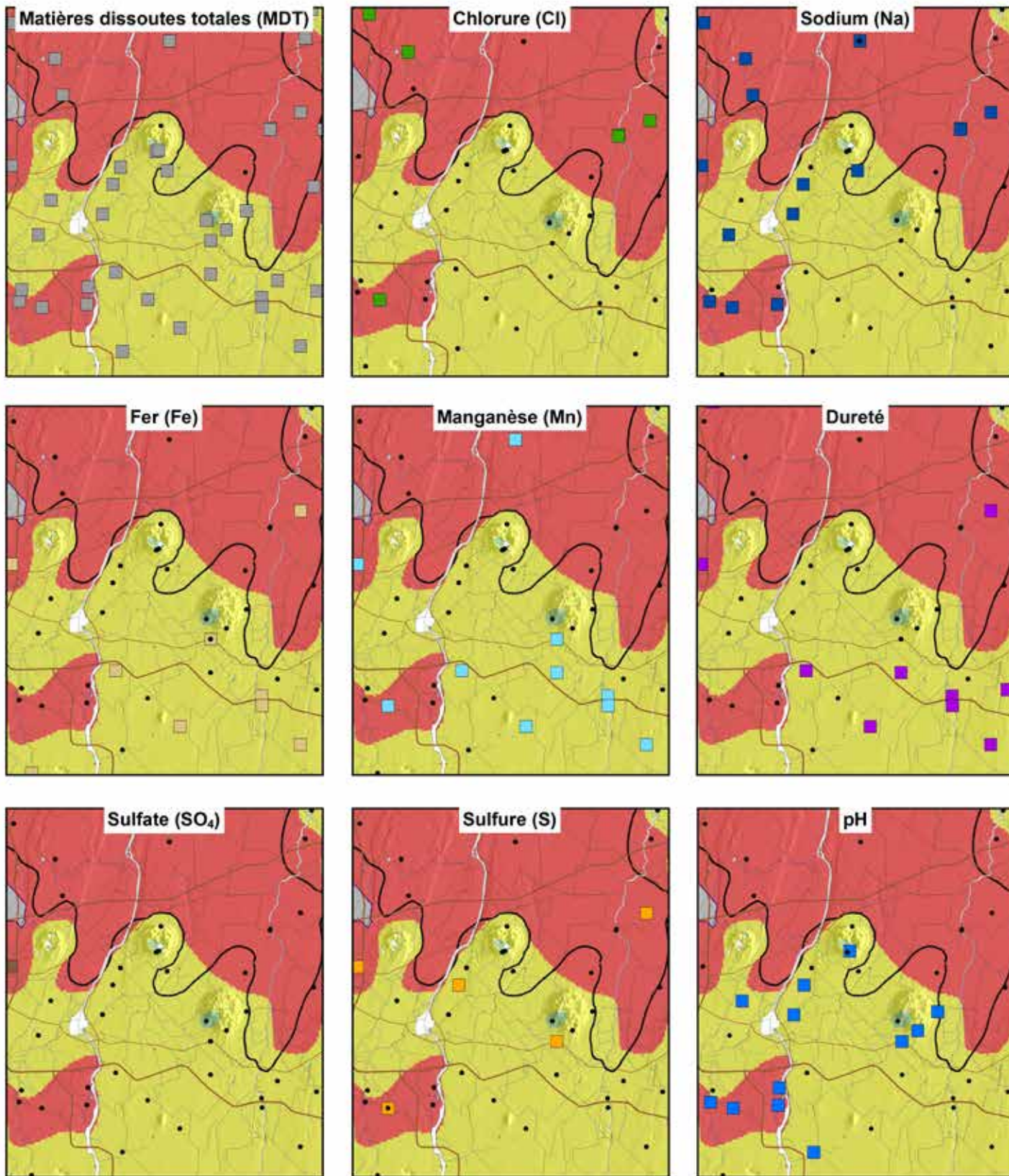
F Les dépassements en fer (F) et en manganèse (Mn) sont rencontrés partout en Montérégie Est.

Vrai Faux

F Les fortes concentrations en sulfures (H₂S) qui entraînent une odeur d'œuf pourri seraient causées par des activités humaines.

Vrai Faux

M Pourquoi les dépassements en chlorures (Cl) et en sodium (Na) sont surtout présents dans le contexte des Basses-terres nord?



**Qualité de l'eau souterraine
(critères esthétiques)
Montérégie Est - Les Basses-terres**



LÉGENDE	
 Eau de qualité acceptable	 Limite approximative de la zone d'eau saumâtre
 Eau de qualité passable	 Dépassement
 Eau non potable	 Pas de dépassement

Modèle conceptuel hydrogéologique

Définition et description

Les modèles conceptuels hydrogéologiques représentent une synthèse des connaissances sur les contextes hydrogéologiques le long de coupes verticales passant à travers des secteurs typiques de la région d'étude. Ces coupes sont représentatives de la topographie et de la géologie du roc et des sédiments superficiels, mais elles ont été schématisées de façon à faciliter la description des conditions hydrogéologiques.

Le modèle conceptuel présenté aux pages suivantes illustre les conditions schématisées retrouvées au nord et au sud du Mont Rougemont. Ce secteur est ainsi représentatif des zones nord et sud de la Plate-forme du Saint-Laurent (Basses-terres) et des Intrusion montréalaises.

Sur la première coupe montrant la géologie (p. 69), on présente les unités géologiques du roc, leurs lithologies et les principales failles, ainsi que l'assemblage de sédiments superficiels recouvrant le roc.

Sur la deuxième coupe représentant les conditions hydrogéologiques (p. 70), on montre les directions d'écoulement, les zones de recharge, de transition ou de résurgence, les conditions de confinement de l'aquifère au roc, la nature aquifère ou aquitard des unités géologiques et l'importance relative du débit de puits qui pourraient s'approvisionner dans les différentes conditions aquifères.

La troisième coupe portant sur la qualité d'eau (p. 71) montre la vulnérabilité de l'aquifère rocheux, les types d'eau présents dans cet aquifère et les principaux problèmes de qualité d'eau rencontrés.

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

Contexte géologique (p. 69) :

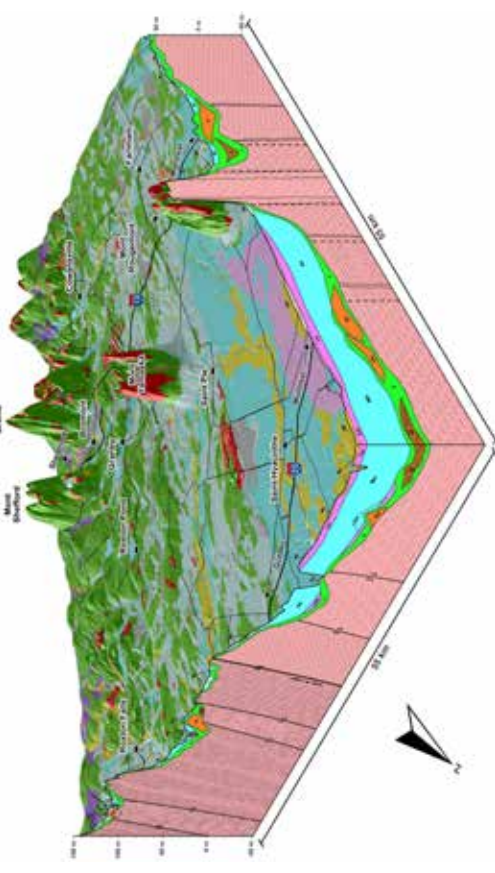
- Il y a présence de sédiments fins épais dans les Basses-terres au nord du Mont Rougemont, tandis qu'on retrouve des sédiments peu à moyennement perméables (till) dans les Basses-terres au sud. Des sédiments perméables sont présents surtout en couverture mince le long des rivières et au pourtour de cette Montréalienne.
- L'intrusif du Mont Rougemont et les dykes qui lui sont associés percent à travers les roches sédimentaires de la Plate-forme du Saint-Laurent qui sont présentes en lits relativement horizontaux. Le roc est plus perméable dans la zone fracturée près de la surface du roc et il pourrait aussi être plus fracturé près des intrusions montréalaises ou des dykes.
- La topographie de la surface du roc est à environ 50 m plus bas au nord du Mont Rougemont par rapport au sud. Les dépôts peu perméables dans cette dépression du roc au nord sont beaucoup plus épais qu'au sud où on retrouve plutôt des dépôts perméables enfouis ou partiellement enfouis.

Conditions d'écoulement et potentiel aquifère (p. 70) :

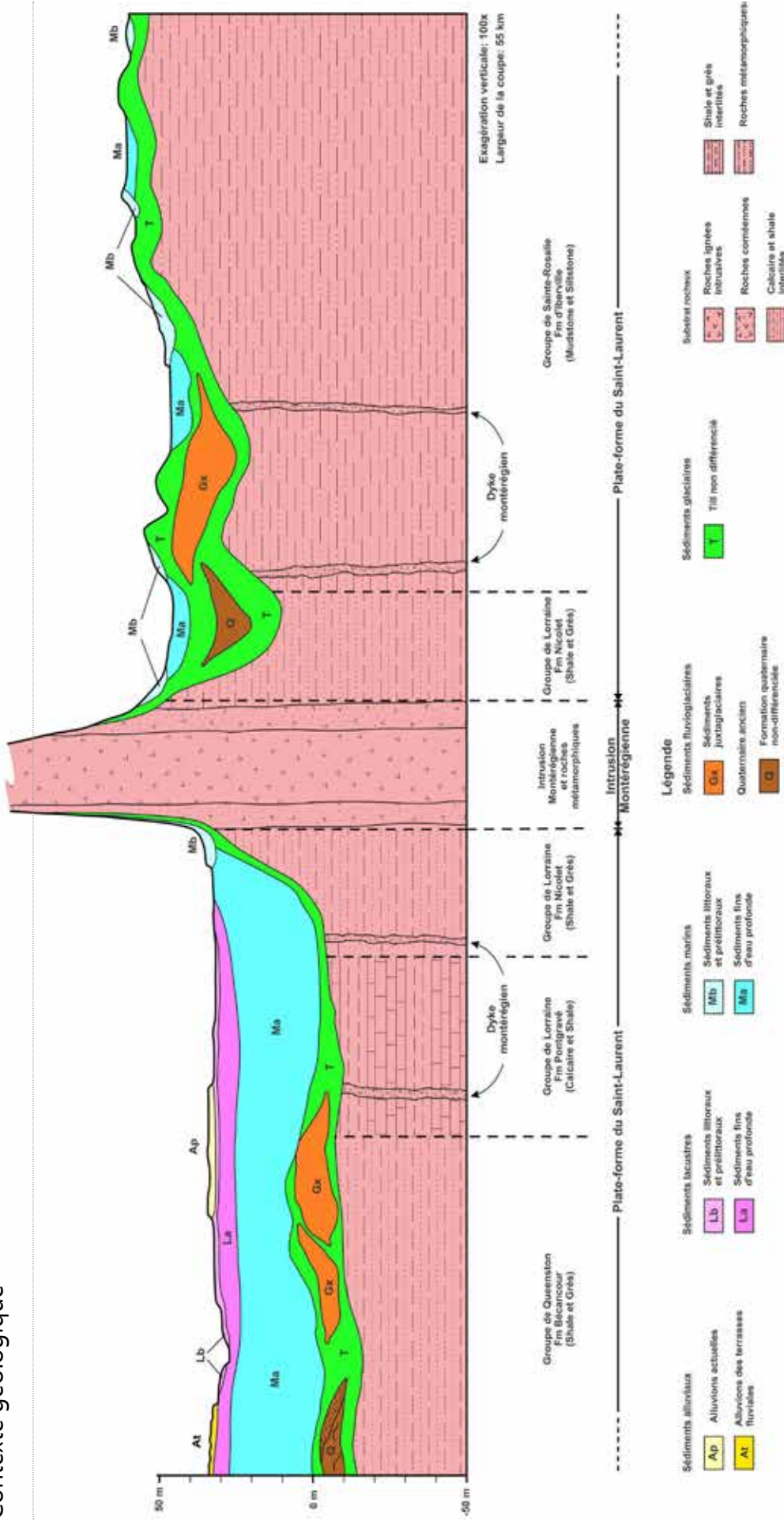
- Les zones de recharge principales se trouvent sur le Mont Rougemont et dans les zones avec des dépôts semi-perméables ou perméables.
- Il y a résurgence significative d'eau souterraine dans les cours d'eau pour la partie sud, mais elle est faible à inexistante pour la partie nord à cause de l'épais couvert argileux.
- La coupe montre un patron d'écoulement allant du Mont Rougemont surtout vers le sud et dans la zone fracturée ou en surface. La difficulté de résurgence de l'eau souterraine du côté nord ne permet pas un écoulement important dans cette direction.
- L'exploitation de l'eau souterraine du côté nord est relativement limitée bien qu'il y ait quelques puits de surface privés exploitant les aquifères granulaires de faible épaisseur (utilisés notamment pour l'approvisionnement agricole). L'aquifère régional de roc fracturé est principalement exploité par des puits privés du côté sud, ce qui n'est pas possible du côté nord à cause de la présence d'eau saumâtre. Le côté sud présente aussi un potentiel aquifère intéressant dans un aquifère granulaire d'étendue restreinte, en condition semi-captive ou libre par endroits, qui est d'ailleurs exploité par des municipalités.

Vulnérabilité et qualité de l'eau (p. 71) :

- L'eau souterraine est de meilleure qualité dans ou près des zones de recharge. Ce sont aussi des zones qui sont plus vulnérables à la contamination.
- Ces eaux de recharge présentent des dépassements de critères esthétiques liés au fer (Fe) et au manganèse (Mn).
- Il y a un mélange possible des eaux de recharge avec des eaux souterraines plus évoluées autour du Mont Rougemont, avec des dépassements typiques au niveau de la potabilité liés au fluorure (F), tandis que les dépassements de critères esthétiques sont liés au sodium (Na) et au sulfure (S).
- Il y a présence d'eau saumâtre non potable au nord qui représente de l'eau de la mer Champlain qui a été peu diluée étant donné l'écoulement restreint d'eau souterraine de ce côté.



Contexte géologique



F Les argiles de la mer de Champlain ne se retrouvent que du côté nord du Mont Rougemont.

Vrai Faux

M On ne retrouve des dépôts meubles perméables enfouis que dans les Basses-terres nord.

Vrai Faux

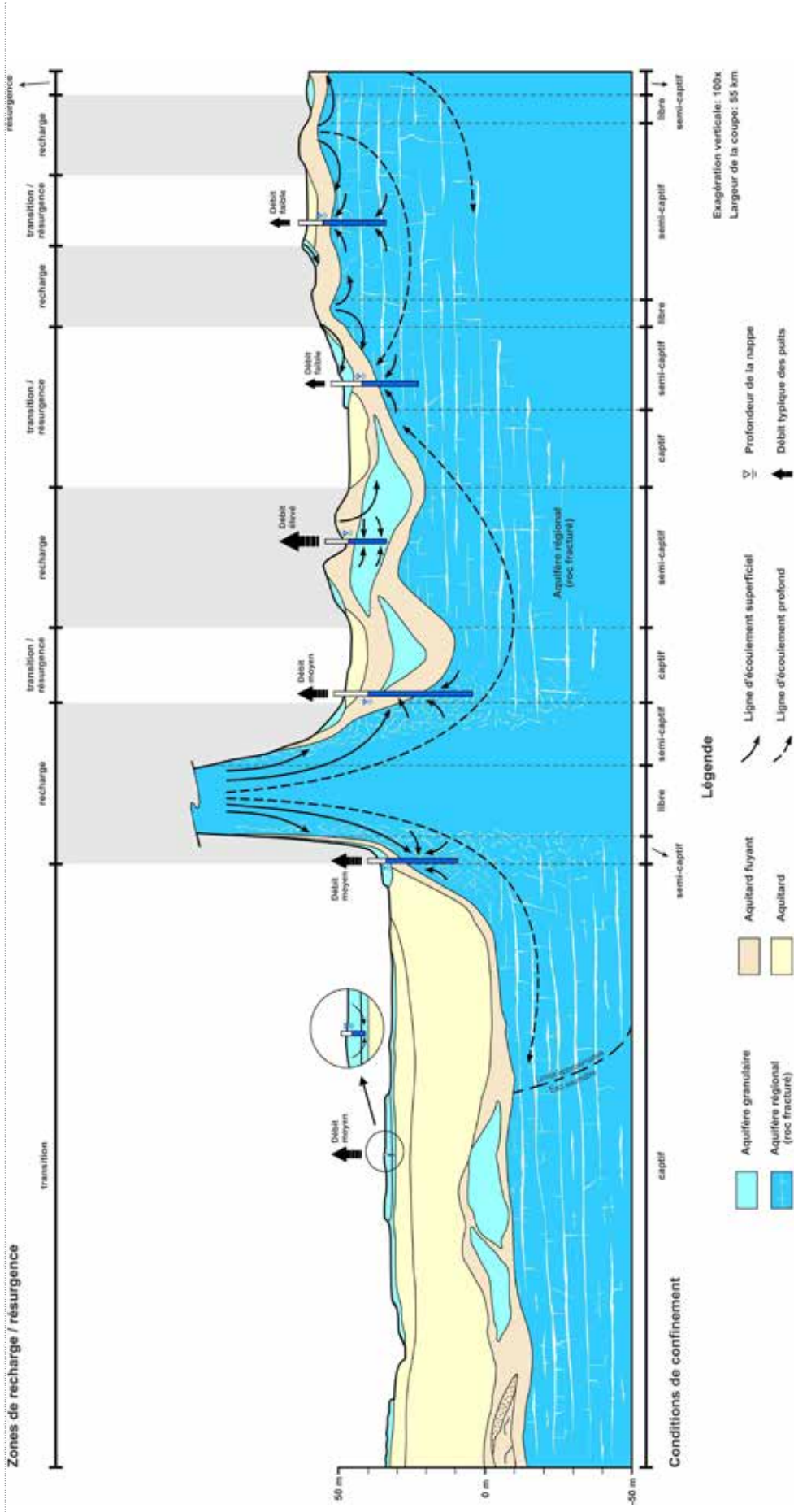
F On retrouve des sédiments perméables sur le pourtour du Mont Rougemont.

Vrai Faux

M Le roc pourrait être plus fracturé, donc plus perméable, à proximité des dykes et intrusions montérégienne.

Vrai Faux

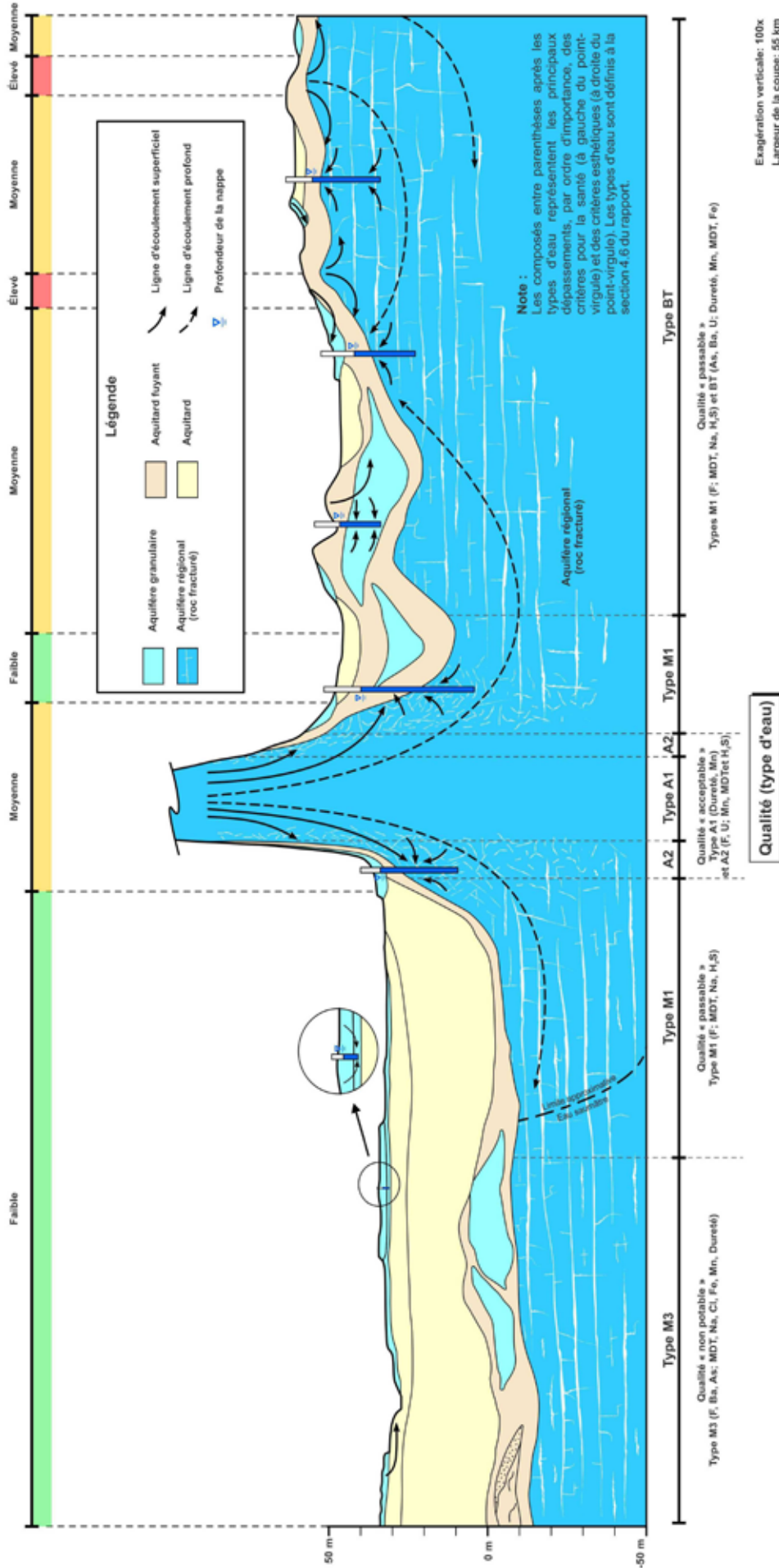
Conditions d'écoulement et potentiel aquifère



- F** Le Mont Rougemont constitue l'unique zone de recharge de l'eau souterraine sur cette coupe. Vrai Faux
- M** Dans les Basses-terres (nord et sud), il y a présence d'aquifères granulaires de faible épaisseur pouvant être exploités. Vrai Faux
- M** L'écoulement souterrain est important dans les Basses-terres nord. conditions captives et semi-captives au sud du Mont Rougemont. Vrai Faux

Vulnérabilité et qualité de l'eau

Vulnérabilité de l'aquifère régional



F Puisqu'il constitue une importante zone de recharge, le Mont Rougemont contient l'eau de la meilleure qualité de cette coupe.

Vrai Faux



La dilution de l'eau saumâtre présente dans les Basses-terres nord est limitée par l'écoulement restreint vers le nord.

Vrai Faux

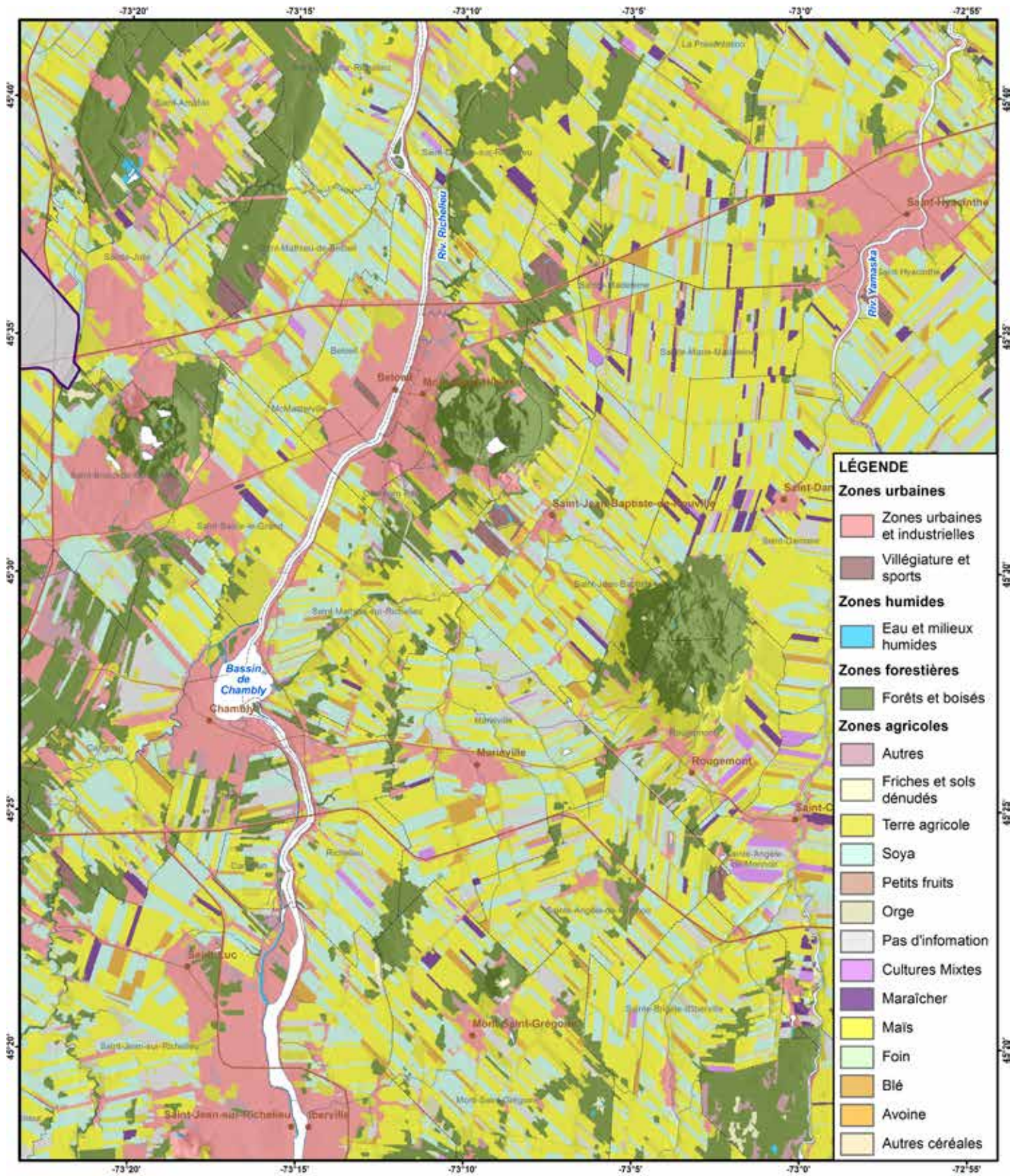
F Les zones à vulnérabilité faible correspondent aux secteurs où l'aquifère de roc est enfoui sous d'épais sédiments perméables.

Vrai Faux

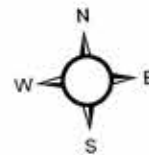
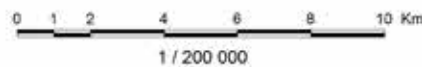


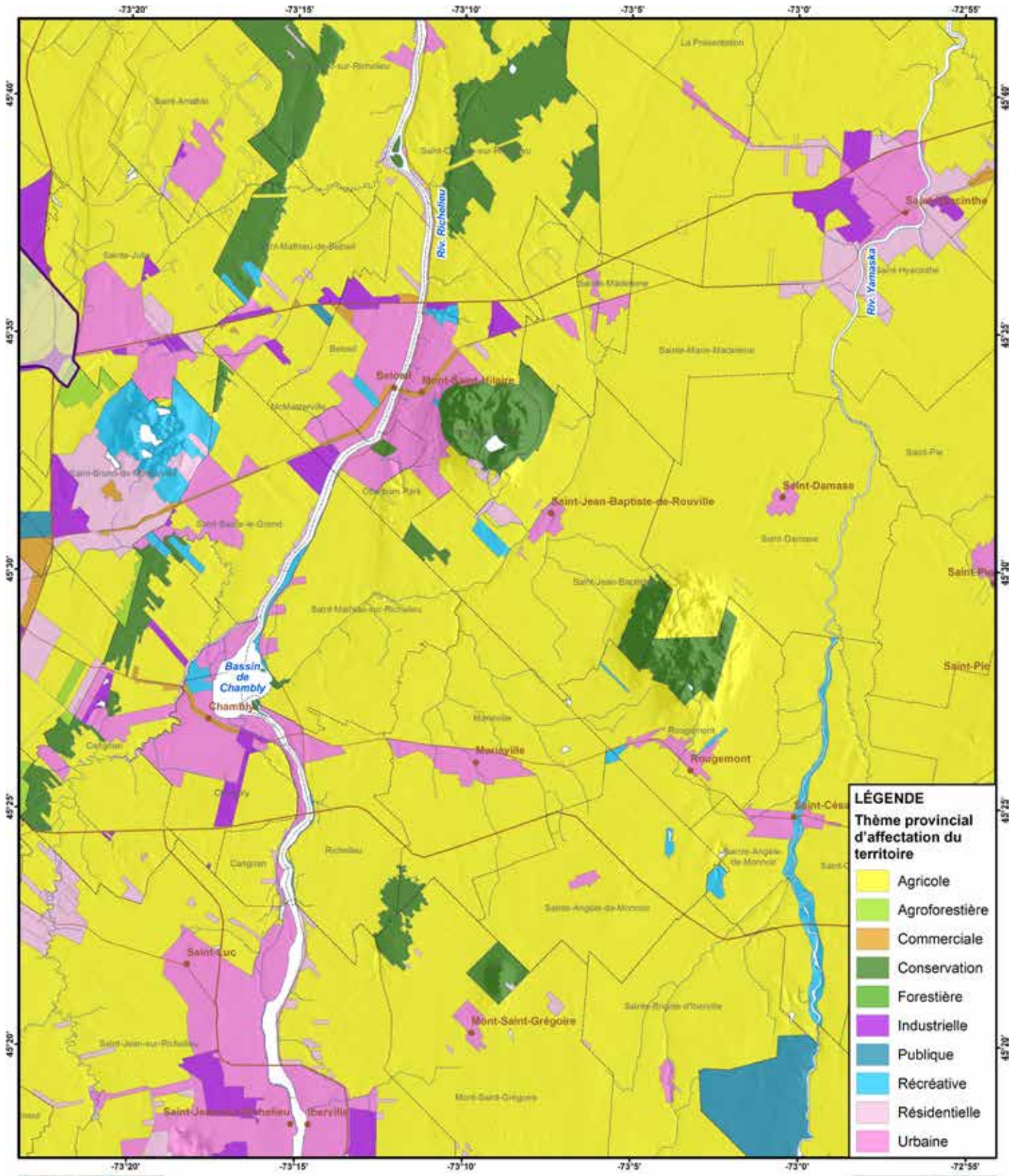
L'eau de qualité passable autour du Mont Rougemont ne présente aucun problème pouvant affecter la santé humaine.

Vrai Faux



Occupation du sol
Montérégie Est - Les Basses-terres



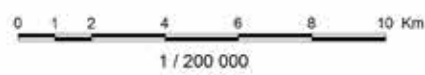


LÉGENDE
Thème provincial d'affectation du territoire

Yellow	Agricole
Light Green	Agroforestière
Orange	Commerciale
Dark Green	Conservation
Green	Forestière
Purple	Industrielle
Blue	Publique
Light Blue	Récréative
Pink	Résidentielle
Light Pink	Urbaine



Affectation du territoire
Montérégie Est - Les Basses-terres



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

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

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

Bibliographie

- Carrier, M.-A., Lefebvre, R., Rivard, C., Parent, M., Ballard, J.-M., Benoit, N., Vigneault, H., Beaudry, C., Malet, X., Laurencelle, M., Gosselin, J.-S., Ladevèze, P., Thériault, R., Gloaguen, E., Beaudin, I., Michaud, A., Pugin, A., Morin, R., Crow, H. Bleser, J., Martin, A., Lavoie, D. (2013) Portrait des ressources en eau souterraine en Montérégie Est, Québec, Canada. Projet réalisé conjointement par l'INRS, la CGC, l'OBV Yamaska et l'IRDA dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du MDDEFP et du Programme de Cartographie des eaux souterraines de la CGC, Rapport final INRS R-1433, soumis en juin 2013.
- CERM-PACES 2013 – Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay-Lac-Saint-Jean. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- 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).
- 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://rqes-gries.ca/upload/files/rqes/Transfert_des_connaissances/HYDROGEOLOGIE_notions_et_figures_oct2014.pdf). Page consultée le 17 mars 2015.
- 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://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/Q_2/Q2R40.htm). Page consultée le 25 mars 2015.
- 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://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R35_2.htm). Page consultée le 25 mars 2015.
- Larocque, M., Gagné, S., Tremblay, L. et Meyzonnat, G. 2013. Projet de connaissances des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Bécancour et de la MRC de Bécancour - Rapport scientifique. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. 213 p.
- 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).
- Limper Geology Museum (2010). Local Geology – Glacial till. [En ligne], (<http://www.cas.miamioh.edu/glg/museum/students/till.html>). Page consultée le 25 mars 2015.
- 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). Page consultée le 25 mars 2015.
- Siim Sepp (2005). Wikipédia – Argile. Argilite en Estonie. [En ligne], (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Argile>). Page consultée le 25 mars 2015.

Mes notes personnelles

L'équipe de réalisation du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est :

Institut national de la recherche scientifique - Centre Eau Terre Environnement
Commission géologique du Canada (Ressources naturelles Canada)
Organisme de bassin versant de la Yamaska
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
United States Geological Survey

Les partenaires du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est :

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Agence géomatique montréalaise
Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu
Corporation de bassin versant de la baie Missisquoi
Conférence régionale des élus de la Montérégie Est
MRC Pierre-De Saurel
MRC Marguerite-d'Youville
MRC Acton
MRC Les Maskoutains
MRC La Haute-Yamaska
MRC Le Haut-Richelieu
MRC Brome-Missisquoi
Fédération de l'UPA de la Montérégie (secteur Saint-Hyacinthe)
Direction régionale Montérégie Est du MAPAQ
Conseil régional de l'environnement de la Montérégie

Les collaborateurs du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est :

Université Laval
École Polytechnique de Montréal
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Centre d'Expertise hydrique du Québec
Géologie Québec - Ministère des Ressources
United States Geological Survey
MRC La Vallée-du-Richelieu
MRC Rouville
MRC Drummond
MRC Le Val-Saint-François
MRC Memphrémagog
MRC Roussillon
MRC Les Jardins-de-Napierville

Les partenaires du projet Protéger et gérer les eaux souterraines :

