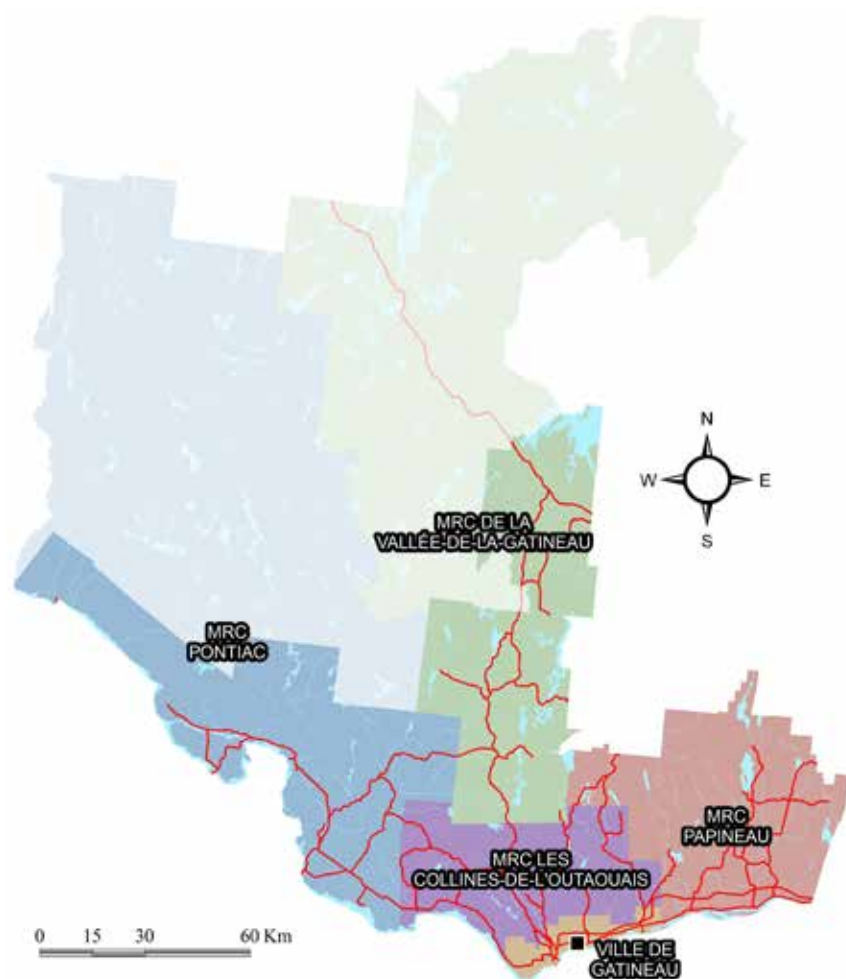


1er atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Outaouais

CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,
l'Université Laval, l'Université du Québec à Trois-Rivières
et l'Agence de traitement de l'information numérique de l'Outaouais

Septembre 2015



L'agence de traitement de
l'information numérique
de l'Outaouais

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 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 : www.rqes.ca

Le Département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval

La géologie et le génie géologique s'intéressent à l'histoire et l'évolution de la Terre pour comprendre et prédire les processus naturels. La compréhension de ces processus naturels est essentielle pour découvrir et exploiter les ressources en métaux, minéraux et matériaux industriels, eaux souterraines et hydrocarbures si importants pour le bien-être de notre société. La connaissance de ces processus naturels permet de guider la société vers une utilisation rationnelle de la masse continentale et des fonds océaniques. Elle offre les outils qui servent à prévoir les risques naturels (glissements de terrain, tremblements de terre, volcanisme) qui peuvent mettre en danger la vie et les biens de la société.

La mission du département est d'offrir aux étudiantes et étudiants des programmes de qualité, qui les prépareront adéquatement au marché du travail. Les membres du Département de géologie et de génie géologique sont également fortement impliqués en recherche.

Pour en savoir plus : www.ggl.ulaval.ca

L'Agence de traitement de l'information numérique de l'Outaouais

L'Agence de traitement de l'information numérique de l'Outaouais (ou L'ATINO) est un organisme sans but lucratif qui propose une gamme de services aussi longue que son nom dans le domaine de la géomatique en lien avec le développement du territoire. Que ce soit en environnement, en aménagement, en publication de données socio-économiques ou dans tous autres domaines reliés à la gestion du territoire, L'ATINO intègre des connaissances multiples pour optimiser la prise de décision. L'agence met en place et consolide un système intégré d'aide à la décision dans une perspective de développement durable et d'optimisation des investissements publics tout en exploitant ces informations pour développer des applications modèles qui répondent aux besoins exprimés par les principaux acteurs de la région en matière de développement du territoire. Fort de ses 18 ans d'existence, L'ATINO est un pilier dans la gestion du territoire en Outaouais.

Pour en savoir plus : www.latino.qc.ca

Ce 1er atelier de transfert des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) en Outaouais 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), les chercheurs du Département de géologie et génie géologique de l'Université Laval, l'Agence de traitement de l'information numérique de l'Outaouais (L'ATINO) et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement :

- Guillaume Comeau, professionnel de recherche, équipe de recherche du PACES en Outaouais, Université Laval (maintenant chez SNC-Lavalin inc.)
- Marie-Catherine Talbot Poulin, professionnelle de recherche, équipe de recherche du PACES en Outaouais, Université Laval
- John Molson, professeur, coordonnateur du PACES en Outaouais, Université Laval
- Yohann Tremblay, professionnel de recherche, équipe de recherche du PACES en Outaouais, Université Laval, et agent de transfert, RQES, préparation de l'atelier de transfert
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert du RQES
- Stéphanie Ayotte, coordonnatrice de L'ATINO
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conception de l'atelier de transfert

Les organisateurs tiennent à remercier Emploi-Québec pour le prêt des locaux permettant la tenue de l'atelier.

Références à citer

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

Comeau, G., Talbot Poulin, M.C., Tremblay, Y., Ayotte, S., Molson, J., Lemieux, J.M., Montcoudiol, N., Therrien, R., Fortier, R., Therrien, P., Fabien-Ouellet, G. (2013). Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Outaouais, Rapport final. Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, juillet 2013, 148 pages, 24 annexes, 25 cartes.

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 Outaouais :

Tremblay, Y., Ruiz, J. et Comeau, G. 2015. 1er atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Outaouais, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'Université Laval et l'Agence de traitement de l'information numérique de l'Outaouais, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

Table des matières

Index des notions clés	6
Guide de lecture du cahier des participants	7
Votre équipe de formation	8
1. Les notions hydrogéologiques fondamentales	9
Nappe, aquifère et aquitard	10
Différents types d'aquifères	11
Types de dépôts meubles	12
Conditions de confinement	13
Piézométrie	14
Recharge et résurgence	14
Vulnérabilité de l'eau souterraine	15
Qualité de l'eau	16
2. Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine	17
Résumé du PACES en Outaouais	18
Limites générales de l'étude	19
Utilisation de l'eau souterraine	19
Deux secteurs aux contextes hydrogéologiques distincts	20
3. Les contextes hydrogéologiques des Hautes-terres – secteur Papineau ou de la Vallée	23
Coupe hydrostratigraphique	24
Épaisseur des dépôts meubles	26
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	28
Confinement	30
Piézométrie	32
Recharge	34
Vulnérabilité	36
Qualité de l'eau	38
Exercices de synthèse	40

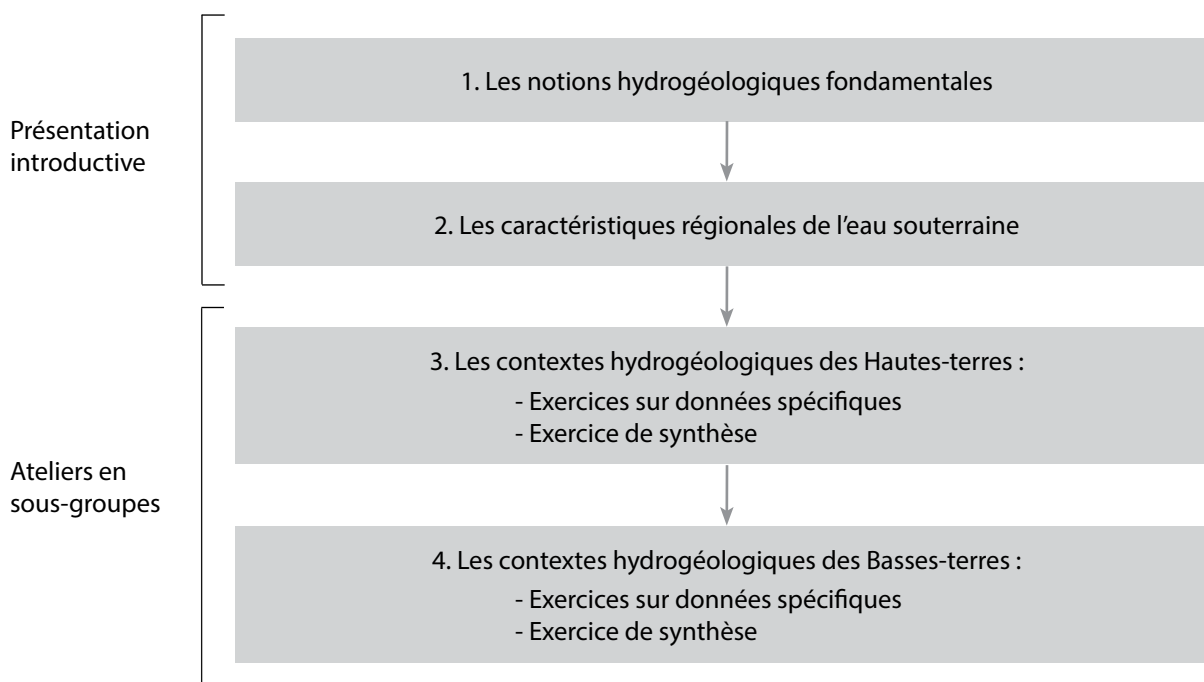
4. Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres – secteur Gatineau ou Pontiac	45
Coupe hydrostratigraphique	46
Épaisseur des dépôts meubles	48
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	50
Confinement	52
Piézométrie	54
Recharge	56
Vulnérabilité	58
Qualité de l'eau	60
Exercices de synthèse	62
Bibliographie	67
Mes notes personnelles	68

Index des notions clés

Aquifère	10
Aquifère confiné, semi confiné et non confiné	13
Aquifère de dépôts meubles	11
Aquifère de roc fracturé	11
Aquitard	10
Concentrations maximales acceptables	16
Conductivité hydraulique	10
Dépôts meubles	11
DRASTIC	15
Eau souterraine	10
Évolution de l'eau souterraine	16
Minéralisation de l'eau souterraine	16
Nappe	10
Nappe captive, libre et semi-captive	13
Niveau piézométrique	14
Objectifs esthétiques	16
Piézométrie	14
Porosité	10
Recharge	14
Résurgence	14
Roc fracturé	11
Sédiments alluviaux	12
Sédiments éoliens	12
Sédiments fluvioglaciaires	12
Sédiments glaciaires	12
Sédiments lacustres	12
Sédiments marins	12
Sédiments organiques	12
Till	12
Vulnérabilité	15
Zone saturée et non saturée	10
Zone vadose	10

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



Yann 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



Stéphanie Ayotte
Géographe, M.Sc. Environnement
Coordonnatrice et secrétaire de la
corporation L'Agence de traitement
de l'information numérique de
l'Outaouais
266, rue Viger
Papineauville (Qc) J0V 1R0
819-770-8222
Stephanie.ayotte@latino.qc.ca

Vos experts en eaux souterraines



John Molson
Ing., Ph.D. Hydrogéologie
Professeur
Département de géologie et de
génie géologique
Université Laval
1065 av. de la Médecine
Québec (Qc) G1K 7P4
418-656-5713
John.Molson@ggl.ulaval.ca



Marie-Catherine Talbot Poulin
Ing., M.Sc. Hydrogéologie
Professionnelle de recherche
Département de géologie et de
génie géologique
Université Laval
1065 av. de la Médecine
Québec (Qc) G1K 7P4
418-656-2131 poste 12630
marie-catherine.talbot-poulin@ggl.ulaval.ca



Guillaume Comeau
Ing., M.Sc. Hydrogéologie
Chargé de projet
Environnement et eau
SNC-Lavalin inc.
5500 boul. des Galeries, Bureau 200
Québec (Qc) G2K 2E2
418-621-5500 poste 42968
Guillaume.Comeau@snclavalin.com

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

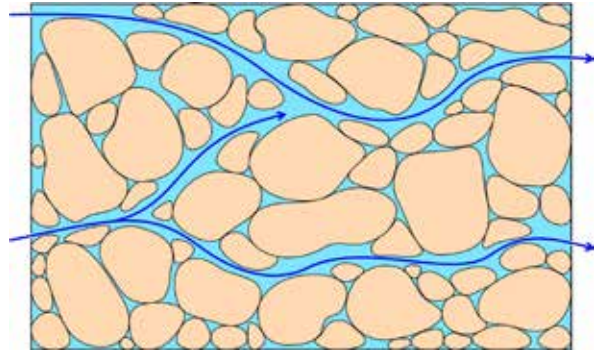
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.

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

La **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est l'aptitude d'un matériau à se laisser traverser par 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.

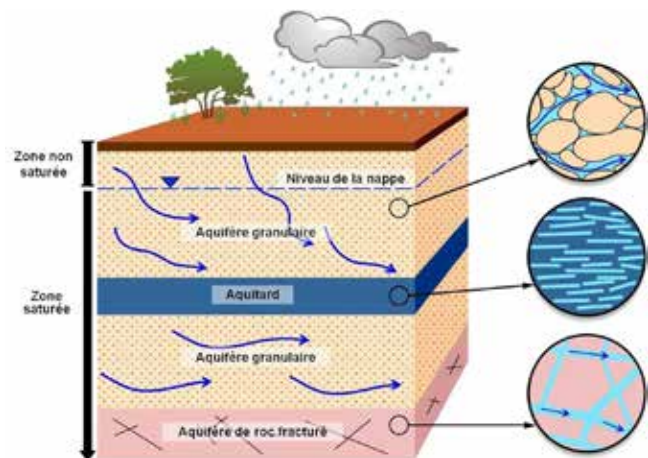
- C'est le **contenu**.

Un **AQUIFÈRE** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre son pompage.

- C'est le **contenant**.

Comment cela fonctionne-t-il ?

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



Qu'est-ce qu'un aquitard ?

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



DIFFÉRENTS TYPES D'AQUIFÈRES

Quels sont les milieux géologiques qui constituent des aquifères ?

Deux types de milieux géologiques constituent des aquifères :

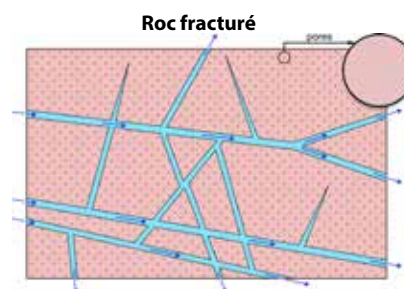
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la partie supérieure de la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

Les **pores** de la roche contiennent de l'eau souterraine, mais leur faible interconnexion ne permet pas une circulation efficace de l'eau.

Les **fractures** contiennent aussi de l'eau souterraine et permettent une circulation d'eau parfois suffisante pour le captage.

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



AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES

Lorsqu'un dépôt meuble est **constitué de particules grossières** (ex.: sables et graviers), il forme un **AQUIFÈRE** si son épaisseur saturée en eau est suffisante.

- Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.
- Le pompage de débits importants est souvent possible.

Graviers



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.

Argiles





TYPES DE DÉPÔTS MEUBLES

SÉDIMENTS GLACIAIRES (TILL)

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

- Composé de grains de toutes tailles dans une matrice de sable, silt ou argile — généralement **aquitard**, rarement **aquifère**.

Till à matrice fine



Till à matrice sableuse



SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Mis en place par les eaux de fonte, pendant la déglaciation, au contact ou à proximité du glacier.

- Composés de sable, gravier, cailloux et blocs — **aquifère**.

Sédiments fluvio-glaciaires



SÉDIMENTS MARINS et LACUSTRES

Mis en place, après la déglaciation, dans la mer de Champlain ou dans des lacs.

- Lorsque mis en place en eau profonde, composés de silt et d'argile — **aquitard**.
- Lorsque mis en place en eau peu profonde, près du littoral ou dans un delta, composés de sable et gravier — **aquifère**.

Argiles marines



Sédiments deltaïques



SÉDIMENTS ALLUVIAUX

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

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

Sédiments alluviaux



SÉDIMENTS ÉOLIENS

Mis en place par l'action du vent.

- Composés de sable — **aquifère**.

Sédiments éoliens



SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides.

- Composés de matière organique peu perméable — **aquitard**.

Tourbe



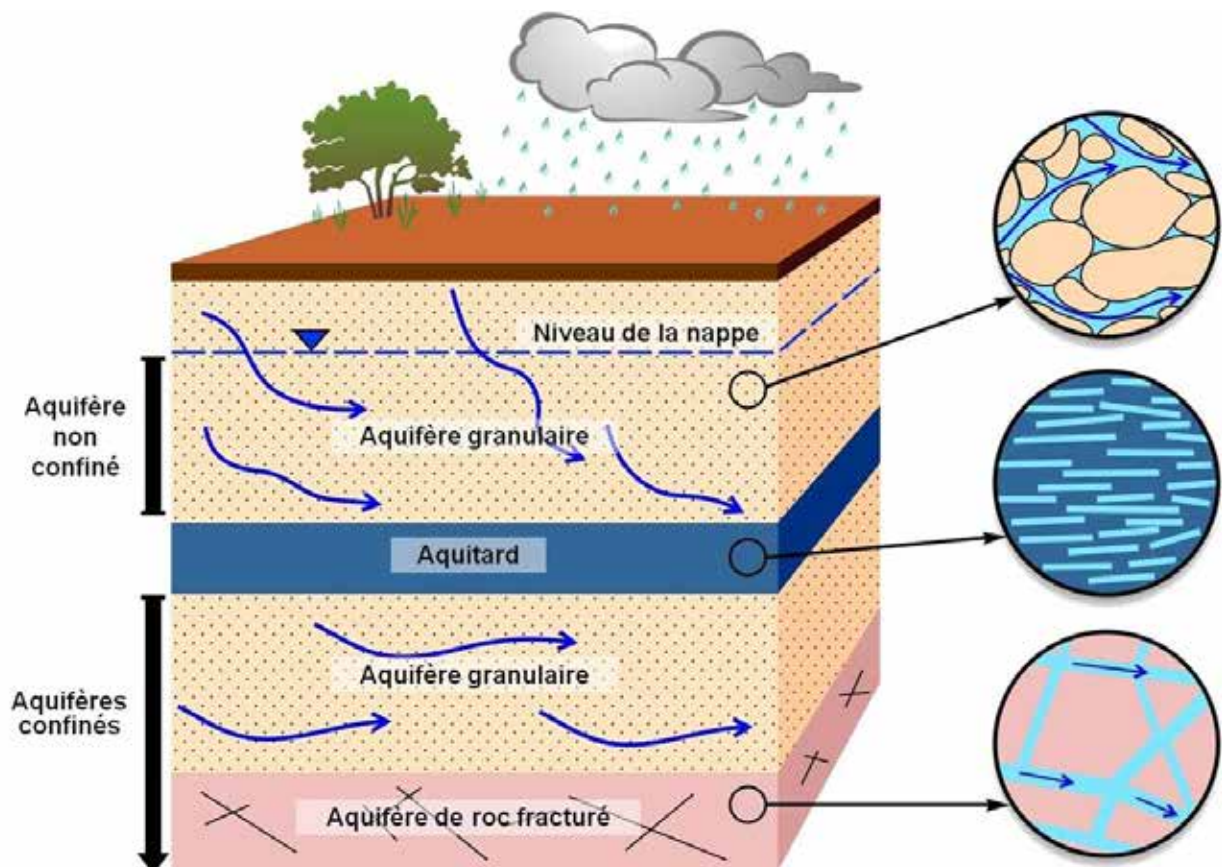


CONDITIONS DE CONFINEMENT

Un aquifère à **CONFINÉ** (ou 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 confinante n'est plus présente. Il a une pression plus élevée que la pression atmosphérique.

Un aquifère à **NON CONFINÉ** (ou 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 **SEMI CONFINÉ** (ou à **nappe semi captive**) est un cas intermédiaire pour lequel les couches sus-jacentes ne sont pas totalement imperméables, dû à leur composition ou leur faible épaisseur. Il est **modérément rechargé** et **protégé**.

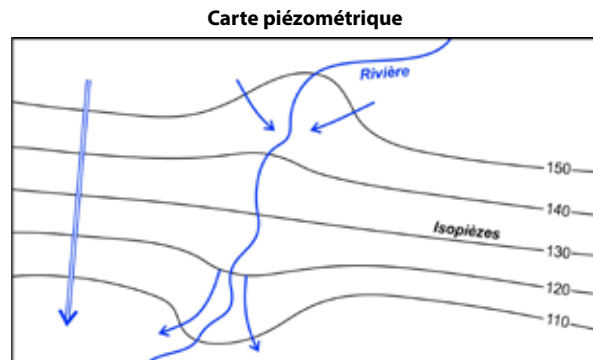




PIÉZOMÉTRIE

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 permet de connaître 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 est liée aux conditions climatiques, à l'occupation du sol, à la topographie et aux propriétés physiques du sol. Elle varie donc sur le territoire.

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

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

- Les résurgences sont généralement diffuses, c'est-à-dire largement étendues. 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.

Source d'eau souterraine



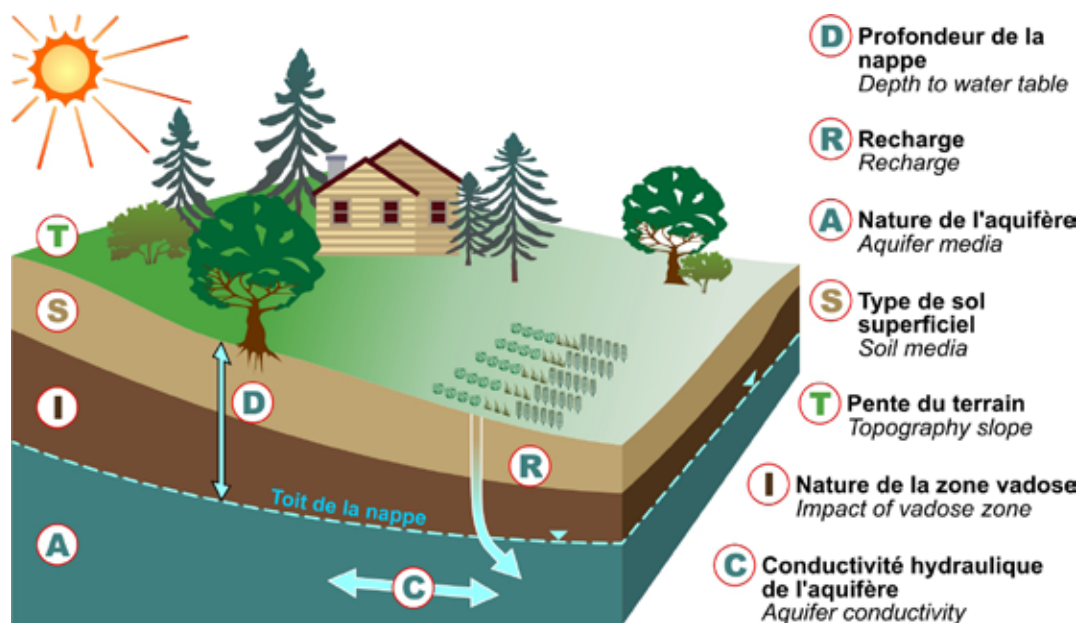
© Leblanc et coll. (2013)



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 contamination** des eaux souterraines peut être estimé en jumelant l'indice **DRASTIC** et l'**impact des activités humaines** présentant un danger potentiel de contamination des eaux souterraines. L'identification des secteurs à risque élevé permet de cibler les zones sensibles où des mesures particulières de gestion doivent être mises en œuvre afin de protéger les eaux souterraines.

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, et plus son temps de résidence est long, plus elle sera **ÉVOLUÉE** et **MINÉRALISÉE**, c'est-à-dire concentrée en minéraux dissous.

Les conditions de confinement de l'aquifère influencent la géochimie de l'eau souterraine :

- **Aquifère non confiné** : eau récente, peu évoluée et minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau des précipitations;
- **Aquifère confiné** : eau ancienne, plus évoluée et minéralisée, parfois saumâtre.

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'effets néfastes reconnus 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 Outaouais

Le PACES en Outaouais dresse le portrait régional de la ressource en eau souterraine et permet ainsi de pallier le manque d'information sur cette ressource. Il s'intéresse au territoire municipalisé de la région administrative de l'Outaouais et couvre une superficie totale de 13 762 km². Le territoire se divise en quatre MRC (Collines-de-l'Outaouais, Vallée-de-la-Gatineau, Papineau et Pontiac) et une ville (Gatineau), réunissant 67 municipalités et représentant une population d'environ 367 770 habitants.

Les objectifs généraux de ce projet sont de :

- établir la connaissance sur les ressources en eau souterraine de la région d'étude,
- léguer des infrastructures de surveillance dans la région pour suivre l'évolution de la qualité et de la quantité des ressources en eau souterraine, et
- former du personnel hautement qualifié et bonifier la compréhension des contextes hydrogéologiques par des projets de recherche d'étudiants de 2^e et 3^e cycles et des stages d'étudiants du 1^{er} cycle.

Le projet détaille le milieu naturel et humain du territoire, présente les contextes géologiques et hydrogéologiques et évalue les réserves et les utilisations de la ressource en eau souterraine. Ces analyses sont représentées à l'aide de 25 cartes régionales. Une base de données hydrogéologiques régionale a été mise sur pied grâce à la cueillette d'information existante et la réalisation de travaux de terrain supplémentaires. L'ensemble de ces résultats vise à permettre la mise en place des pratiques d'exploitation durable de la ressource en eau souterraine en Outaouais.

Le projet s'est déroulé sur un peu plus de trois ans, soit d'avril 2010 à juillet 2013. La démarche générale du projet comprend trois phases :

- Phase I : Collecte des données existantes (2010-2011);
- Phase II : Travaux de terrain (2011-2012), et
- Phase III : Synthèse et transfert des connaissances (2012-2013).

Le projet a été réalisé par le Département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval en collaboration avec l'Agence de traitement de l'information numérique en Outaouais (LATINO) et principalement financé par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES). Toutefois, la réalisation du projet n'aurait pu avoir lieu sans la participation des partenaires régionaux :

- Agence de traitement de l'information numérique en Outaouais (LATINO);
- MRC des Collines-de-l'Outaouais;
- MRC de La Vallée-de-la-Gatineau;
- MRC Pontiac;
- MRC Papineau;
- Ville de Gatineau;
- Agence de bassins versants des 7 (ABV des 7);
- Comité du bassin versant de la rivière du Lièvre (COBALI);
- Organisme de bassins versants des rivières Rouge, Petite-Nation et Saumon (OBV-RPNS);
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC);
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ);
- Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT);
- Conseil régional de l'environnement et du développement durable de l'Outaouais (CREDDO);
- Conférence régionale des élus de l'Outaouais (CRÉ-O).

Limites générales de l'étude

Les résultats du projet PACES en Outaouais ont été produits à une échelle cartographique régionale (1/250 000) afin d'établir le portrait hydrogéologique global de la région de l'Outaouais. Dans le cas de problématiques locales, par exemple à l'échelle d'une propriété ou d'une aire d'alimentation d'un puits, des études plus détaillées sont nécessaires. L'Université Laval ne se porte pas garante des divergences entre les résultats de cette étude régionale et ceux provenant d'investigations détaillées à des échelles locales.

La plupart des analyses hydrogéologiques réalisées dans le cadre de ce projet sont basées sur des méthodes de traitement impliquant des généralisations et une importante simplification de la complexité du milieu naturel.

Les données de base utilisées (ex. : puits, forages, affleurements rocheux) ont une répartition non uniforme sur le territoire. L'incertitude des analyses hydrogéologiques augmente dans les secteurs où il y a peu de données.

Les données de base utilisées proviennent de différentes sources (ex. : rapports de consultants, bases de données ministérielles, système d'information hydrogéologique (SIH)) pour lesquelles la qualité des données est variable. Une grande proportion des données proviennent du SIH et sont jugées de moins bonne qualité, tant au niveau des mesures géologiques et hydrogéologiques que des localisations rapportées. Ces données sont moins fiables individuellement, mais elles permettent de faire ressortir les tendances régionales des paramètres hydrogéologiques étudiés.

Les valeurs de certaines données et les analyses en découlant (ex. : piézométrie, recharge, qualité de l'eau) pourraient varier temporellement (jours, saisons, années, changements climatiques).

Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Les contaminants bactériologiques, les pesticides et les contaminants organiques (hydrocarbures) n'ont pas été mesurés dans le cadre de l'étude, car ils correspondent généralement à des problématiques locales.

La profondeur d'investigation considérée se limite à une centaine de mètres, profondeur maximale à laquelle les puits de captage sont généralement aménagés en Outaouais.

L'architecture et les propriétés des dépôts meubles sont considérées comme bien connues, à l'exception des dépôts d'origine deltaïque, alluvionnaire et éolienne car ils sont hétérogènes et la présence d'argile ou de silt en profondeur est souvent discontinue. Étant normalement plus difficiles à caractériser, les propriétés hydrauliques du roc ainsi que son degré de fracturation sont moins bien connus.

Utilisation de l'eau souterraine

La consommation en eau totale annuelle sur le territoire municipalisé de l'Outaouais est estimée à 95 millions de m³/an dont 20 % proviennent de l'eau souterraine. Dans la MRC Papineau et la Ville de Gatineau, l'approvisionnement en eau de surface domine l'approvisionnement en eau souterraine alors que dans les autres MRC, l'approvisionnement en eau souterraine comble environ 80 % des besoins, essentiellement pour l'approvisionnement en eau potable.

Sur l'ensemble du territoire, l'eau souterraine sert principalement à une utilisation résidentielle (71 %) par des puits individuels (63 %) et par des réseaux d'aqueduc (8 %). Même dans la Ville de Gatineau, qui approvisionne son réseau de distribution à partir d'eau de surface, 98 % de l'eau souterraine prélevée l'est pour les besoins résidentiels. Les utilisations industrielles, commerciales et institutionnelles consomment environ 23 % de l'eau souterraine prélevée, en grande partie dans les MRC Papineau et Pontiac. Seulement 6 % de l'eau souterraine en Outaouais est utilisée pour l'agriculture, la MRC Pontiac étant la plus grande utilisatrice.

Deux secteurs aux contextes hydrogéologiques distincts

Les Hautes-terres

Les Hautes-terres, dominant à 84 % le territoire du PACES en Outaouais, appartiennent au Bouclier canadien, plus spécifiquement à la Province géologique de Grenville, constituée de roches intrusives et métamorphiques. Les glaciations successives et leur action d'érosion ont laissé un relief moutonné de buttes, de basses collines et de quelques massifs plus élevés (jusqu'à 555 m d'altitude pour le mont Sainte-Marie). Les basses collines sont entrecoupées de plusieurs larges vallées orientées nord-sud, dont celle de la rivière Gatineau, qui occupe tout le centre du territoire, et celles des rivières de la Petite-Nation et du Lièvre, plus à l'est.

Sur les collines des Hautes-terres, on retrouve des dépôts de tills, composés de sable et gravier silteux, généralement minces et ayant des perméabilités moyennement élevées. Les petites vallées situées entre les collines sont comblées, par endroit, de dépôts de sables et gravier d'origine fluvioglaciale ou alluvionnaire qui peuvent former des aquifères de dépôts meubles de petite envergure. Les sédiments d'origine marine y sont absents puisque l'altitude est au-dessus de la limite d'incursion de la mer de Champlain. Par conséquent, l'aquifère régional de roc fracturé de même que les petits aquifères de dépôts meubles est non confiné. L'aquifère de roc fracturé est caractérisé par des perméabilités généralement faibles, mais très variables qui dépendent de l'ouverture, de l'espacement et de la connectivité des fractures. L'écoulement de l'eau souterraine est gravitaire et sous l'influence des variations topographiques. À l'échelle locale, l'écoulement se fait des zones de recharge de l'eau souterraine sur les hauts topographiques vers les zones de résurgence dans les lacs et les cours d'eau circulant entre les collines. Les taux de recharge de l'aquifère de roc sont élevés, dû à la présence de sols perméables, ce qui a pour effet de renouveler l'eau souterraine qui peut résider plus ou moins longtemps dans l'aquifère selon les conditions hydrauliques variables du roc. Ainsi, l'eau souterraine de ce secteur est généralement très peu évoluée du point de vue géochimique et donc, peu chargée en ions majeurs. Des dépassements des critères de potabilité pour l'uranium et le fluorure ainsi que des objectifs esthétiques pour le fer et le manganèse ont été mesurés dans des puits répartis sur tout le territoire de l'Outaouais. La présence de ces éléments serait liée à la composition minéralogique naturelle de la roche. Dans les collines des Hautes-terres, la vulnérabilité est intermédiaire dans les secteurs recouverts de till et très élevée dans les vallées comblées de sédiments fluvioglaciaux. Les collines des Hautes-terres ont une faible densité de population où l'on retrouve généralement peu d'activités industrielles potentiellement polluantes pour les eaux souterraines. La population s'approvisionne principalement en eau souterraine dans des puits individuels dans l'aquifère de roc fracturé.

Les grandes vallées des Hautes-terres se situent plus bas en altitude, sous la limite d'incursion marine de la mer de Champlain. L'épaisseur des dépôts meubles dans les vallées des rivières Gatineau, Petite-Nation et du Lièvre peut atteindre plus de 70 mètres et comprend principalement des dépôts fluvioglaciaux de sable et gravier et des dépôts marins argileux ou sableux. Les aquifères dans les dépôts de sable et gravier fluvioglaciaux ont des perméabilités élevées et sont en lien hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé dont la perméabilité est plus faible. L'aquifère de roc fracturé est confiné ou semi confiné par endroit dépendamment de la présence d'une couche d'argile ou de silt d'origine marine. Des sables d'origine marine deltaïque, alluvionnaire ou éolienne sont parfois présents en surface et constituent, par endroit, des aquifères non confinés de dépôts meubles de petite envergure. L'eau souterraine s'écoule régionalement vers la rivière des Outaouais au sud et, plus localement, des hauts topographiques vers le fond des vallées des rivières tributaires de l'Outaouais. La complexité de la stratigraphie entraîne, localement, des directions d'écoulement moins prévisibles. La recharge et la vulnérabilité des aquifères dans ces grandes vallées sont variables allant de faibles, en présence de dépôts marins argileux, à très élevées lorsque des dépôts fluvioglaciaux en surface favorisent l'infiltration des précipitations dans le sol jusqu'à l'aquifère. Les eaux souterraines échantillonnées sont généralement faiblement minéralisées et récemment infiltrées bien que des types d'eau intermédiaire soient présents par endroit. Tout comme dans les collines des Hautes-terres, la population des grandes vallées s'approvisionne majoritairement en eau souterraine dans des puits individuels dans l'aquifère de roc fracturé. La population et les activités potentiellement polluantes y sont plus concentrées que dans les collines des Hautes-terres bien qu'une occupation rurale domine.

Les Basses-terres

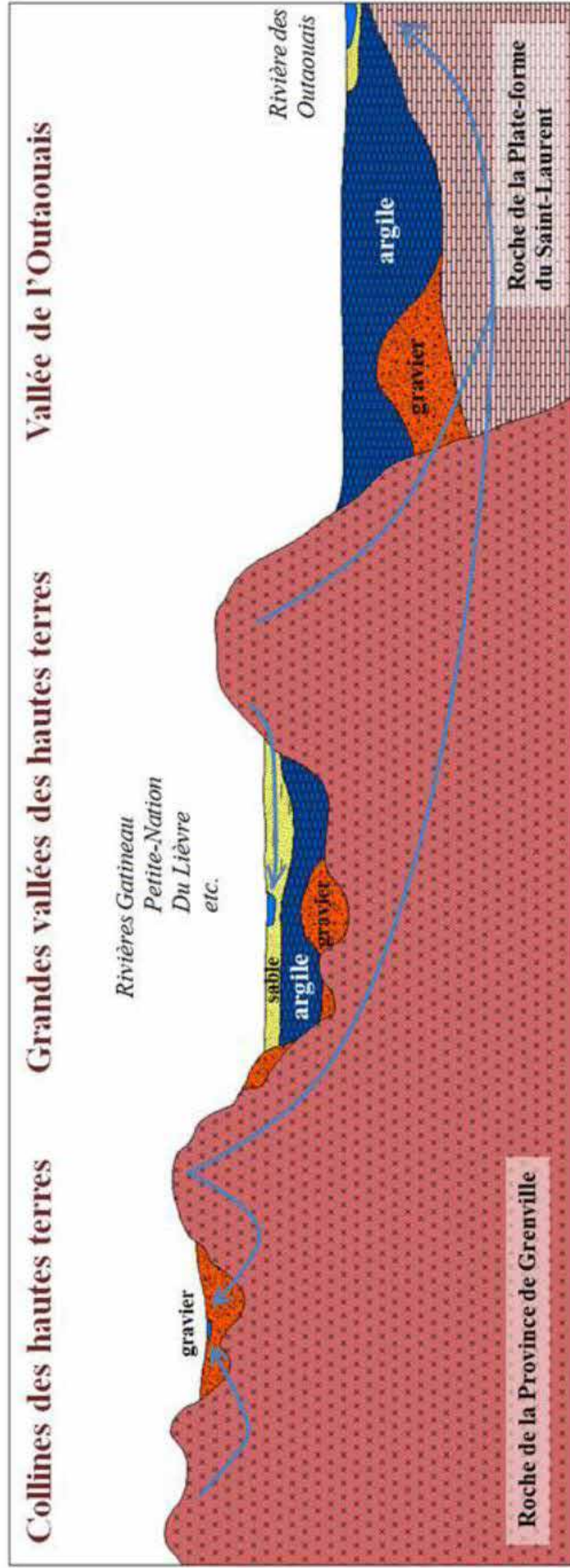
L'escarpement d'Eardley de 300 m de dénivellation et ce, sur plus de 30 km, marque clairement la limite entre les Hautes-terres, au nord, et les Basses-terres, au sud. Au sud de l'escarpement s'ouvre la plaine de l'Outaouais, mince bande de 5 à 20 km de large de relief plat longeant la rivière des Outaouais. Ce secteur correspond approximativement à la province géologique de la Plate-forme du Saint-Laurent composée de roches sédimentaires très peu déformées. Cette plate-forme de faible altitude est comblée de dépôts de la mer de Champlain et de dépôts glaciaires. Le relief s'y caractérise par des terrasses étagées et les embouchures des grands affluents de la rivière des Outaouais (rivières Gatineau, du Lièvre et de la Petite-Nation). L'altitude du sol oscille entre 20 m, au niveau de la rivière des Outaouais, et environ 250 m en bordure des Hautes-terres.

L'épaisseur totale des dépôts meubles peut atteindre plus de 100 mètres et comporte généralement une importante couche d'argile d'origine marine, très peu perméable et relativement continue. Des complexes de dépôts de sable et gravier fluvioglaciaires très perméables sont présents par endroit, particulièrement à la limite entre les secteurs des Hautes-terres et des Basses-terres. On retrouve aussi des dépôts marins deltaïques, d'alluvions ou de dépôts éoliens en surface dans le secteur ouest. Dans les secteurs est (MRC Papineau) et sud de la région (Ville de Gatineau), ces aquifères de dépôts meubles sont généralement confinés par une épaisse couche d'argile. Par contre, vers l'ouest dans la MRC Pontiac, ces aquifères de dépôts meubles sont parfois non confinés. Les aquifères de dépôts meubles sont en lien hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé sur la majorité du territoire des Basses-terres.

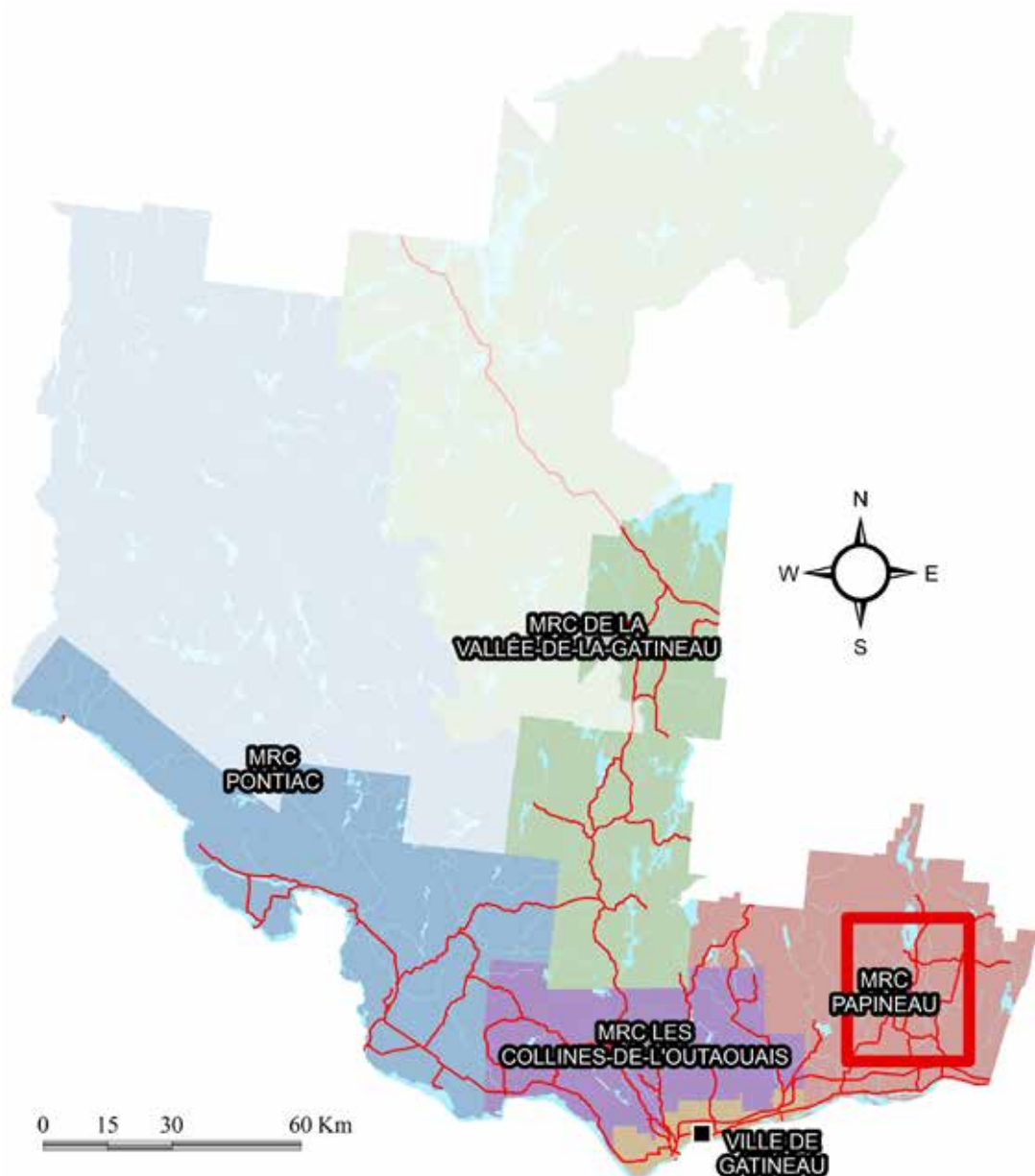
L'eau souterraine s'écoule vers la rivière des Outaouais où elle fait résurgence. La recharge et la vulnérabilité des aquifères sont limitées par la nature argileuse des dépôts meubles. Elles sont toutefois plus élevées lorsque l'aquifère de roc fracturé ou de dépôts fluvioglaciaires est subaffleurant. La signature géochimique de l'eau souterraine a une forte minéralisation qui témoigne du confinement des aquifères. Des dépassements des objectifs esthétiques en chlorure, sodium, matière dissoute totale et pH sont relativement fréquents dans le secteur des Basses-terres, principalement dans les aquifères de roc confiné. La population se concentre dans la Ville de Gatineau et s'approvisionne majoritairement en eau de surface par des réseaux d'aqueduc. Les activités potentiellement polluantes et la population y sont plus denses que dans les Hautes-terres.

Hautes-terres

Basses-terres



3. Les contextes hydrogéologiques des Hautes-terres – *secteur Papineau*



Coupe hydrostratigraphique

Définition

Une coupe hydrostratigraphique est une représentation verticale de la distribution spatiale des unités géologiques et des hydrofaciès retrouvés en profondeur, afin d'en apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur. Les unités géologiques sont des dépôts meubles ou des roches définies sur la base de l'environnement de déposition. Un hydrofaciès correspond à des unités géologiques aux propriétés hydrauliques similaires, et ce sans égard à son mode de déposition, ce qui permet de distinguer les hydrofaciès desquels l'eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des hydrofaciès qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).

Méthode utilisée

Les coupes sont dessinées principalement à partir du type de dépôts meubles cartographié en surface sur la carte de la Géologie du Quaternaire (non présentée ici) et des données de forages qui donnent des informations sur les matériaux géologiques rencontrés en profondeur. Une interprétation a été faite sur les regroupements de matériaux géologiques ayant des propriétés hydrogéologiques similaires (hydrofaciès) ainsi que sur la continuité latérale des unités d'un forage à l'autre.

Description de la coupe

La coupe H-H' de 12 km traverse la municipalité de Saint-André-Avellin du nord au sud. Une succession complexe de dépôts meubles est présente et leur épaisseur peut atteindre 70 m. Au nord de la coupe, sur la colline, une mince couche de till recouvre le roc de la Province de Grenville. Dans la plaine, en bas de cette colline, des dépôts marins deltaïques sableux recouvrent des dépôts marins d'eau profonde de texture argileuse. Un amas de dépôts fluvioglaciers de sable et gravier est présent en profondeur à la base de la colline. L'épaisseur et la granulométrie de la couche deltaïque sont variables. Les sédiments deltaïques, lorsqu'épais, sont silteux en profondeur et en contact direct avec le roc. À partir du centre de la coupe et vers le sud, un important amas de dépôts fluvioglaciers, partiellement enfoui sous les dépôts marins, est présent sur près de 6 km. Des alluvions sableuses se retrouvent sur les sédiments marins d'eau profonde en bordure de la rivière Petite-Nation à l'extrême sud de la coupe.

L'aquifère de dépôts meubles dans les sédiments fluvioglaciers est en contact hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé. L'eau souterraine de cet aquifère s'écoule vers la rivière Petite-Nation. Il est confiné par les argiles marines à l'exception du secteur nord et centre de la coupe où les argiles sont minces ou absentes. Un aquifère granulaire non confiné est présent en surface dans les dépôts sableux d'origine marine deltaïque. Il est fréquent de rencontrer, localement, de tels aquifères de surface à l'endroit des dépôts deltaïques de la région, mais leur épaisseur et leur étendue sont généralement limitées.



F La surface du roc enfouie sous les sédiments est plane.

Vrai Faux

M Les sédiments marins deltaïques ont une granulométrie hétérogène.

Vrai Faux

M L'aquifère de sable et gravier fluvioglaciers est partout entièrement confiné sous une couche d'argile marine.

Vrai Faux

M Quelles sont les unités géologiques pouvant constituer des aquifères potentiellement exploitables sur cette coupe?

F Quel est l'aquifère au plus grand potentiel d'exploitation, quel est son épaisseur approximative et où le retrouve-t-on sur cette coupe?

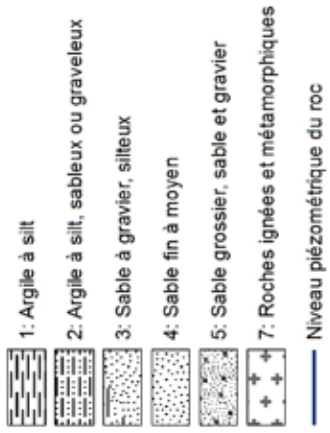
M Quelle est la séquence la plus complète d'empilement vertical des unités géologiques et où la retrouve-t-on sur la coupe? Quel est le caractère aquifère ou aquitard de chacune des couches?



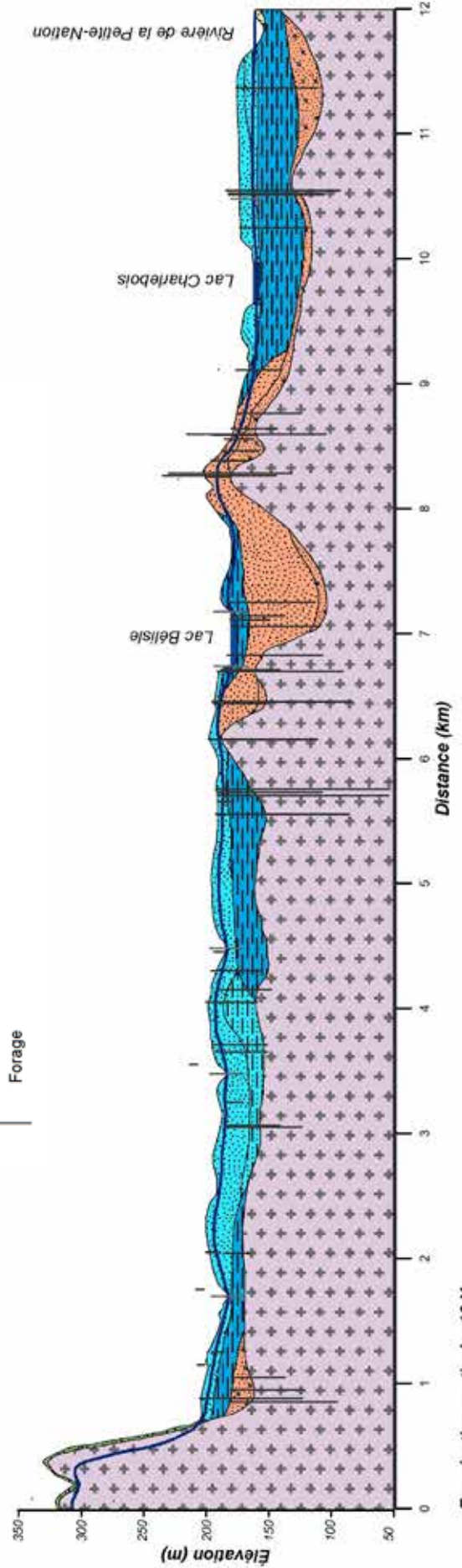
Unités géologiques



Hydrofaciès



Nord H
Sud H'



Exagération verticale: 10 X

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** intéressant. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt), peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**.



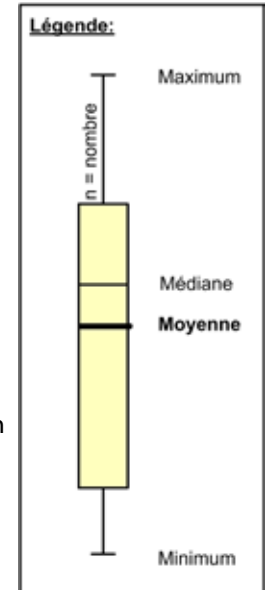
AQUIFÈRE, AQUITARD page 10,
DÉPÔTS MEUBLES page 11

Méthode utilisée

Les informations sur l'épaisseur et le type de dépôts meubles proviennent principalement des données de forage, des levés géophysiques et des affleurements rocheux. Trois techniques d'estimation ont été utilisées :

- l'interpolation lorsqu'une densité et répartition spatiale raisonnable de mesures permettait d'appliquer cette technique,
- l'attribution de l'épaisseur de dépôts mesurée en forage à la cellule de 250 m par 250 m sur laquelle il se trouve lorsqu'aucune mesure à proximité ne permet l'interpolation, et
- la présentation des statistiques d'épaisseur des dépôts meubles pour chaque unité géologique simplifiée, lorsqu'aucun forage ne se trouve dans le secteur.

Dans les Basses-terres, où une bonne densité et répartition spatiale de forages existe, l'interpolation a permis de couvrir tout le secteur. Par opposition, la densité de forages dans les Hautes-terres est très variable et la technique d'interpolation ne permet d'estimer qu'environ 10 % de ce territoire. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des données de forages à proximité.



Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

De manière générale, les dépôts meubles ont comblé les dépressions du roc. Sous la limite d'invasion marine, variant de 177 à 265 m selon les secteurs, les sédiments déposés ont aplani le relief, tel qu'observé dans les vallées des grandes rivières (Gatineau, de la Petite-Nation et du Lièvre), où la topographie du roc est plus variable que celle de la surface.

Des épaisseurs très importantes pouvant atteindre plus de 70 m sont présentes localement, dans les vallées des grandes rivières des Hautes-terres. On observe également de faibles épaisseurs dans ces mêmes vallées, où le roc sous-jacent remonte. À l'extérieur des grandes vallées, la topographie de surface reflète celle du roc et les dépôts meubles y sont typiquement composés de till relativement mince.



F On retrouve les sédiments les plus épais sur le sommet des collines.

Vrai Faux

F Le centre villageois de Notre-Dame-de-la-Paix repose sur plus de 30 m d'épaisseur de dépôts meubles.

Vrai Faux

M Le centre-ville de Saint-André-Avellin repose sur une épaisseur de sédiments pouvant varier entre 0 et 87 m.

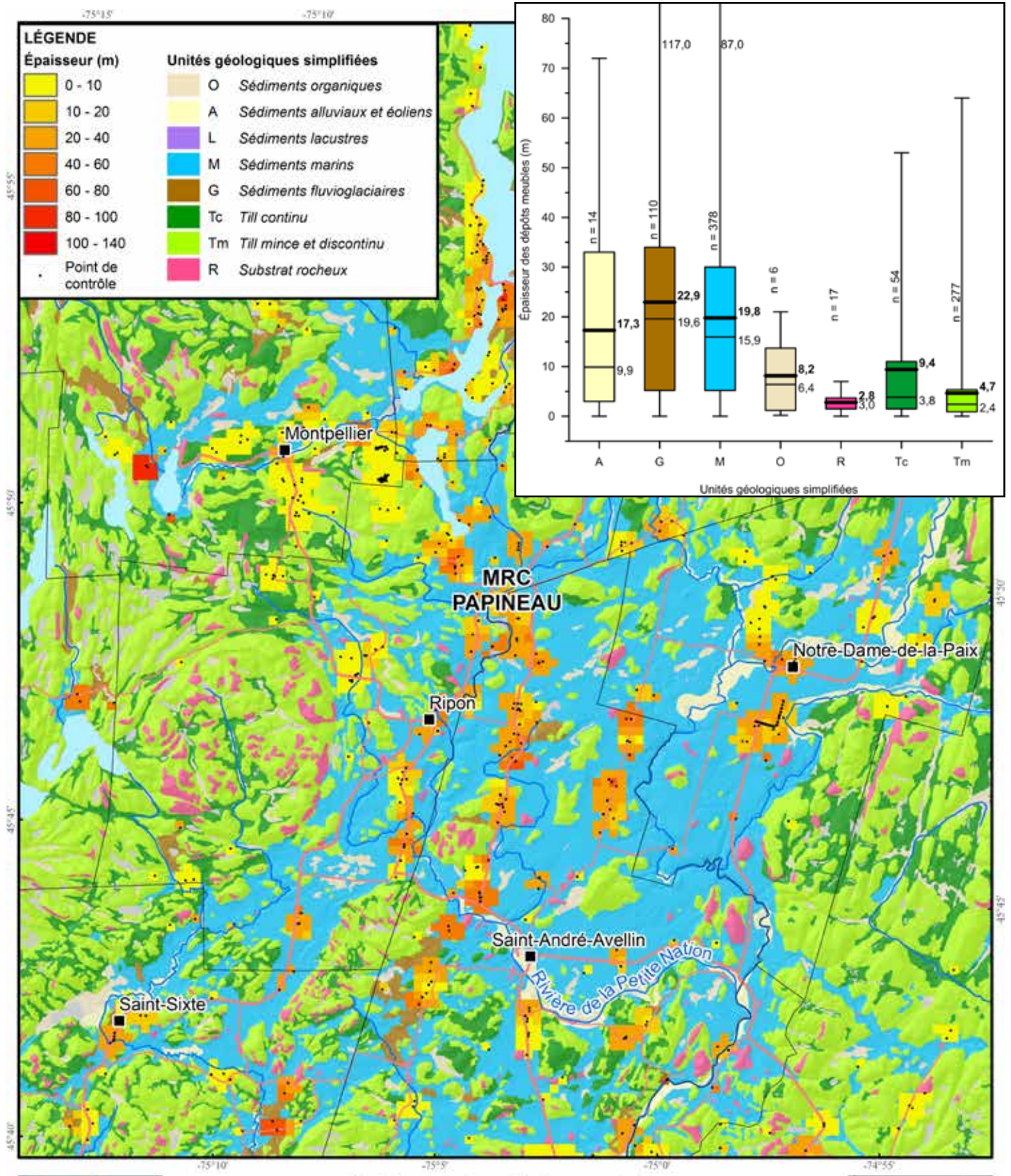
Vrai Faux

M En moyenne, l'épaisseur de dépôts meubles aux endroits recouverts en surface par des sédiments fluvioglaciers est de 19,6 m.

Vrai Faux

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

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



Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

Définition

Un **AQUIFÈRE** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre d'extraire son eau par pompage. Un **AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES** est constitué de sédiments grossiers (sable et gravier) et relativement homogène. Plus les pores de ce type de sédiments sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.



AQUIFÈRE, POROSITÉ page 10,
AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES page 11

Méthode utilisée

La délimitation des aquifères de dépôts meubles d'intérêt régional a été faite, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments grossiers. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 4 : Sable fin à moyen et 5 : Sable grossier, sable et gravier (voir Coupe hydrostratigraphique – page 24) ont une perméabilité élevée et constituent donc des aquifères. L'épaisseur des aquifères a été calculée en additionnant les épaisseurs de ces couches qui sont saturées en eau, c.-à.-d. sous le niveau piézométrique.

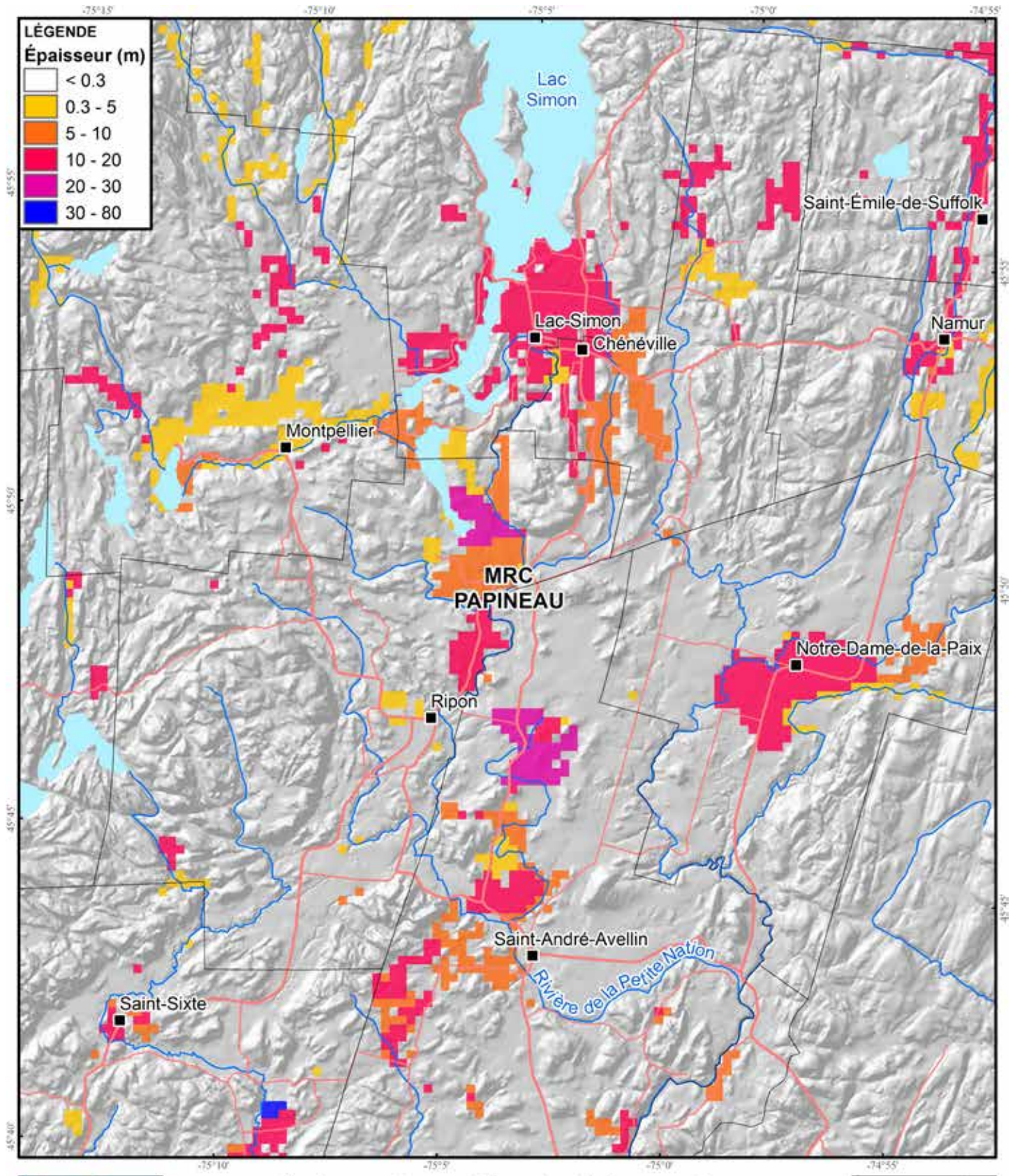
Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

Les principales unités géologiques pouvant constituer des aquifères de dépôts meubles sont les sédiments fluvioglaciaires et les sédiments marins d'origine deltaïque. Les aquifères dans les sédiments marins d'origine deltaïque sont en surface et généralement peu épais. L'épaisseur et la composition de ce type de dépôt varient rapidement et ce type d'aquifère est généralement peu important à l'échelle régionale. De plus, l'hétérogénéité de ces dépôts entraîne une plus grande incertitude sur leur définition dans le modèle hydrostratigraphique 3D. Les aquifères dans les sables et graviers d'origine fluvioglaciaire représentent des volumes plus importants et mieux définis dans le modèle. Ces aquifères sont en lien hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé sous-jacent.

La présence des aquifères de dépôts meubles est fréquente dans les vallées des Hautes-terres, mais leur taille est limitée. À certains endroits, l'aquifère est constitué d'une combinaison de dépôts sableux d'origine deltaïque et de dépôts d'origine fluvioglaciaire. La coupe hydrostratigraphique (voir p. 24) montre des exemples typiques.



- F** Les aquifères de dépôts meubles sont généralement localisés dans les vallées.
Vrai Faux
- F** Les aquifères de dépôts meubles dans ce secteur d'étude ont des envergures régionales.
Vrai Faux
- F** Les centres villageois de Lac-Simon et de Chénéville reposent sur un aquifère de dépôts meubles de plus de 10 m d'épaisseur.
Vrai Faux
- F** Les aquifères de dépôts meubles ne dépassent jamais 30 m d'épaisseur dans le secteur d'étude.
Vrai Faux
- F** Quels sont les types de dépôts meubles considérés en terme de granulométrie (hydrofaciès) et de mode de déposition (unité géologique) pour la délimitation des aquifères de dépôts meuble?
- M** Pourquoi certaines zones aux épaisseurs importantes de dépôts meubles (voir p. 26) ne présentent pas d'aquifères de dépôts meubles (ex. : à moitié chemin entre les centres villageois de Notre-Dame-de-la-Paix et Ripon ou à l'est de Saint-André-Avellin)?



Épaisseur des aquifères de dépôts meubles
OUTAOUAIS
Les Hautes-terres - secteur Papineau



Confinement

Définition

Le confinement d'un aquifère est lié à son recouvrement par un **AQUITARD** soit une couche de matériaux fins (argiles et silts) peu perméables qui isole l'eau souterraine qu'il contient. L'épaisseur de l'aquitard détermine le degré de confinement des aquifères. 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.



AQUITARD page 10,
AQUIFÈRE CONFINÉ,
SEMI CONFINÉ et
NON CONFINÉ page
13

Méthode utilisée

Le confinement des aquifères de roc fracturé a été déterminé, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments fins. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 1 : Argile ou silt argileux et 2 : Silt sableux ou graveleux (voir Coupe hydrostratigraphique – page 24) ont une faible perméabilité et ont donc des propriétés confinantes. Puisque l'hydrofaciès 2 est composé de matériaux plus perméables que l'hydrofaciès 1, une épaisseur plus grande est nécessaire pour confiner l'aquifère sous-jacent. Les critères d'épaisseur suivants ont été considérés :

Hydrofaciès: Type de matériaux	Épaisseur		
	Confiné	Semi confiné	Non confiné
1. Argile ou silt argileux	3 m et plus	1 à 3 m	Moins de 1 m
2. Silt sableux ou graveleux	8 m et plus	2.7 à 8 m	Moins de 2.7 m

Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

Dans les Hautes-terres, le long des vallées des grandes rivières où des dépôts marins sont présents, l'aquifère de roc fracturé est confiné ou semi confiné de façon discontinue. À l'extérieur de ces zones, l'aquifère de roc fracturé est non confiné car situé au-dessus de la limite d'invasion marine.



F La vallée de la rivière de la Petite-Nation est généralement bien protégée de la contamination provenant directement de la surface.

Vrai Faux

M Le silt sableux ou graveleux est moins confinant que l'argile ou le silt argileux.

Vrai Faux

M L'aquifère de roc situé au sommet des collines est généralement confiné.

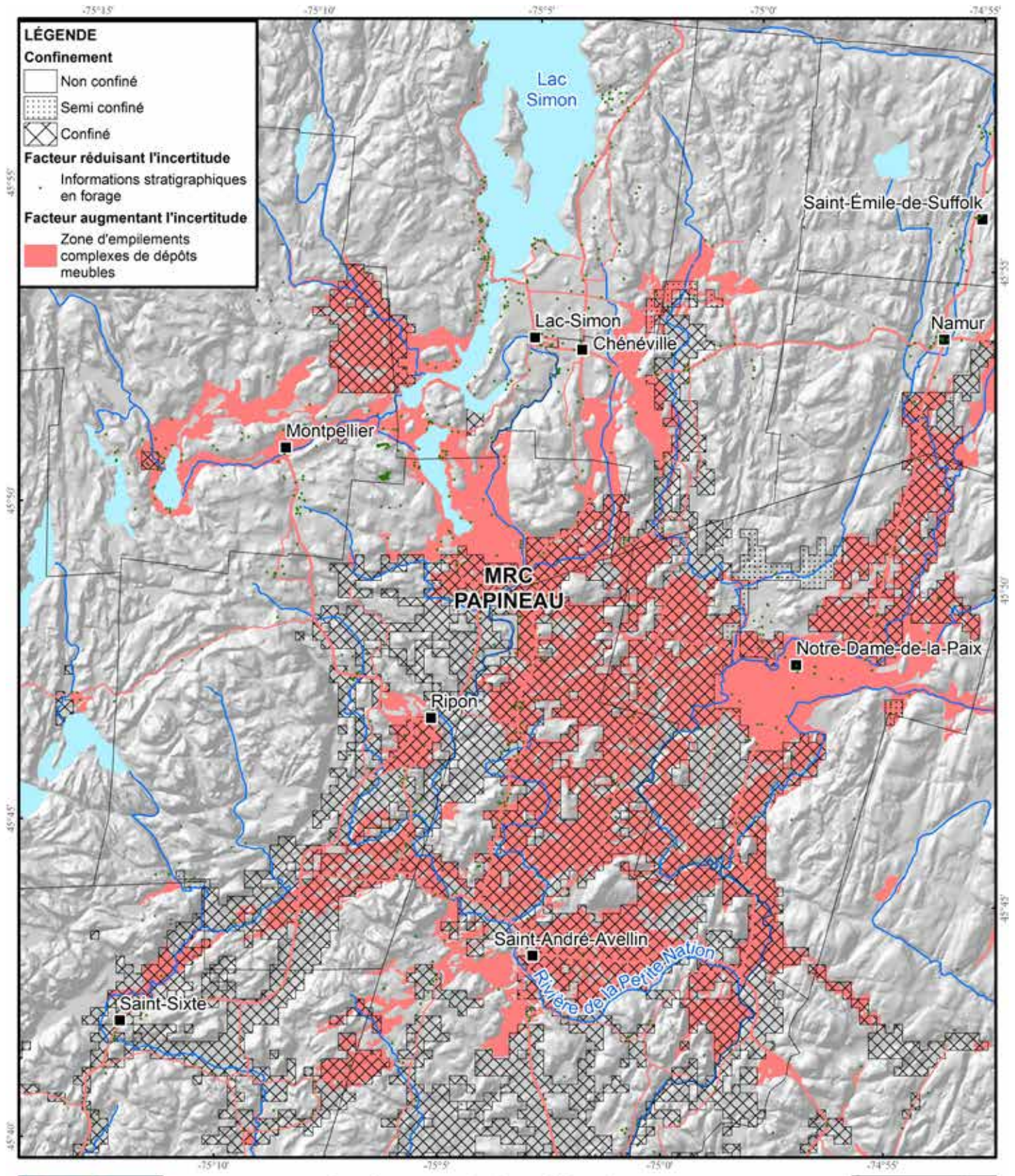
Vrai Faux

M Le modèle hydrostratigraphique 3D est généralement fiable dans la vallée de la rivière de la Petite-Nation.

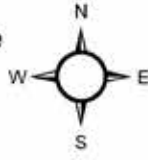
Vrai Faux

F Pourquoi certaines zones aux épaisseurs importantes de sédiments (voir p. 26) ne présentent pas de conditions de confinement (ex. : autour des centres villageois de Lac-Simon et Notre-Dame-de-la-Paix)?

M Pourquoi une épaisseur de moins de 1 m d'argile ou de silt argileux, ou de moins de 2,7 m de silt sableux ou graveleux, n'est pas considérée comme confinante?



Confinement de l'aquifère de roc et incertitude du modèle hydrostratigraphique
Les Hautes-terres - secteur Papineau



Piézométrie

Définition

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** correspond à l'élévation du niveau d'eau mesuré dans un puits. Si l'aquifère est non confiné, ce niveau correspond également à l'élévation de la **NAPPE** dans l'aquifère. Si l'aquifère est confiné, 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 non confiné et la pression dans un aquifère confiné. La **PIÉZOMÉTRIE** permet de connaître 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.



NAPPE page 10,
PIÉZOMÉTRIE,
NIVEAU
PIÉZOMÉTRIQUE
page 14

Méthode utilisée

La piézométrie combinée des aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée, sur de mailles de 250 m par 250 m, à partir des niveaux d'eau mesurés dans les puits. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des puits à proximité. Dans les Basses-terres, où une bonne densité de puits existe, la piézométrie a été estimée par interpolation, tandis que dans les Hautes-terres, à défaut d'une densité suffisante de puits, une valeur de profondeur de niveau d'eau de 6 m a été attribuée à tout le secteur. Cette valeur correspond à la moyenne et à la médiane de tous les niveaux d'eau du territoire, déterminée à l'aide d'analyses statistiques sur les données disponibles.

Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

La topographie influence la piézométrie qui s'apparente à une reproduction adoucie de la topographie de surface. Aussi, les changements importants de la piézométrie ont lieu aux endroits où des variations rapides de la topographie sont observées. L'eau souterraine s'écoule des hauts piézométriques vers les bas, où elle fait résurgence dans les cours d'eau.

Le niveau piézométrique passe de près de 900 m d'altitude sur les plus hauts sommets des Hautes-terres à moins de 100 m d'altitude en bordure de la rivière des Outaouais, cette dernière constituant la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de la région. L'écoulement régional s'effectue donc globalement du nord vers le sud. Dans les Hautes-terres, la piézométrie varie rapidement, reflétant ainsi la topographie de la surface. On y observe localement des écoulements vers les lacs et les cours d'eau, où l'eau souterraine fait résurgence. À plus petite échelle, des écoulements est-ouest vers les grandes rivières telles que les rivières Gatineau, du Lièvre, Petite-Nation, Coulonge et Noire sont observables.



F L'écoulement souterrain s'effectue de manière générale du sud vers le nord et fait résurgence dans la rivière de la Petite-Nation et ses tributaires.

Vrai Faux

F La municipalité de Ripon reçoit une bonne part de son eau souterraine depuis la municipalité de Saint-Sixte.

Vrai Faux

M Les changements importants de la piézométrie ont lieu aux endroits où des variations rapides de la topographie sont observées.

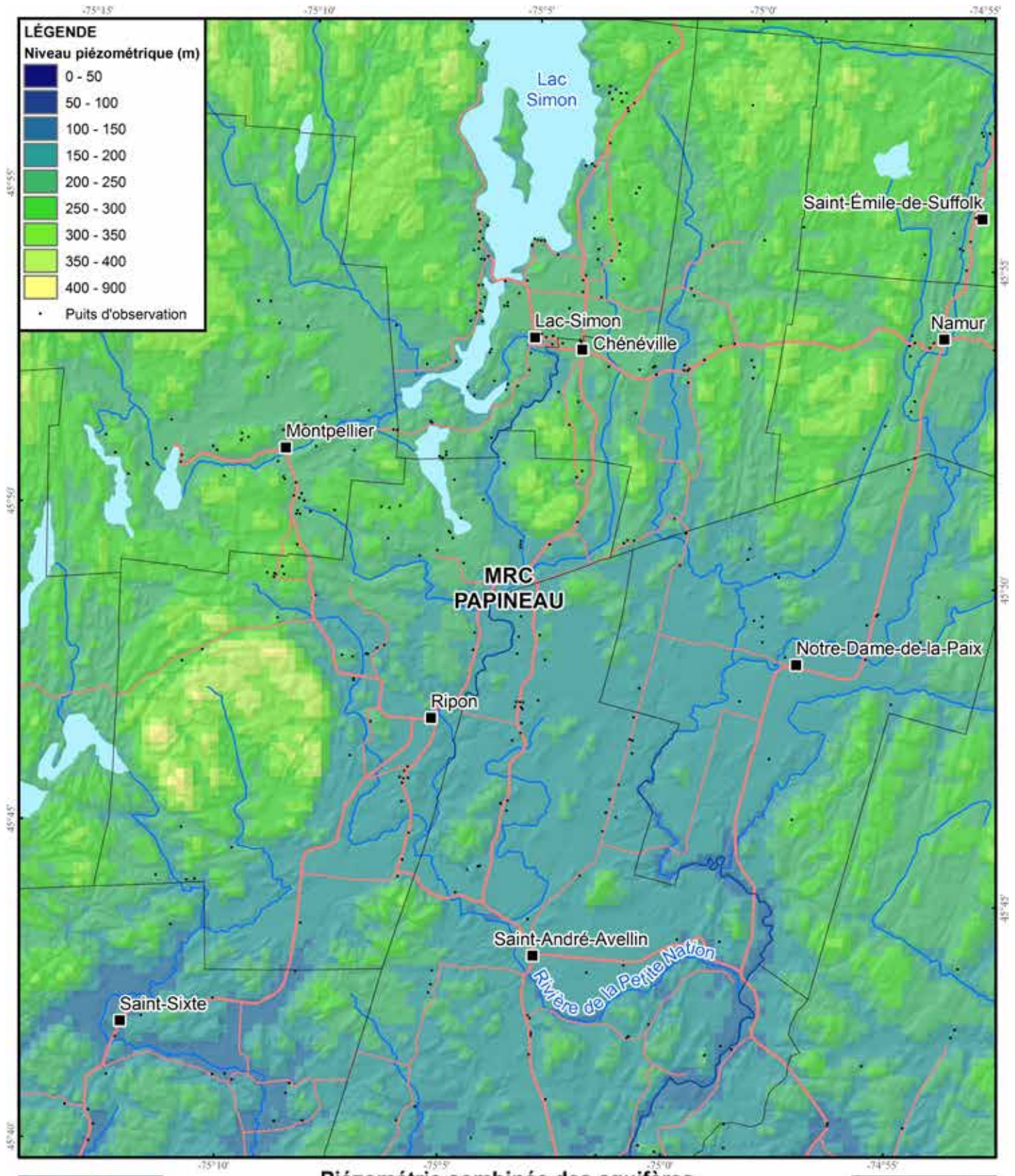
Vrai Faux

M On peut s'attendre à un écoulement plus rapide de l'eau souterraine sur les flancs des collines, où l'on retrouve des pentes abruptes de la surface piézométrique.

Vrai Faux

F Comment peut-on obtenir la profondeur de la nappe depuis le niveau piézométrique?

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



**Piézométrie combinée des aquifères
de roc fracturé et de dépôts meubles
OUTAOUAIS
Les Hautes-terres - secteur Papineau**



Recharge

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
page 14

Méthode utilisée

La recharge annuelle a été estimée avec le modèle HELP, sur des mailles de 250 m par 250 m, en intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et sur les propriétés des sols, des dépôts et du roc. Le modèle HELP calcule aussi les autres paramètres du bilan hydrologique, soient l'évapotranspiration le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique (non présentés ici). La recharge a été estimée pour le premier aquifère rencontré depuis la surface, soit le plus souvent l'aquifère de roc fracturé, à moins qu'un aquifère régional de dépôts meubles n'ait été identifié (voir Épaisseur des aquifères de dépôts meubles – page 28).

Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

Dans les Hautes-terres, les taux de recharge se distinguent selon les contextes de vallées ou de collines. Dans les vallées, des taux de recharge similaires à ceux des Basses-terres sont observables, soient inférieurs à 100 mm/an. Sur les collines, où l'aquifère de roc est recouvert par des dépôts de tills généralement sablonneux, la recharge est de l'ordre de 300 à 400 mm/an, correspondant à environ 30 à 40 % des précipitations annuelles moyennes de la région. Quant à eux, les aquifères de dépôts meubles d'origine fluvioglaciaires se renouvellent à des taux légèrement supérieurs (350 à 450 mm/an), car leur perméabilité est plus grande et qu'aucun couvert argileux ne limite l'infiltration des précipitations dans les sols.



F La recharge est généralement faible dans la vallée et élevée sur les hauts topographiques.

Vrai Faux

F La recharge ne dépasse jamais 400 mm/an sur le secteur d'étude.

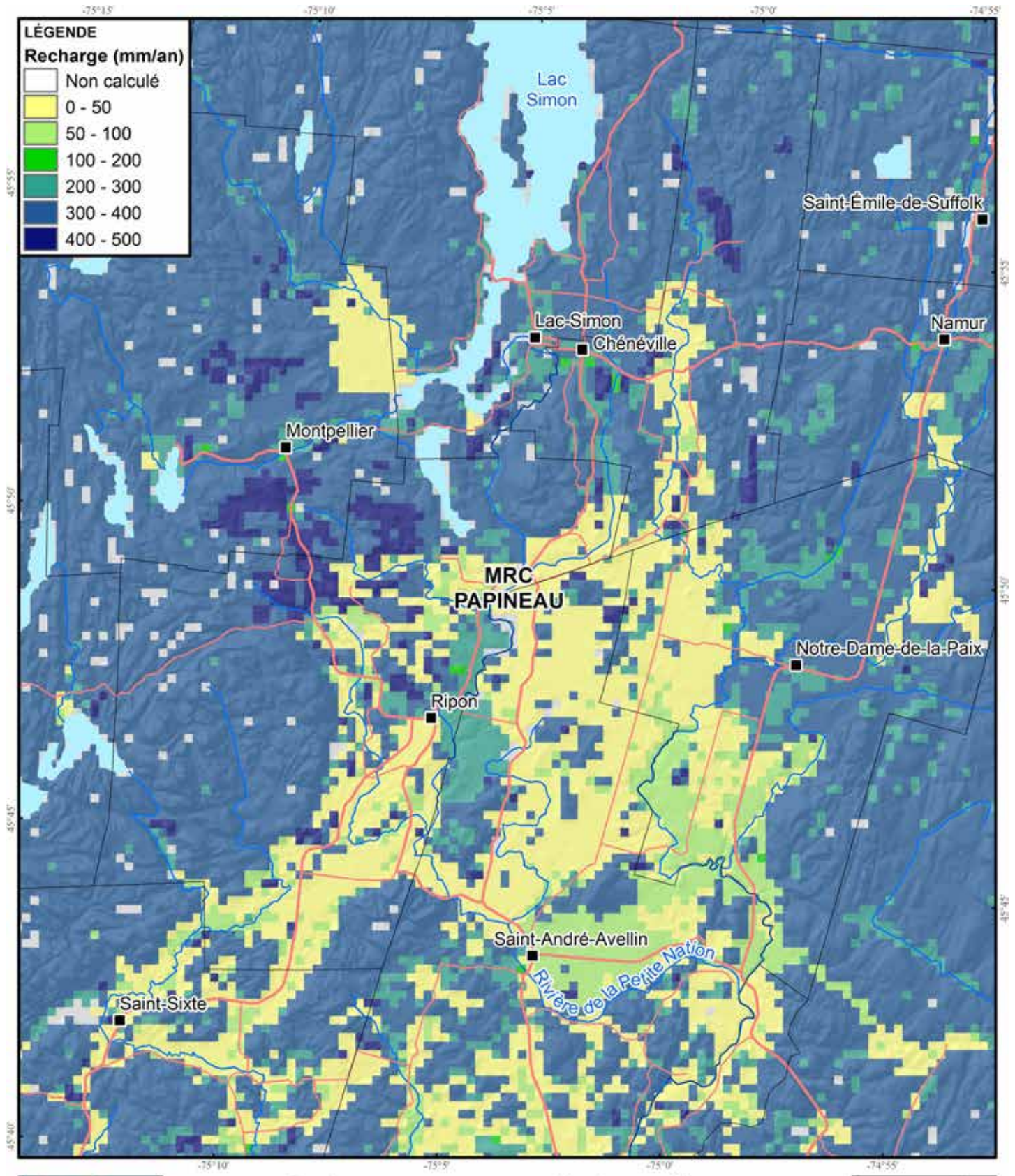
Vrai Faux

F La recharge autour des centres villageois de Lac-Simon et de Chénéville oscille entre 100 et 400 mm/an.

Vrai Faux

F Les dépôts de sables et graviers fluvioglaciaires sont responsables de la faible recharge dans les vallées.

M De nombreux facteurs influencent la recharge, dont le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés des sols, des dépôts et du roc. Outre les précipitations, quel est le facteur ayant généralement le plus d'influence?



**Recharge moyenne annuelle des aquifères
 OUTAOUAIS
 Les Hautes-terres - secteur Papineau**



Vulnérabilité

Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol, mais fait abstraction du type de contaminant et de ses propriétés. Pour l'aménagement du territoire, la cartographie de la vulnérabilité à l'échelle régionale permet de cibler les secteurs à protéger des activités anthropiques qui sont susceptibles de contaminer l'eau souterraine à partir de la surface du sol.



**VULNÉRABILITÉ,
DRASTIC** page 15

Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m par 250 m, par 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 niveaux de vulnérabilité ont été définis 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 Hautes-terres

Dans les Hautes-terres, la vulnérabilité des aquifères est très variable et se distingue selon les contextes de vallées ou de collines. Dans les grandes vallées telles que celles des rivières Gatineau, de la Petite-Nation ou du Lièvre, les aquifères montrent généralement un faible indice de vulnérabilité (inférieur à 100), car ils sont confinés par des dépôts silto-argileux. À l'opposé, certaines dépressions topographiques, comblées par des dépôts fluvioglaciers affichent des indices de vulnérabilité plus élevés (supérieurs à 140). Sur les collines où l'aquifère de roc est recouvert par de minces dépôts de till généralement sablonneux, la vulnérabilité est moyenne (indices de 100 à 140). Ce dernier contexte de till recouvrant des aquifères de roc est prédominant dans la région de l'Outaouais.



F La vulnérabilité varie peu sur le territoire d'étude.

Vrai Faux

F Le niveau de vulnérabilité « moyenne » est prédominant dans les Hautes-terres.

Vrai Faux

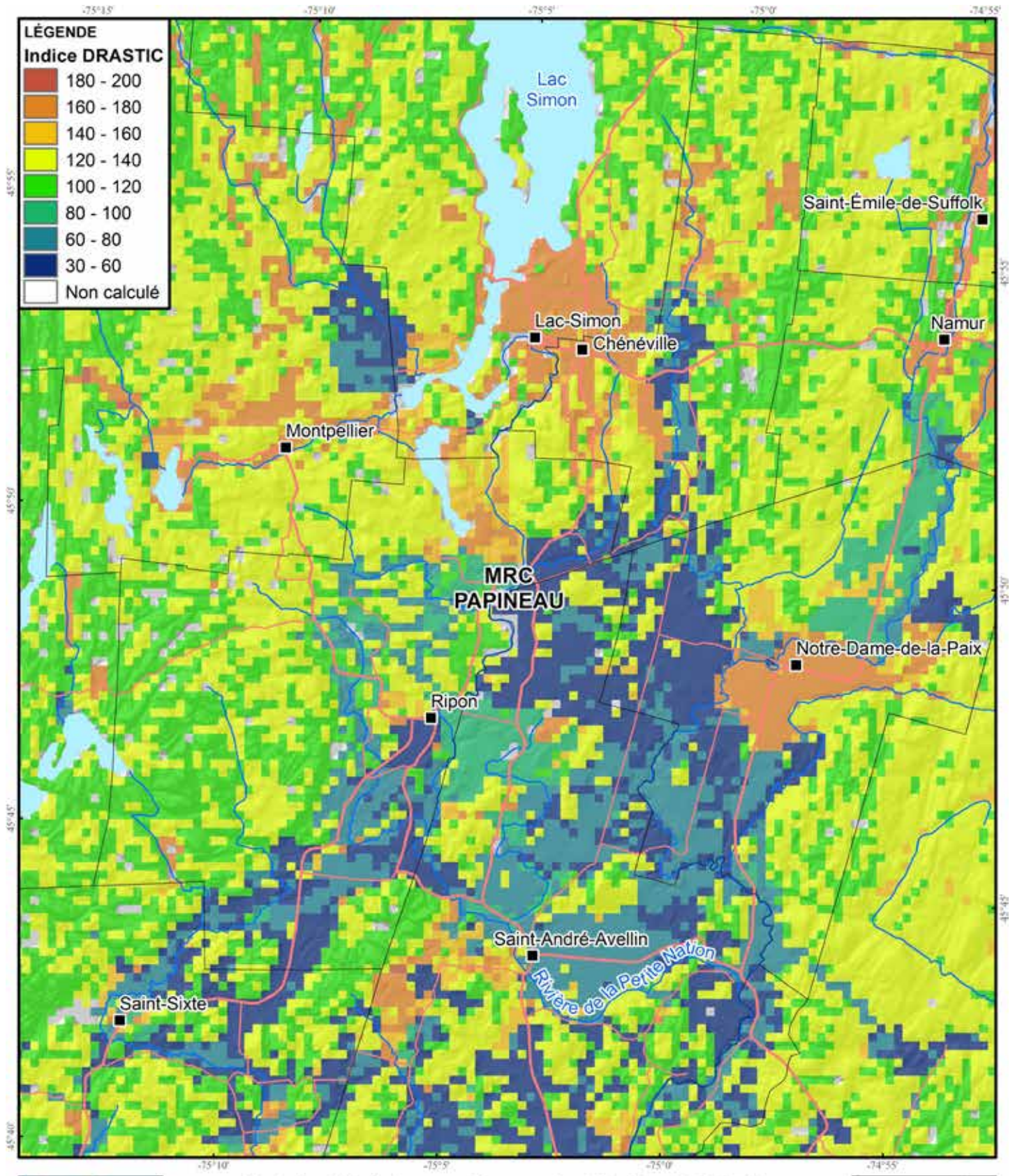
F Le niveau de vulnérabilité « élevée » est rare sur le secteur d'étude.

Vrai Faux

M Les aquifères identifiés sur la carte d'Épaisseur de l'aquifère des aquifères de dépôts meubles (voir p. 28) sont de manière générale les plus vulnérables.

Vrai Faux

M Pourquoi les aquifères situés sur les hauts topographiques sont-ils moyennement vulnérables malgré l'absence de couverture argileuse?



Définition

La qualité de l'eau s'évalue en comparant les constituants physicochimiques de l'eau aux normes et recommandations existantes. Les **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES** (CMA) sont des normes visant à éviter des risques pour la santé humaine. Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES** (OE) sont des recommandations concernant les caractéristiques esthétiques de l'eau (couleur, odeur, goût et autres désagréments), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus sur la santé humaine.



**CONCENTRATIONS
MAXIMALES
ACCEPTABLES
et OBJECTIFS
ESTHÉTIQUES** page
16

Méthode utilisée et interprétation pour l'ensemble du territoire

Dans le cadre du PACES, 139 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés pour l'ensemble de l'Outaouais, dont 71 % proviennent de puits forés dans le roc et 29 % de puits crépinés dans les dépôts meubles. Les dépassements de CMA et d'OE suivants ont été relevés :

Paramètre	CMA ou OE	Dépassements		Norme ou recommandation fondée sur (non exhaustif) :
		Nb	%	
Bore (B)	CMA = 5 mg/l	1	0,7 %	Effets sur la reproduction (atrophie testiculaire et spermatogenèse)
Fluorures (F)	CMA = 1,5 mg/l	10	7,2 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrite - Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	CMA = 10 mg N/l	1	0,7 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu); probablement cancérigène
Uranium (U)	CMA = 0,02 mg/l	7	5 %	Effets sur les reins (différentes lésions)
Aluminium (Al)	OE ≤ 0,1 mg/l	3	2,2 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	OE ≤ 250 mg/l	13	9,4 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale (CaCO ₃)	OE ≤ 500 mg/l	4	3,2 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	OE ≤ 0,3 mg/l	18	12,9 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	OE ≤ 0,05 mg/l	28	20,1 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	OE ≤ 500 mg/l	30	23,6 %	Goût et entartrage
Sodium (Na)	OE ≤ 200 mg/l	15	10,8 %	Goût
pH	6,5 ≤ OE ≤ 8,5	39	28,3 %	Influence sur l'efficacité du traitement
Sulfates (SO ₄)	OE ≤ 500 mg/l	1	0,7 %	Goût
Sulfures (S)	OE ≤ 0,05 mg/l	6	4,3 %	Goût et odeur

De l'eau souterraine faiblement minéralisée et récemment infiltrée domine en Outaouais (65 % des échantillons), particulièrement dans les Hautes-terres, et se retrouve dans une proportion plus importante parmi les puits dans les dépôts meubles et dans les aquifères non confinés. De l'eau ayant une forte minéralisation, donc plus évoluée, est également retrouvée dans un grand nombre de puits (22 % des échantillons) et caractérise les aquifères confinés typiques des Basses-terres. Les autres types d'eau sont intermédiaires (13 % des échantillons) et sont souvent situés à des profondeurs supérieures à 70 m.

Les dépassements en fluorures et en uranium sont principalement observés dans des puits d'aquifères fracturés, assez profonds. Des gisements de fluorite et d'uranium sont exploités ou présents dans la région et suggèrent que les dépassements sont expliqués par la nature des roches.

Les faibles taux de dépassements en bore et nitrates-nitrites ne mettent pas en évidence une contamination à l'échelle régionale et peuvent, tout au plus, indiquer une contamination ponctuelle dans le temps et l'espace.

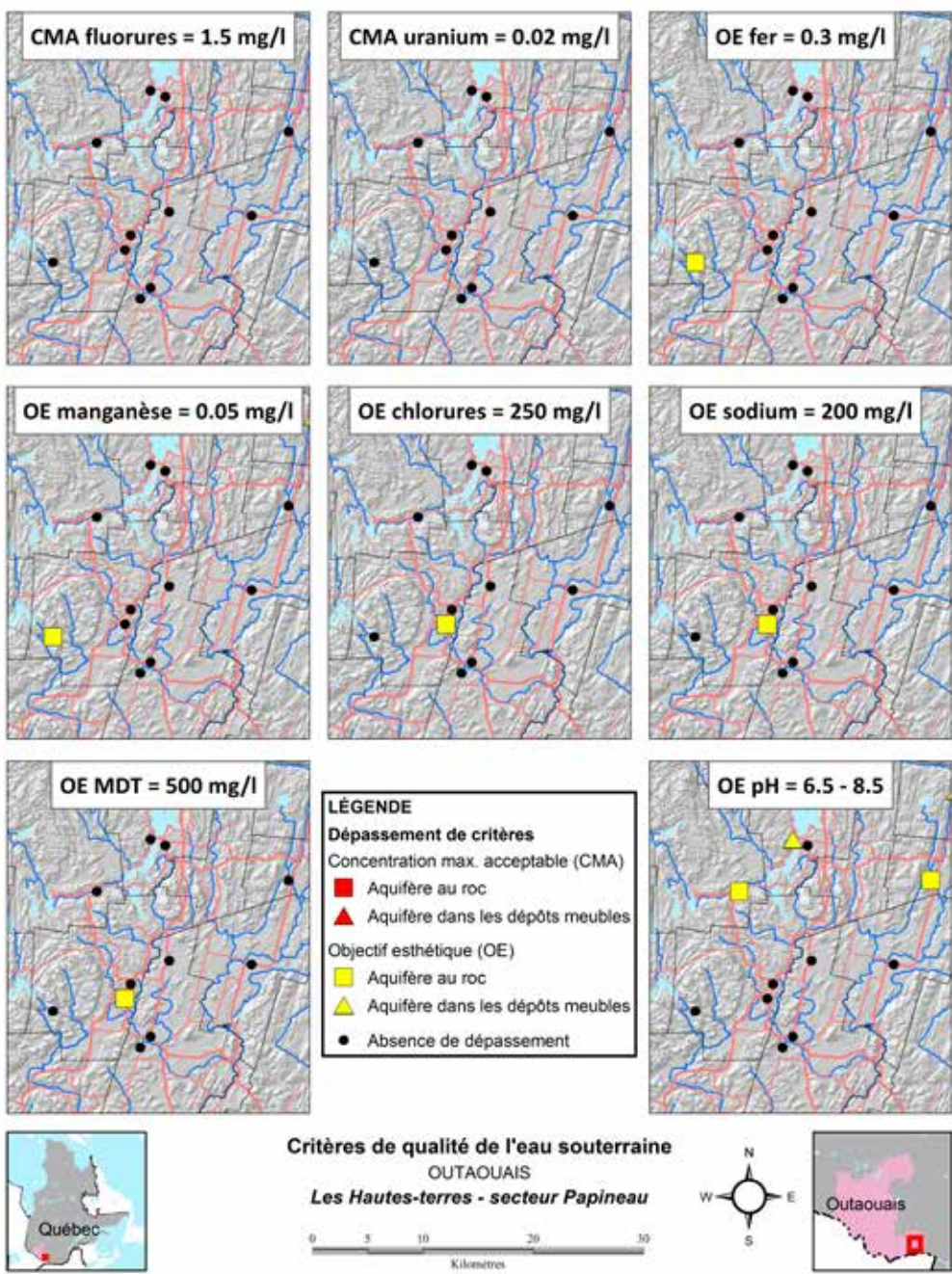
Un dépassement en fer est généralement accompagné par un dépassement en manganèse (pour 89 % des cas). Dans la région, le sous-sol est riche en fer comme en témoigne la présence de quelques gîtes minéraux en fer ainsi que de minéraux riches en fer tels que l'ocre. Il en est probablement de même pour le manganèse. Les dépassements sont répartis sur l'ensemble de la région et proviennent de tout type d'aquifère. Le fer et le manganèse auraient donc une origine naturelle.

Les distributions des dépassements en chlorures, sodium et matière dissoute totale sont assez semblables : ils sont localisés principalement dans les puits aménagés dans le roc des Basses-terres. Ils proviennent des types d'eau intermédiaire et évoluée, car ils sont liés au vieillissement de l'eau (milieu confiné) et à la dissolution des carbonates et silicates. Les vestiges de l'eau salée de la mer de Champlain peuvent aussi être à l'origine des dépassements pour les trois paramètres. La dissolution de calcaire peut aussi entraîner des dépassements de matière dissoute totale accompagnés de valeurs élevées de la dureté de l'eau.

Les dépassements en pH concernent principalement les pH basiques (85 %) et sont répartis sur l'ensemble du territoire, mais majoritairement dans les aquifères confinés des Basses-terres.



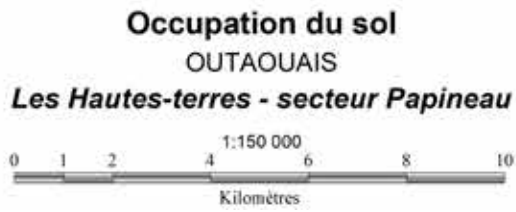
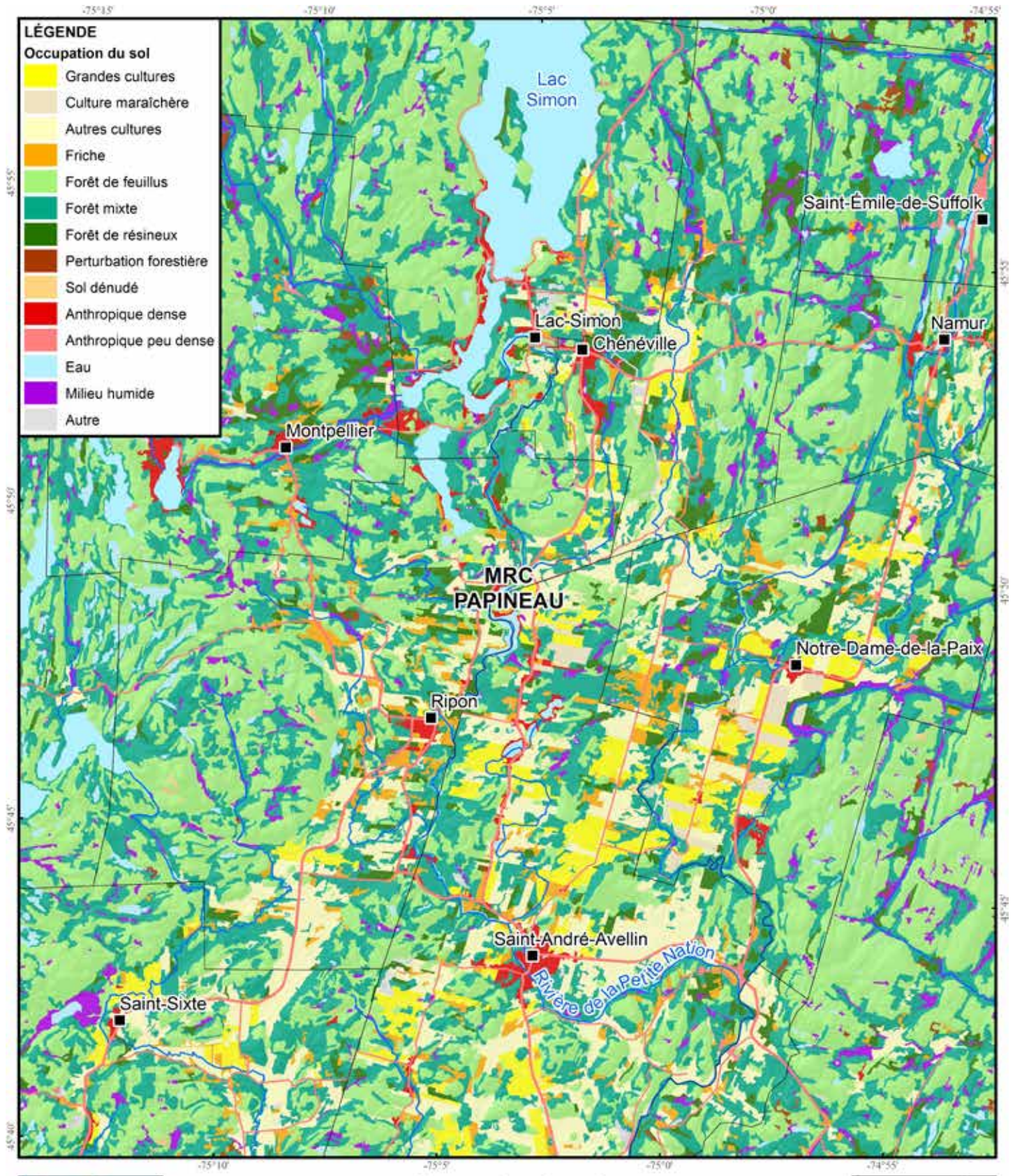
- F** La qualité régionale de l'eau souterraine dans le secteur Papineau semble peu problématique.
 Vrai Faux
- F** Les activités humaines sont responsables des dépassements en fer en manganèse en Outaouais.
 Vrai Faux
- M** L'eau souterraine en Outaouais présente rarement une odeur d'œufs pourris.
 Vrai Faux
- M** Les dépassements en fer en manganèse en Outaouais proviennent souvent des mêmes puits.
 Vrai Faux
- M** Le faible nombre de dépassements de critères de qualité de l'eau du secteur Papineau indique que l'eau y est fortement évoluée et minéralisée, typique d'une eau récemment infiltrée.
 Vrai Faux
- M** Quels sont les effets sur la santé et les désagréments esthétiques reliés à l'eau du puits situé le plus à l'ouest du secteur Papineau?
 Vrai Faux
- D** Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits échantillonné dans le cadre du PACES, est-ce que l'eau peut être consommée sans traitement (expliquez votre raisonnement)?

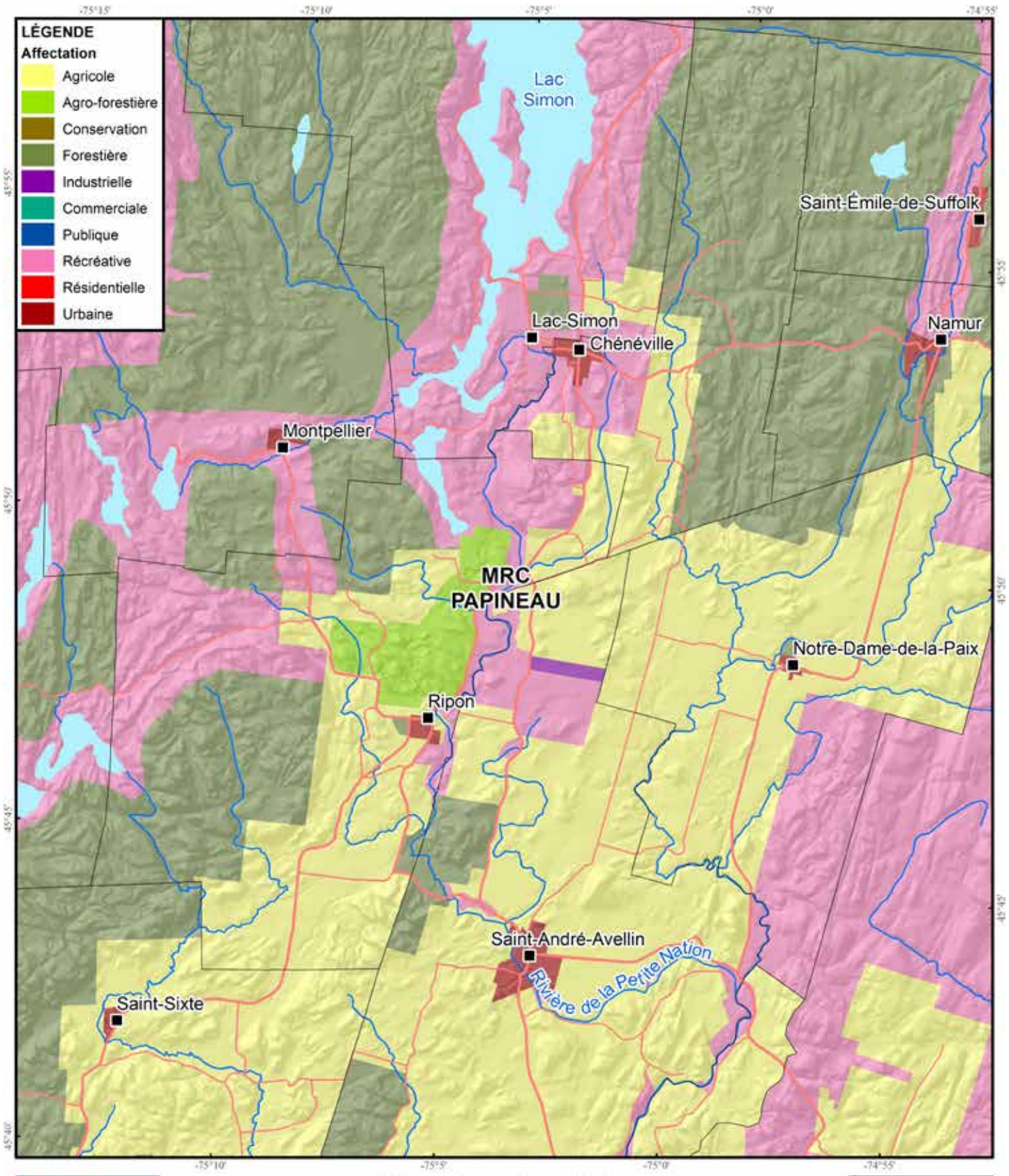


Exercice de synthèse 1 : Si demain une municipalité du secteur des Hautes-terres devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?

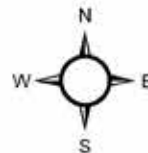
Exercice de synthèse 2 : Dans le secteur des Hautes-terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

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

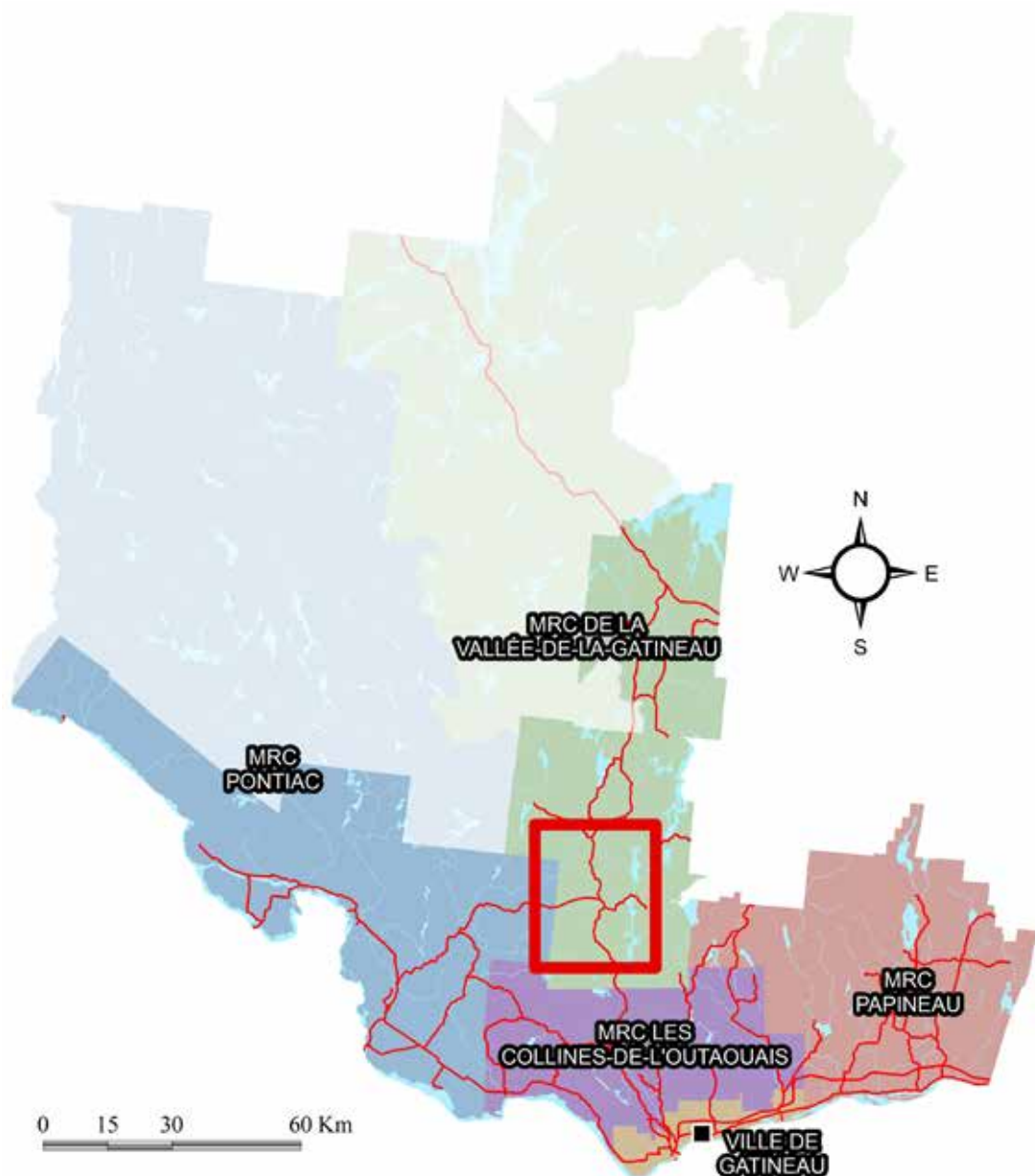




Affectations du territoire
OUTAOUAIS
Les Hautes-terres - secteur Papineau



3. Les contextes hydrogéologiques des Hautes-terres – secteur de la Vallée



Coupe hydrostratigraphique

Définition

Une coupe hydrostratigraphique est une représentation verticale de la distribution spatiale des unités géologiques et des hydrofaciès retrouvés en profondeur, afin d'en apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur. Les unités géologiques sont des dépôts meubles ou des roches définies sur la base de l'environnement de déposition. Un hydrofaciès correspond à des unités géologiques aux propriétés hydrauliques similaires, et ce sans égard à son mode de déposition, ce qui permet de distinguer les hydrofaciès desquels l'eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des hydrofaciès qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).

Méthode utilisée

Les coupes sont dessinées principalement à partir du type de dépôts meubles cartographié en surface sur la carte de la Géologie du Quaternaire (non présentée ici) et des données de forages qui donnent des informations sur les matériaux géologiques rencontrés en profondeur. Une interprétation a été faite sur les regroupements de matériaux géologiques ayant des propriétés hydrogéologiques similaires (hydrofaciès) ainsi que sur la continuité latérale des unités d'un forage à l'autre.

Description de la coupe

La coupe G-G' de 13 km traverse d'ouest en est la municipalité de Kazabazua où les dépôts les plus épais peuvent atteindre 70 m. Sur la colline à l'ouest, le roc de la Province de Grenville affleure puis est recouvert de till. Des dépôts de sable et gravier fluvioglaciers épais sont présents sur près de 4 km et recouverts en partie par des dépôts deltaïques sableux. Au centre, le roc remonte et est recouvert de till. Des dépôts deltaïques épais sont présents sur 5 km. Ces dépôts, sableux en surface, deviennent graduellement plus silteux en profondeur. À l'est, le roc remonte à l'approche de la rivière Gatineau et est recouvert de till.

À l'échelle régionale, l'eau souterraine s'écoule vers la rivière Gatineau. L'aquifère de roc est non confiné et en lien hydraulique avec les dépôts de sable et gravier qui le recouvrent. Toutefois, le confinement et le lien hydraulique sont plus variables en présence des dépôts deltaïques hétérogènes et plus fins du centre de la coupe.

F La surface du roc enfouie sous les sédiments est plane.

Vrai Faux

M Les sédiments marins deltaïques ont une granulométrie hétérogène.

Vrai Faux

M L'aquifère de roc fracturé est parfois confiné sous une couche d'argile car l'altitude est sous la limite d'invasion marine.

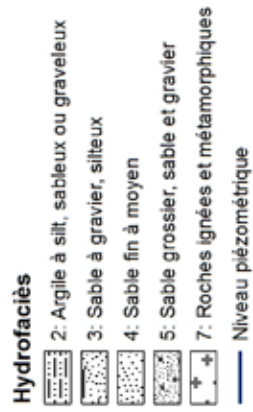
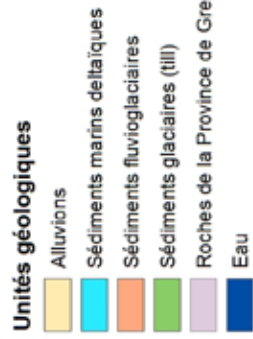
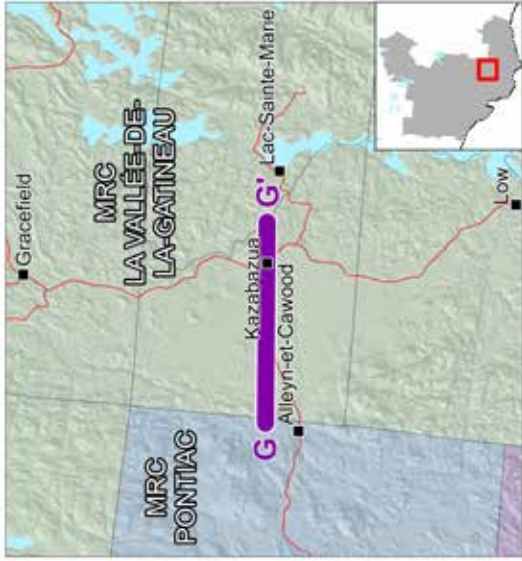
Vrai Faux

M Quelles sont les unités géologiques pouvant constituer des aquifères potentiellement exploitables sur cette coupe?

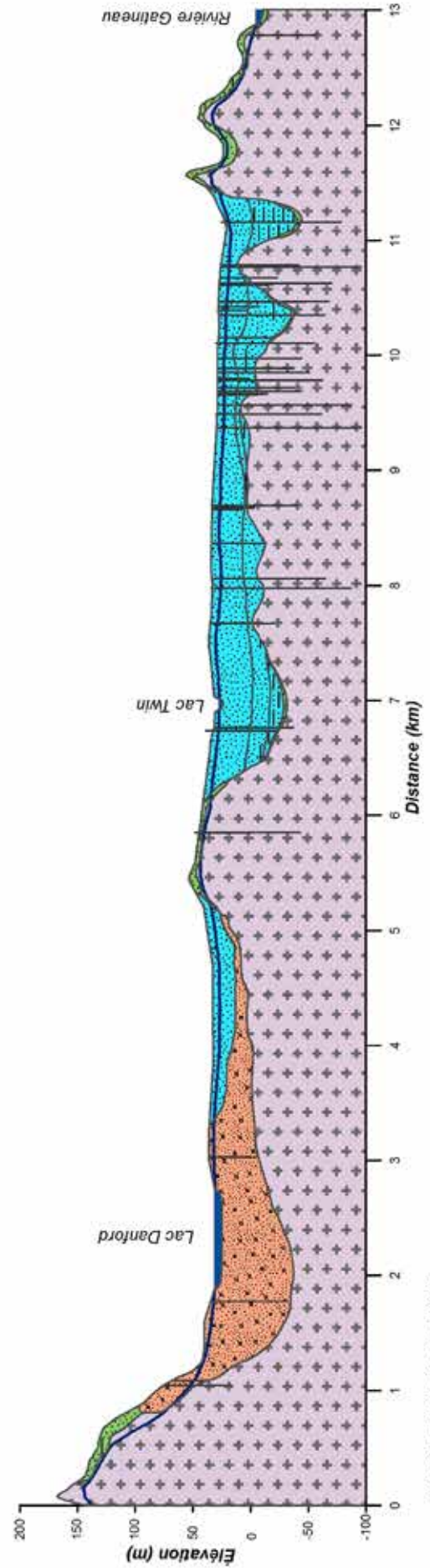
F Quel est l'aquifère au plus grand potentiel d'exploitation, quel est son épaisseur approximative et où le retrouve-t-on sur cette coupe?

M Quelle est la séquence la plus complète d'empilement vertical des unités géologiques et où la retrouve-t-on sur la coupe? Quel est le caractère aquifère ou aquitard de chacune des couches?





Ouest
Est
G
G'



Exagération verticale: 10 X

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** intéressant. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt), peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**.



AQUIFÈRE, AQUITARD page 10,
DÉPÔTS MEUBLES page 11

Méthode utilisée

Les informations sur l'épaisseur et le type de dépôts meubles proviennent principalement des données de forage, des levés géophysiques et des affleurements rocheux. Trois techniques d'estimation ont été utilisées :

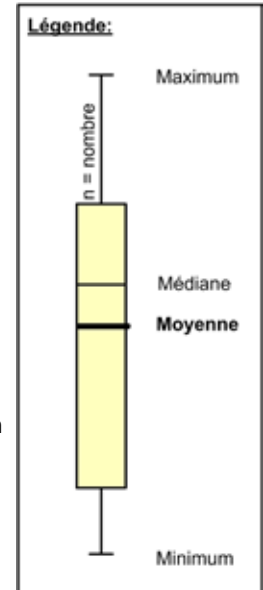
- l'interpolation lorsqu'une densité et répartition spatiale raisonnable de mesures permettait d'appliquer cette technique,
- l'attribution de l'épaisseur de dépôts mesurée en forage à la cellule de 250 m par 250 m sur laquelle il se trouve lorsqu'aucune mesure à proximité ne permet l'interpolation, et
- la présentation des statistiques d'épaisseur des dépôts meubles pour chaque unité géologique simplifiée, lorsqu'aucun forage ne se trouve dans le secteur.

Dans les Basses-terres, où une bonne densité et répartition spatiale de forages existe, l'interpolation a permis de couvrir tout le secteur. Par opposition, la densité de forages dans les Hautes-terres est très variable et la technique d'interpolation ne permet d'estimer qu'environ 10 % de ce territoire. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des données de forages à proximité.

Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

De manière générale, les dépôts meubles ont comblé les dépressions du roc. Sous la limite d'invasion marine, variant de 177 à 265 m selon les secteurs, les sédiments déposés ont aplani le relief, tel qu'observé dans les vallées des grandes rivières (Gatineau, de la Petite-Nation et du Lièvre), où la topographie du roc est plus variable que celle de la surface.

Des épaisseurs très importantes pouvant atteindre plus de 70 m sont présentes localement, dans les vallées des grandes rivières des Hautes-terres. On observe également de faibles épaisseurs dans ces mêmes vallées, où le roc sous-jacent remonte. À l'extérieur des grandes vallées, la topographie de surface reflète celle du roc et les dépôts meubles y sont typiquement composés de till relativement mince.



F On retrouve les sédiments les plus épais sur le sommet des collines.

Vrai Faux

F Le centre villageois de Kazabazua repose sur une plus grande épaisseur de dépôts meubles que le centre villageois de Lac-Sainte-Marie.

Vrai Faux

M La partie de la vallée de la Gatineau recouverte en surface par les sédiments marins repose sur une épaisseur de dépôts meubles pouvant varier entre 0 et 131 m.

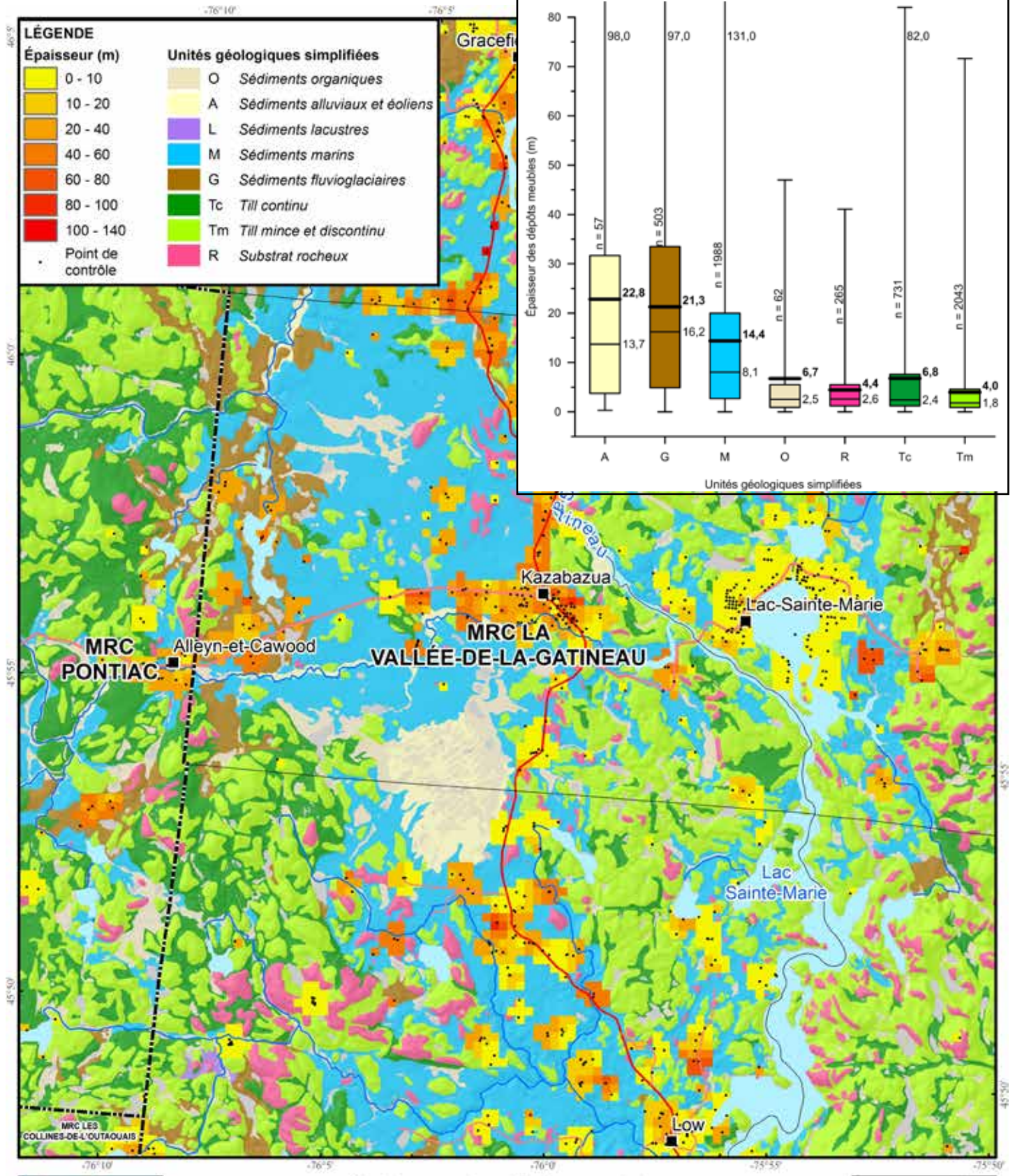
Vrai Faux

M En moyenne, l'épaisseur de dépôts meubles aux endroits recouverts en surface par des sédiments fluvioglaciers est de 16,2 m

Vrai Faux

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

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



Épaisseur des dépôts meubles
OUTAOUAIS
Les Hautes-terres - secteur de la Vallée

1:150 000

0 1 2 4 6 8 10
Kilomètres



Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

Définition

Un **AQUIFÈRE** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre d'extraire son eau par pompage. Un **AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES** est constitué de sédiments grossiers (sable et gravier) et relativement homogène. Plus les pores de ce type de sédiments sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.



AQUIFÈRE, POROSITÉ page 10,
AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES page 11

Méthode utilisée

La délimitation des aquifères de dépôts meubles d'intérêt régional a été faite, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments grossiers. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 4 : Sable fin à moyen et 5 : Sable grossier, sable et gravier (voir Coupe hydrostratigraphique – page 24) ont une perméabilité élevée et constituent donc des aquifères. L'épaisseur des aquifères a été calculée en additionnant les épaisseurs de ces couches qui sont saturées en eau, c.-à.-d. sous le niveau piézométrique.

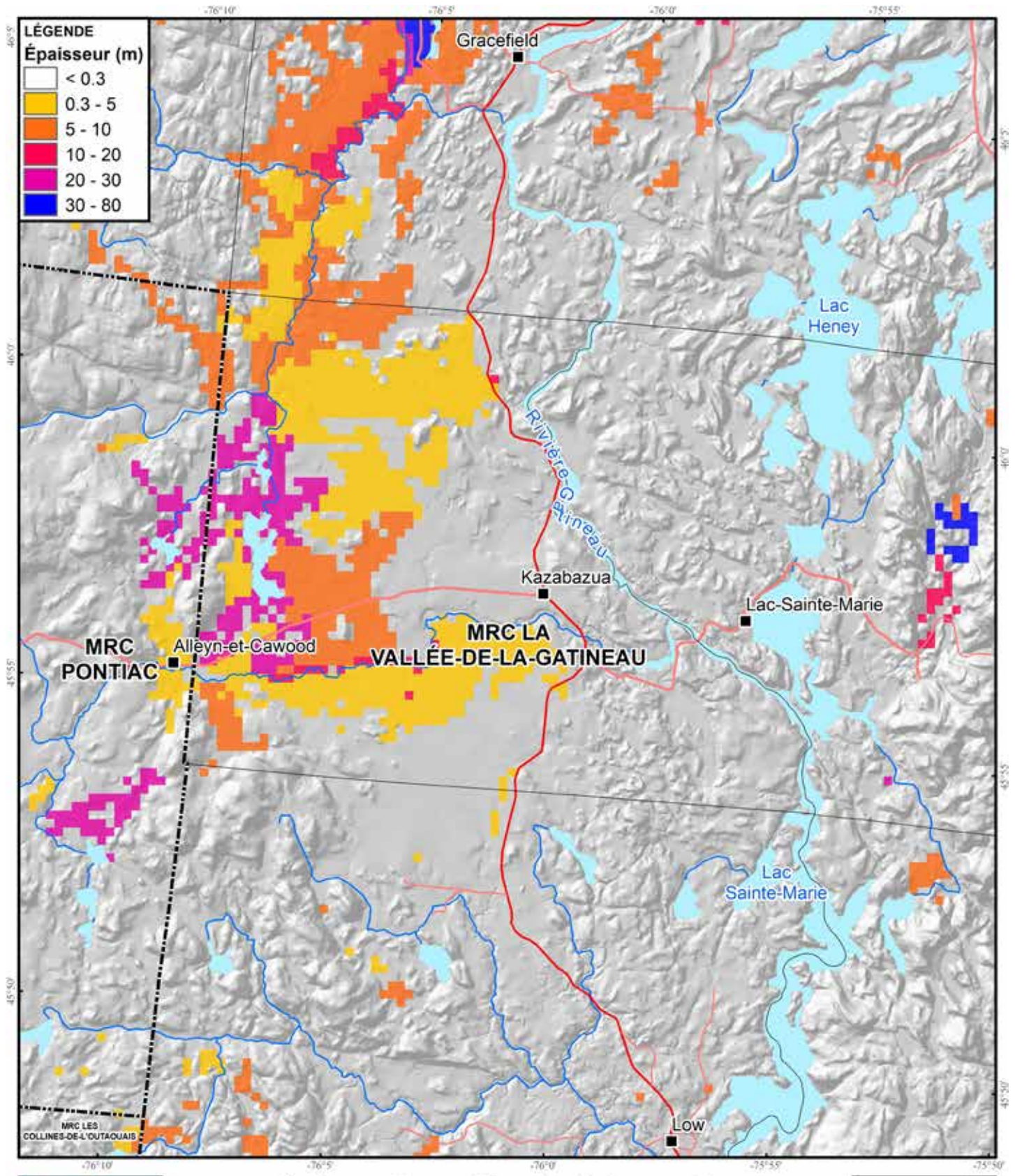
Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

Les principales unités géologiques pouvant constituer des aquifères de dépôts meubles sont les sédiments fluvioglaciaires et les sédiments marins d'origine deltaïque. Les aquifères dans les sédiments marins d'origine deltaïque sont en surface et généralement peu épais. L'épaisseur et la composition de ce type de dépôt varient rapidement et ce type d'aquifère est généralement peu important à l'échelle régionale. De plus, l'hétérogénéité de ces dépôts entraîne une plus grande incertitude sur leur définition dans le modèle hydrostratigraphique 3D. Les aquifères dans les sables et graviers d'origine fluvioglaciaire représentent des volumes plus importants et mieux définis dans le modèle. Ces aquifères sont en lien hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé sous-jacent.

La présence des aquifères de dépôts meubles est fréquente dans les vallées des Hautes-terres, mais leur taille est limitée. À certains endroits, l'aquifère est constitué d'une combinaison de dépôts sableux d'origine deltaïque et de dépôts d'origine fluvioglaciaire. La coupe hydrostratigraphique (voir p. 24) montre des exemples typiques.



- F** Les aquifères de dépôts meubles sont généralement localisés dans les vallées.
Vrai Faux
- F** La municipalité de Lac-Sainte-Marie contient des aquifères de dépôts meubles d'envergure régionale.
Vrai Faux
- F** Le centre villageois de Kazabazua repose sur un aquifère de dépôts meubles de plus de 5 m d'épaisseur.
Vrai Faux
- F** Les aquifères de dépôts meubles ne dépassent jamais 30 m d'épaisseur dans le secteur d'étude.
Vrai Faux
- F** Quels sont les types de dépôts meubles considérés en terme de granulométrie (hydrofaciès) et de mode de déposition (unité géologique) pour la délimitation des aquifères de dépôts meuble?
- M** Pourquoi certaines zones aux épaisseurs importantes de dépôts meubles (voir p. 26) ne présentent pas d'aquifères de dépôts meubles (ex. : le long de la route 105 dans la municipalité de Low)?



**Épaisseur des aquifères de dépôts meubles
OUTAOUAIS
Les Hautes-terres - secteur de la Vallée**



Confinement

Définition

Le confinement d'un aquifère est lié à son recouvrement par un **AQUITARD** soit une couche de matériaux fins (argiles et silts) peu perméables qui isole l'eau souterraine qu'il contient. L'épaisseur de l'aquitard détermine le degré de confinement des aquifères. 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.



AQUITARD page 10,
AQUIFÈRE CONFINÉ,
SEMI CONFINÉ et
NON CONFINÉ page
13

Méthode utilisée

Le confinement des aquifères de roc fracturé a été déterminé, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments fins. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 1 : Argile ou silt argileux et 2 : Silt sableux ou graveleux (voir Coupe hydrostratigraphique – page 24) ont une faible perméabilité et ont donc des propriétés confinantes. Puisque l'hydrofaciès 2 est composé de matériaux plus perméables que l'hydrofaciès 1, une épaisseur plus grande est nécessaire pour confiner l'aquifère sous-jacent. Les critères d'épaisseur suivants ont été considérés :

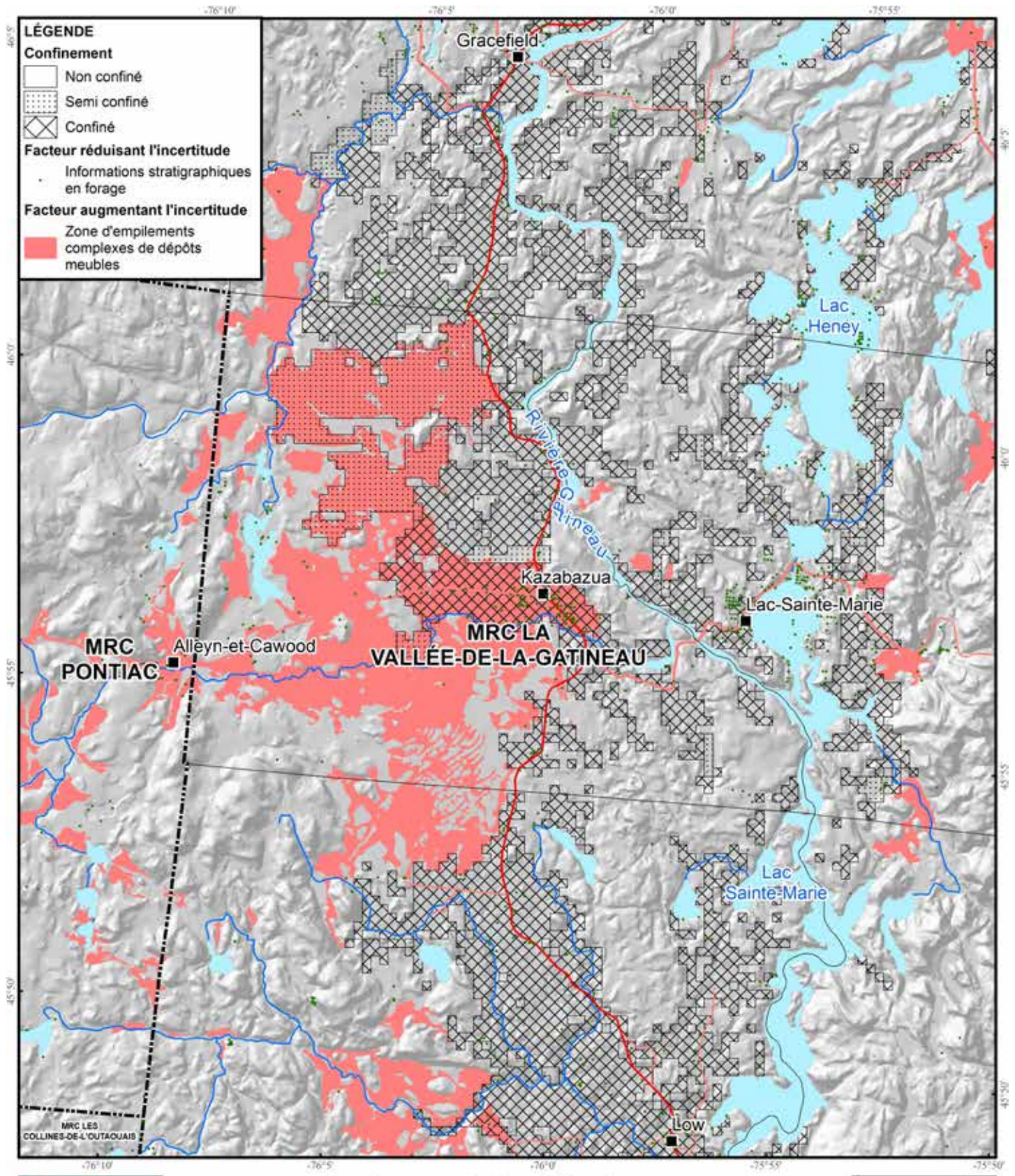
Hydrofaciès: Type de matériaux	Épaisseur		
	Confiné	Semi confiné	Non confiné
1. Argile ou silt argileux	3 m et plus	1 à 3 m	Moins de 1 m
2. Silt sableux ou graveleux	8 m et plus	2.7 à 8 m	Moins de 2.7 m

Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

Dans les Hautes-terres, le long des vallées des grandes rivières où des dépôts marins sont présents, l'aquifère de roc fracturé est confiné ou semi confiné de façon discontinue. À l'extérieur de ces zones, l'aquifère de roc fracturé est non confiné car situé au-dessus de la limite d'invasion marine.



- F** La vallée de la rivière Gatineau est protégée de manière discontinue de la contamination provenant directement de la surface.
Vrai Faux
- M** Le silt sableux ou graveleux est moins confinant que l'argile ou le silt argileux.
Vrai Faux
- M** L'aquifère de roc situé au sommet des collines est généralement confiné.
Vrai Faux
- M** Le modèle hydrostratigraphique 3D est plus fiable à l'ouest qu'à l'est dans la vallée de la rivière Gatineau du secteur d'étude.
Vrai Faux
- F** Pourquoi certaines zones aux épaisseurs importantes de dépôts meubles (voir p. 26) ne présentent pas de conditions de confinement (ex. : autour du centre villageois d'Alleyne-et-Cawood ou à l'ouest du centre villageois de Gracefield)?
- M** Pourquoi une épaisseur de moins de 1 m d'argile ou de silt argileux, ou de moins de 2,7 m de silt sableux ou graveleux, n'est pas considérée comme confinante?



Confinement de l'aquifère de roc et incertitude du modèle hydrogéologique
Les Hautes-terres - secteur de la Vallée



Piézométrie

Définition

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** correspond à l'élévation du niveau d'eau mesuré dans un puits. Si l'aquifère est non confiné, ce niveau correspond également à l'élévation de la **NAPPE** dans l'aquifère. Si l'aquifère est confiné, 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 non confiné et la pression dans un aquifère confiné. La **PIÉZOMÉTRIE** permet de connaître 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.



NAPPE page 10,
PIÉZOMÉTRIE,
NIVEAU
PIÉZOMÉTRIQUE
page 14

Méthode utilisée

La piézométrie combinée des aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée, sur de mailles de 250 m par 250 m, à partir des niveaux d'eau mesurés dans les puits. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des puits à proximité. Dans les Basses-terres, où une bonne densité de puits existe, la piézométrie a été estimée par interpolation, tandis que dans les Hautes-terres, à défaut d'une densité suffisante de puits, une valeur de profondeur de niveau d'eau de 6 m a été attribuée à tout le secteur. Cette valeur correspond à la moyenne et à la médiane de tous les niveaux d'eau du territoire, déterminée à l'aide d'analyses statistiques sur les données disponibles.

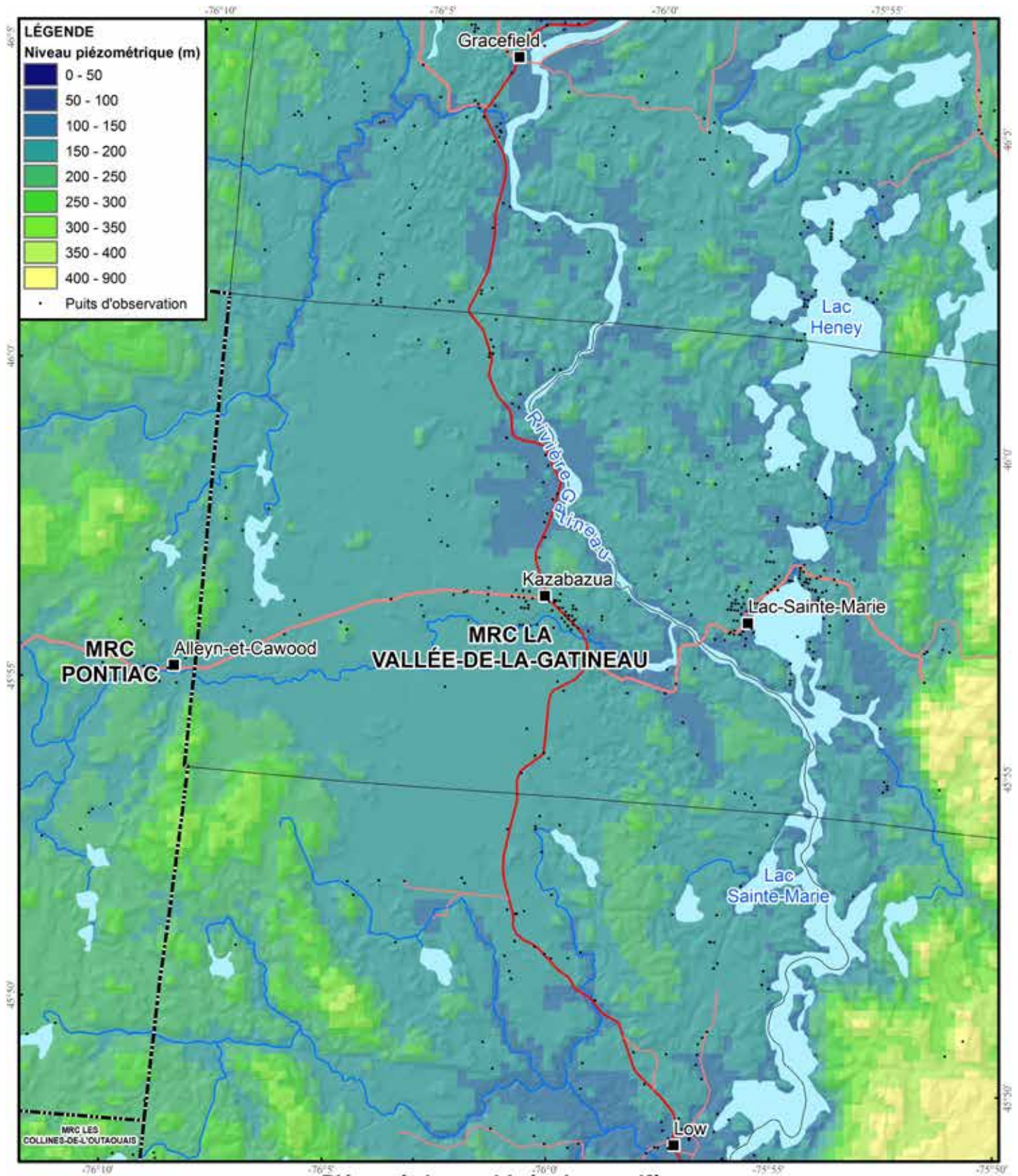
Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

La topographie influence la piézométrie qui s'apparente à une reproduction adoucie de la topographie de surface. Aussi, les changements importants de la piézométrie ont lieu aux endroits où des variations rapides de la topographie sont observées. L'eau souterraine s'écoule des hauts piézométriques vers les bas, où elle fait résurgence dans les cours d'eau.

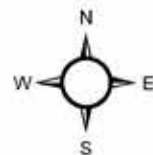
Le niveau piézométrique passe de près de 900 m d'altitude sur les plus hauts sommets des Hautes-terres à moins de 100 m d'altitude en bordure de la rivière des Outaouais, cette dernière constituant la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de la région. L'écoulement régional s'effectue donc globalement du nord vers le sud. Dans les Hautes-terres, la piézométrie varie rapidement, reflétant ainsi la topographie de la surface. On y observe localement des écoulements vers les lacs et les cours d'eau, où l'eau souterraine fait résurgence. À plus petite échelle, des écoulements est-ouest vers les grandes rivières telles que les rivières Gatineau, du Lièvre, Petite-Nation, Coulonge et Noire sont observables.



- F** L'écoulement régional de l'eau souterraine du secteur d'étude s'effectue depuis les hauts topographiques à l'est et à l'ouest de la carte, vers la vallée de la Gatineau au centre.
Vrai Faux
- F** La municipalité de Kazabazua reçoit une bonne part de son eau souterraine depuis la municipalité de Lac-Sainte-Marie.
Vrai Faux
- M** Les changements importants de la piézométrie ont lieu aux endroits où des variations rapides de la topographie sont observées.
Vrai Faux
- M** On peut s'attendre à un écoulement plus rapide de l'eau souterraine sur les flancs des collines, où l'on retrouve des pentes abruptes de la surface piézométrique.
Vrai Faux
- F** Comment peut-on obtenir la profondeur de la nappe depuis le niveau piézométrique?
- M** Pour une municipalité s'approvisionnant en eau souterraine, pourquoi est-ce important de déterminer le sens d'écoulement de l'eau souterraine?



**Piézométrie combinée des aquifères
de roc fracturé et de dépôts meubles
OUTAOUAIS
Les Hautes-terres - secteur de la Vallée**



Recharge

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
page 14

Méthode utilisée

La recharge annuelle a été estimée avec le modèle HELP, sur des mailles de 250 m par 250 m, en intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et sur les propriétés des sols, des dépôts et du roc. Le modèle HELP calcule aussi les autres paramètres du bilan hydrologique, soient l'évapotranspiration le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique (non présentés ici). La recharge a été estimée pour le premier aquifère rencontré depuis la surface, soit le plus souvent l'aquifère de roc fracturé, à moins qu'un aquifère régional de dépôts meubles n'ait été identifié (voir Épaisseur des aquifères de dépôts meubles – page 28).

Interprétation pour le secteur des Hautes-terres

Dans les Hautes-terres, les taux de recharge se distinguent selon les contextes de vallées ou de collines. Dans les vallées, des taux de recharge similaires à ceux des Basses-terres sont observables, soient inférieurs à 100 mm/an. Sur les collines, où l'aquifère de roc est recouvert par des dépôts de tills généralement sablonneux, la recharge est de l'ordre de 300 à 400 mm/an, correspondant à environ 30 à 40 % des précipitations annuelles moyennes de la région. Quant à eux, les aquifères de dépôts meubles d'origine fluvioglaciaires se renouvellent à des taux légèrement supérieurs (350 à 450 mm/an), car leur perméabilité est plus grande et qu'aucun couvert argileux ne limite l'infiltration des précipitations dans les sols.



F La recharge est généralement faible dans la vallée et élevée sur les hauts topographiques.

Vrai Faux

F La recharge ne dépasse jamais 400 mm/an sur le secteur d'étude.

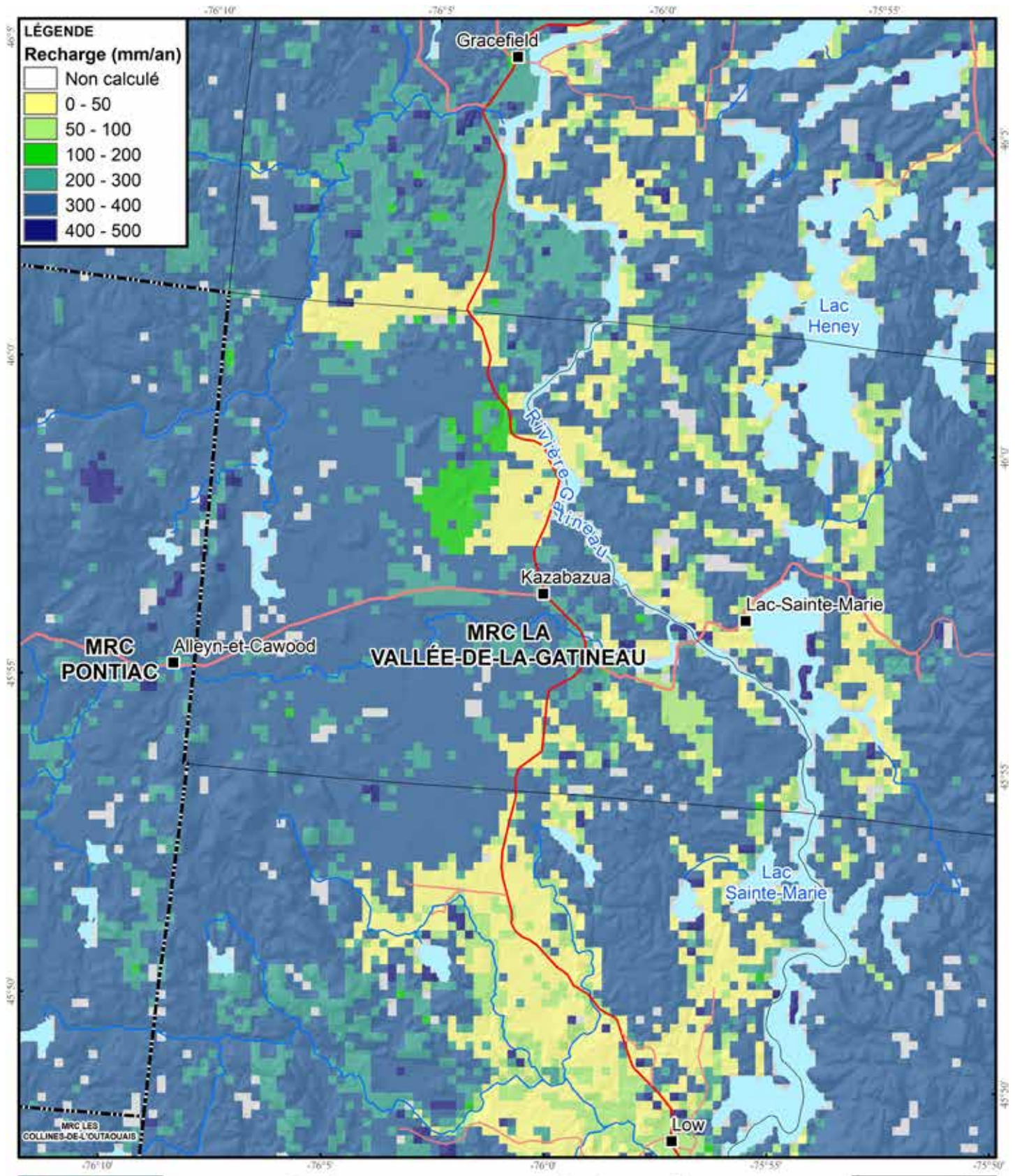
Vrai Faux

F La recharge autour du centre villageois de Kazabazua oscille entre 200 et 400 mm/an.

Vrai Faux

F Les dépôts de sables et graviers fluvioglaciaires sont responsables de la faible recharge dans les vallées.

M De nombreux facteurs influencent la recharge, dont le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés des sols, des dépôts et du roc. Outre les précipitations, quel est le facteur ayant généralement le plus d'influence?



Recharge moyenne annuelle des aquifères
OUTAOUAIS
Les Hautes-terres - secteur de la Vallée



Vulnérabilité

Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol, mais fait abstraction du type de contaminant et de ses propriétés. Pour l'aménagement du territoire, la cartographie de la vulnérabilité à l'échelle régionale permet de cibler les secteurs à protéger des activités anthropiques qui sont susceptibles de contaminer l'eau souterraine à partir de la surface du sol.



**VULNÉRABILITÉ,
DRASTIC** page 15

Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m par 250 m, par 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 niveaux de vulnérabilité ont été définis 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 Hautes-terres

Dans les Hautes-terres, la vulnérabilité des aquifères est très variable et se distingue selon les contextes de vallées ou de collines. Dans les grandes vallées telles que celles des rivières Gatineau, de la Petite-Nation ou du Lièvre, les aquifères montrent généralement un faible indice de vulnérabilité (inférieur à 100), car ils sont confinés par des dépôts silto-argileux. À l'opposé, certaines dépressions topographiques, comblées par des dépôts fluvioglaciers affichent des indices de vulnérabilité plus élevés (supérieurs à 140). Sur les collines où l'aquifère de roc est recouvert par de minces dépôts de till généralement sablonneux, la vulnérabilité est moyenne (indices de 100 à 140). Ce dernier contexte de till recouvrant des aquifères de roc est prédominant dans la région de l'Outaouais.



F La vulnérabilité varie peu sur le territoire d'étude.

Vrai Faux

F Le niveau de vulnérabilité « moyenne » est prédominant dans les Hautes-terres.

Vrai Faux

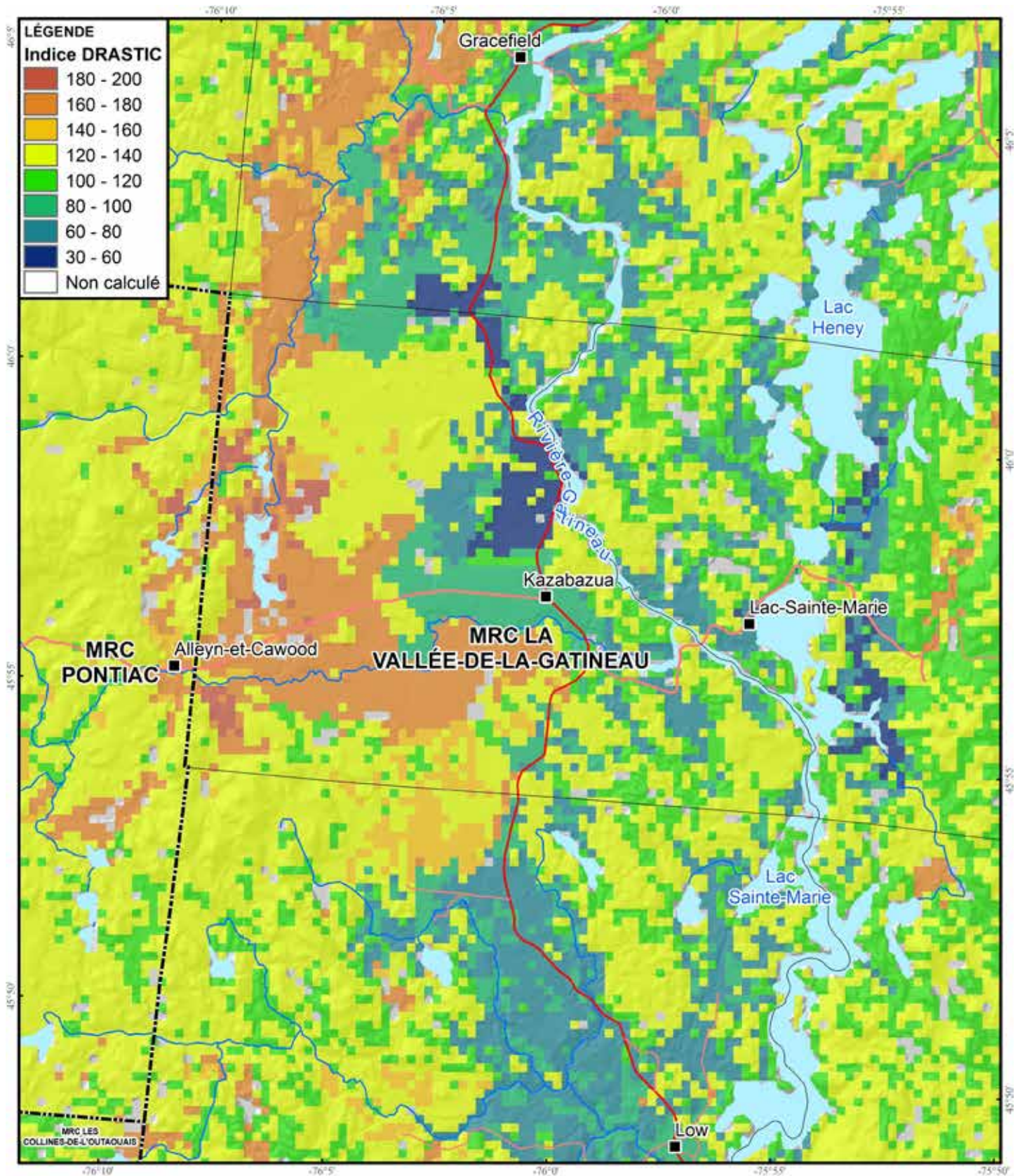
F Le niveau de vulnérabilité « élevée » est rare sur le secteur d'étude.

Vrai Faux

M Les aquifères identifiés sur la carte d'Épaisseur de l'aquifère des aquifères de dépôts meubles (voir p. 28) sont de manière générale les plus vulnérables.

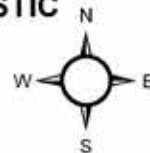
Vrai Faux

M Pourquoi les aquifères situés sur les hauts topographiques sont-ils moyennement vulnérables malgré l'absence de couverture argileuse?



Vulnérabilité des aquifères selon l'indice DRASTIC
 OUTAOUAIS

Les Hautes-terres - secteur de la Vallée



Définition

La qualité de l'eau s'évalue en comparant les constituants physicochimiques de l'eau aux normes et recommandations existantes. Les **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES** (CMA) sont des normes visant à éviter des risques pour la santé humaine. Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES** (OE) sont des recommandations concernant les caractéristiques esthétiques de l'eau (couleur, odeur, goût et autres désagréments), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus sur la santé humaine.



**CONCENTRATIONS
MAXIMALES
ACCEPTABLES
et OBJECTIFS
ESTHÉTIQUES** page
16

Méthode utilisée et interprétation pour l'ensemble du territoire

Dans le cadre du PACES, 139 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés pour l'ensemble de l'Outaouais, dont 71 % proviennent de puits forés dans le roc et 29 % de puits crépinés dans les dépôts meubles. Les dépassements de CMA et d'OE suivants ont été relevés :

Paramètre	CMA ou OE	Dépassements		Norme ou recommandation fondée sur (non exhaustif) :
		Nb	%	
Bore (B)	CMA = 5 mg/l	1	0,7 %	Effets sur la reproduction (atrophie testiculaire et spermatogenèse)
Fluorures (F)	CMA = 1,5 mg/l	10	7,2 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrite - Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	CMA = 10 mg N/l	1	0,7 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu); probablement cancérigène
Uranium (U)	CMA = 0,02 mg/l	7	5 %	Effets sur les reins (différentes lésions)
Aluminium (Al)	OE ≤ 0,1 mg/l	3	2,2 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	OE ≤ 250 mg/l	13	9,4 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale (CaCO ₃)	OE ≤ 500 mg/l	4	3,2 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	OE ≤ 0,3 mg/l	18	12,9 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	OE ≤ 0,05 mg/l	28	20,1 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	OE ≤ 500 mg/l	30	23,6 %	Goût et entartrage
Sodium (Na)	OE ≤ 200 mg/l	15	10,8 %	Goût
pH	6,5 ≤ OE ≤ 8,5	39	28,3 %	Influence sur l'efficacité du traitement
Sulfates (SO ₄)	OE ≤ 500 mg/l	1	0,7 %	Goût
Sulfures (S)	OE ≤ 0,05 mg/l	6	4,3 %	Goût et odeur

De l'eau souterraine faiblement minéralisée et récemment infiltrée domine en Outaouais (65 % des échantillons), particulièrement dans les Hautes-terres, et se retrouve dans une proportion plus importante parmi les puits dans les dépôts meubles et dans les aquifères non confinés. De l'eau ayant une forte minéralisation, donc plus évoluée, est également retrouvée dans un grand nombre de puits (22 % des échantillons) et caractérise les aquifères confinés typiques des Basses-terres. Les autres types d'eau sont intermédiaires (13 % des échantillons) et sont souvent situés à des profondeurs supérieures à 70 m.

Les dépassements en fluorures et en uranium sont principalement observés dans des puits d'aquifères fracturés, assez profonds. Des gisements de fluorite et d'uranium sont exploités ou présents dans la région et suggèrent que les dépassements sont expliqués par la nature des roches.

Les faibles taux de dépassements en bore et nitrates-nitrites ne mettent pas en évidence une contamination à l'échelle régionale et peuvent, tout au plus, indiquer une contamination ponctuelle dans le temps et l'espace.

Un dépassement en fer est généralement accompagné par un dépassement en manganèse (pour 89 % des cas). Dans la région, le sous-sol est riche en fer comme en témoigne la présence de quelques gîtes minéraux en fer ainsi que de minéraux riches en fer tels que l'ocre. Il en est probablement de même pour le manganèse. Les dépassements sont répartis sur l'ensemble de la région et proviennent de tout type d'aquifère. Le fer et le manganèse auraient donc une origine naturelle.

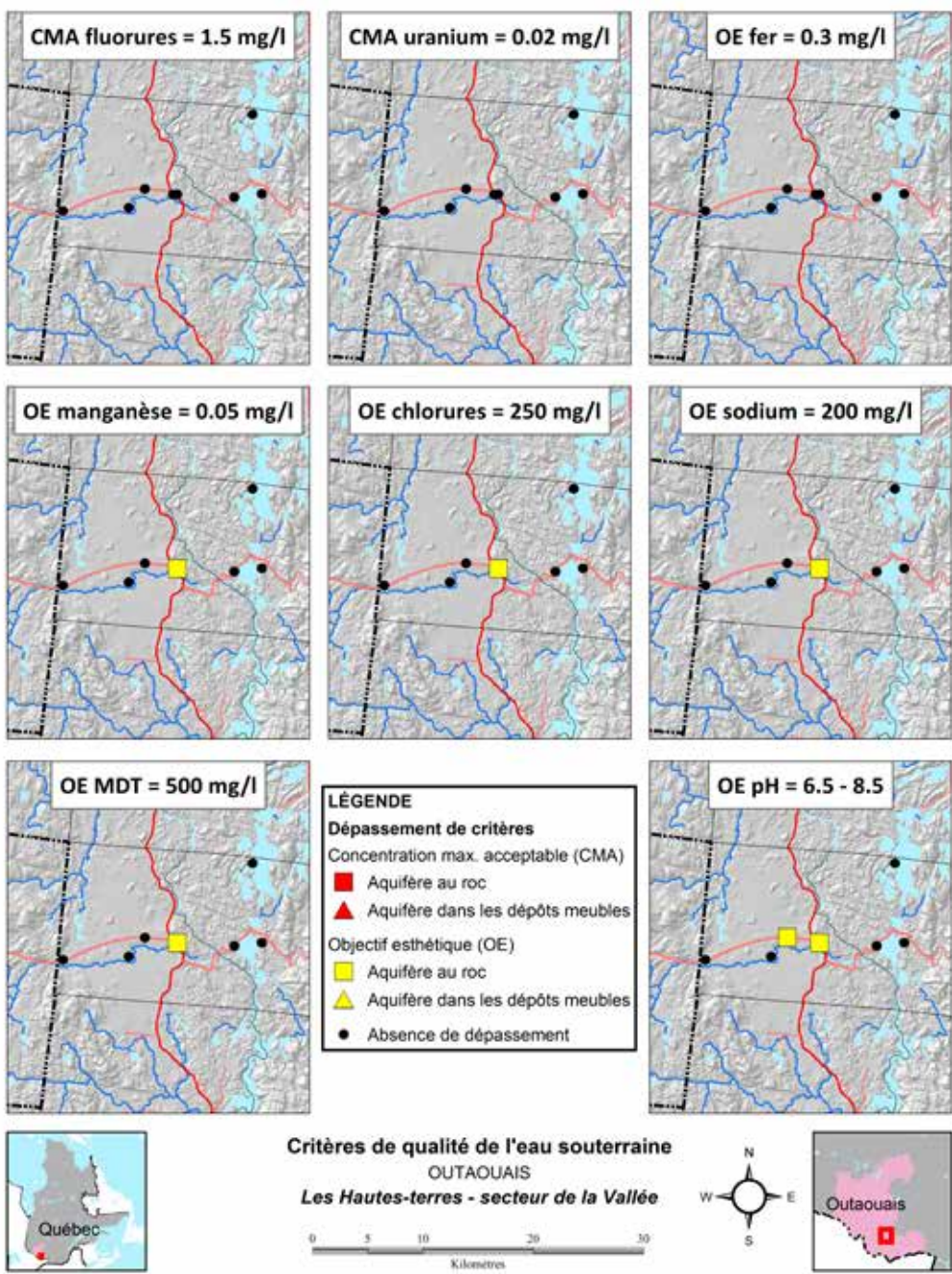
Les distributions des dépassements en chlorures, sodium et matière dissoute totale sont assez semblables : ils sont localisés principalement dans les puits aménagés dans le roc des Basses-terres. Ils proviennent des types d'eau intermédiaire et évoluée, car ils sont liés au vieillissement de l'eau (milieu confiné) et à la dissolution des carbonates et silicates. Les vestiges de l'eau salée de la mer de Champlain peuvent aussi être à l'origine des dépassements pour les trois paramètres. La dissolution de calcaire peut aussi entraîner des dépassements de matière dissoute totale accompagnés de valeurs élevées de la dureté de l'eau.

Les dépassements en pH concernent principalement les pH basiques (85 %) et sont répartis sur l'ensemble du territoire, mais majoritairement dans les aquifères confinés des Basses-terres.



- F** La qualité régionale de l'eau souterraine dans le secteur de la Vallée semble peu problématique.
Vrai Faux
- F** Les activités humaines sont responsables des dépassements en fer en manganèse en Outaouais.
Vrai Faux
- M** L'eau souterraine en Outaouais présente rarement une odeur d'œufs pourris.
Vrai Faux
- M** Les dépassements en fer en manganèse en Outaouais proviennent souvent des mêmes puits.
Vrai Faux

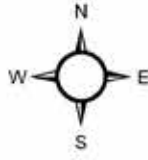
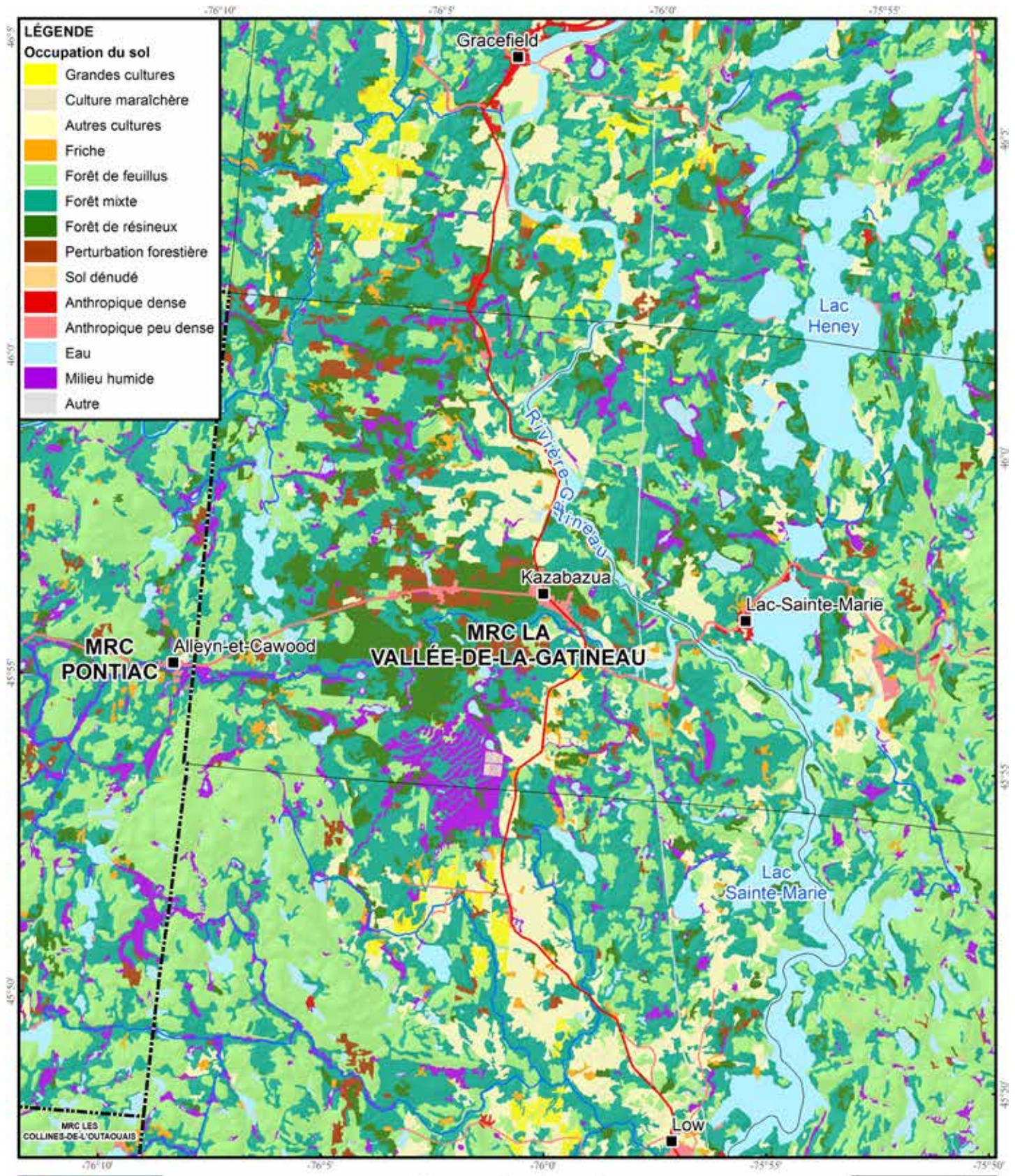
- M** Le faible nombre de dépassements de critères de qualité de l'eau du secteur de la Vallée indique que l'eau y est fortement évoluée et minéralisée, typique d'une eau récemment infiltrée.
Vrai Faux
- M** Quels sont les effets sur la santé et les désagréments esthétiques liés à l'eau du puits situé à la croisée des routes 105 et 301, au centre du secteur de la Vallée?
- D** Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits échantillonné dans le cadre du PACES, est-ce que l'eau peut être consommée sans traitement (expliquez votre raisonnement)?

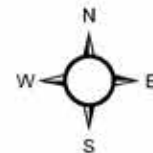
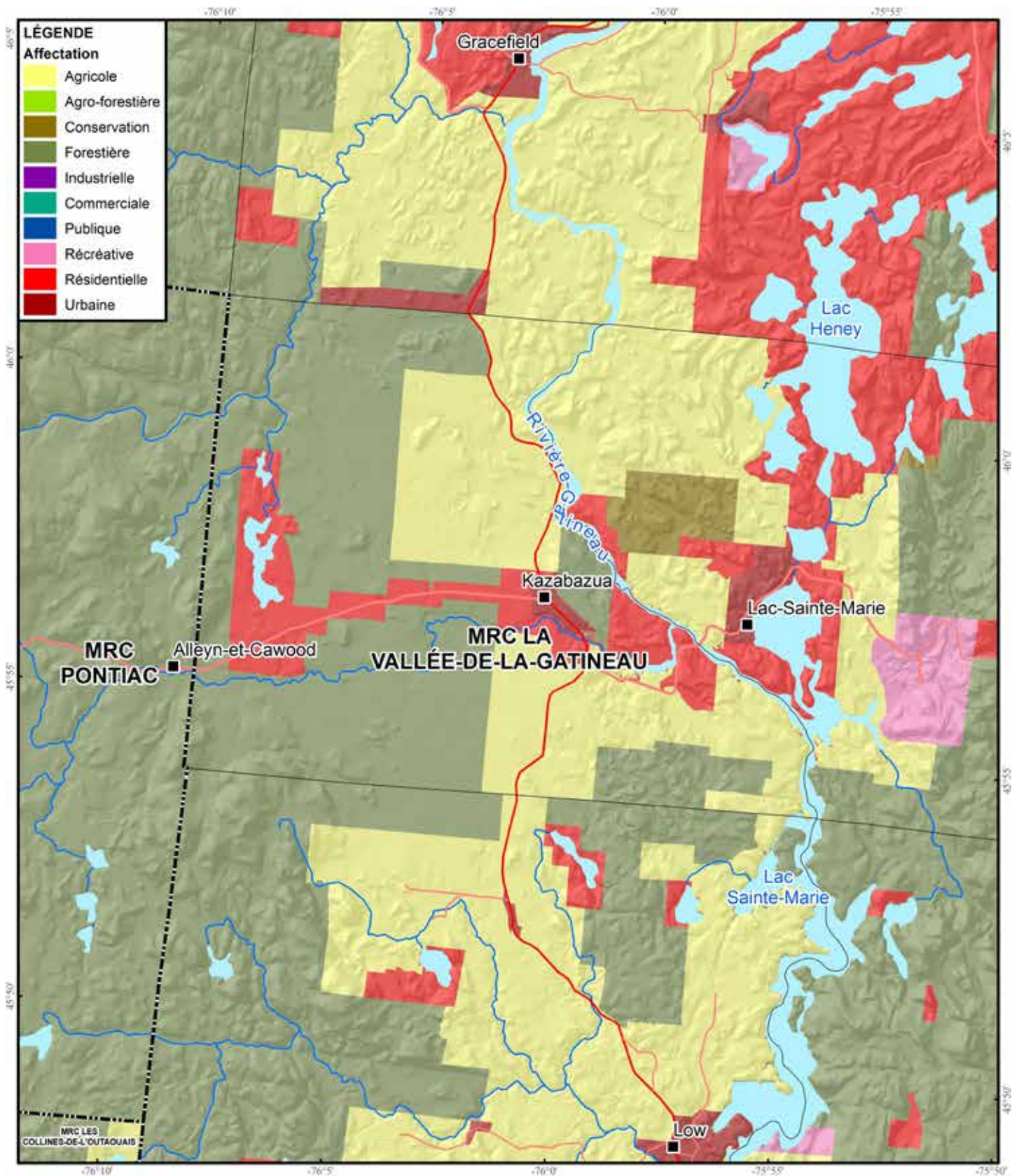


Exercice de synthèse 1 : Si demain une municipalité du secteur des Hautes-terres devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?

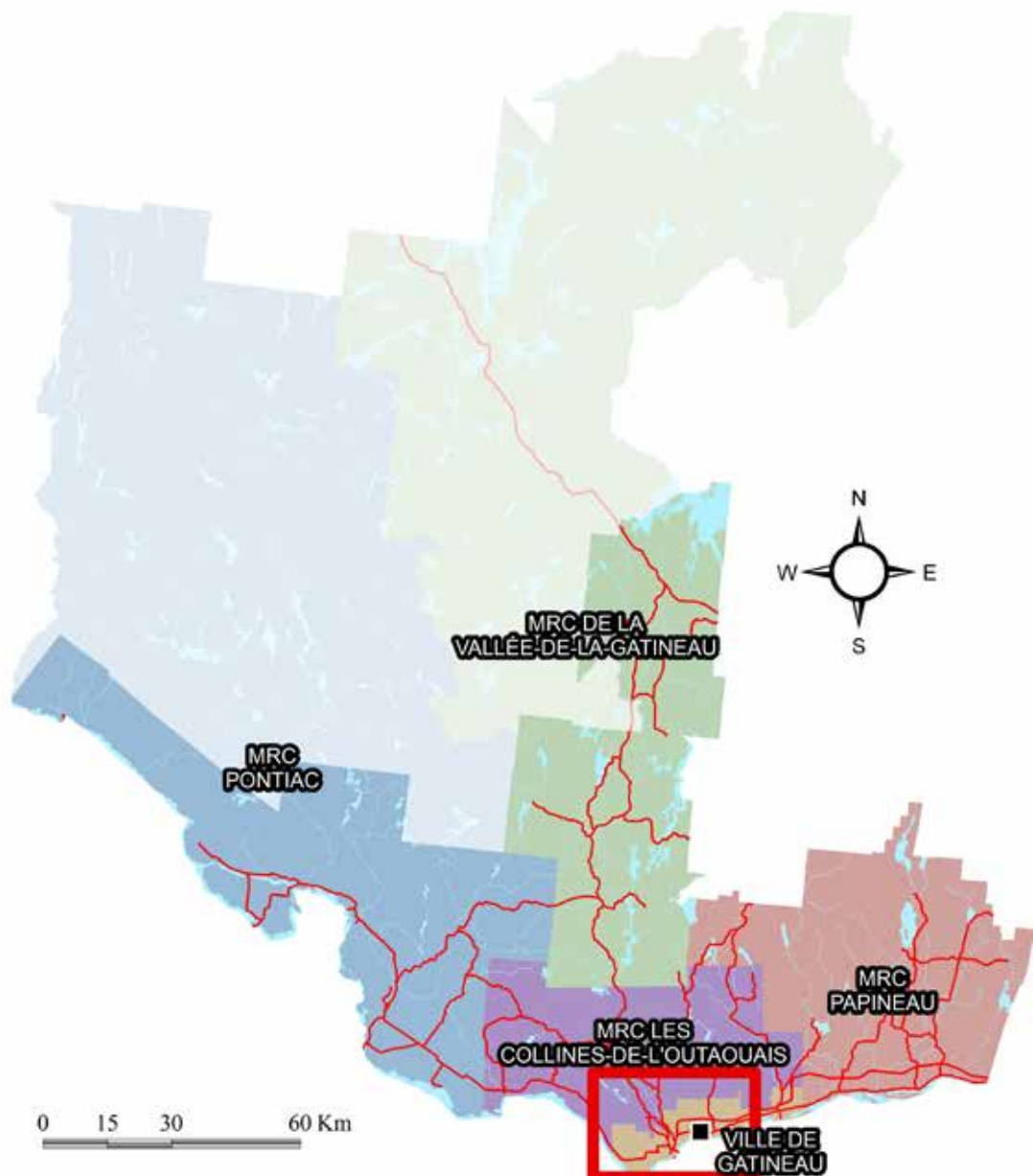
Exercice de synthèse 2 : Dans le secteur des Hautes-terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exercice de synthèse 3 : Dans le secteur des Hautes-terres, 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 – *secteur Gatineau*



Coupe hydrostratigraphique

Définition

Une coupe hydrostratigraphique est une représentation verticale de la distribution spatiale des unités géologiques et des hydrofaciès retrouvés en profondeur, afin d'en apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur. Les unités géologiques sont des dépôts meubles ou des roches définies sur la base de l'environnement de déposition. Un hydrofaciès correspond à des unités géologiques aux propriétés hydrauliques similaires, et ce sans égard à son mode de déposition, ce qui permet de distinguer les hydrofaciès desquels l'eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des hydrofaciès qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).

Méthode utilisée

Les coupes sont dessinées principalement à partir du type de dépôts meubles cartographiés en surface sur la carte de la Géologie du Quaternaire (non présentée ici) et des données de forages qui donnent des informations sur les matériaux géologiques rencontrés en profondeur. Une interprétation a été faite sur les regroupements de matériaux géologiques ayant des propriétés hydrogéologiques similaires (hydrofaciès) ainsi que sur la continuité latérale des unités d'un forage à l'autre.

Description de la coupe

Au sud-ouest de la coupe C-C' de 14 km, dans le secteur d'Aylmer, une mince couche de till recouvre le roc de la Plate-forme du Saint-Laurent. À l'approche de l'escarpement d'Eardley, à la limite entre les deux provinces géologiques, une couche de dépôts fluvioglaciers de sable et gravier est enfouie sous les argiles marines et recouvre une mince couche de till. Sur la colline du Parc de la Gatineau, le roc de la Province de Grenville est affleurant ou recouvert d'une mince couche de till. L'épaisseur des dépôts atteint 60 m au nord-est de la coupe, dans le secteur de Chelsea. Une épaisse couche d'argile est présente et de petits amas de dépôts fluvioglaciers se retrouvent par endroit. Des alluvions recouvrant l'argile sont présentes près de la rivière Gatineau.

Le nord de la coupe D-D' de 8 km se trouve sur la même colline rocheuse du Parc de la Gatineau recouverte d'une mince couche de till. Au pied de la colline, à la limite des deux provinces géologiques, la plaine argileuse recouvre le roc de la Plate-forme du Saint-Laurent. Des amas de dépôts fluvioglaciers de sable et gravier se retrouvent enfouis par endroit. Un placage de dépôts marins d'eau peu profonde sableux est présent près de la base de la colline. Vers le sud de la coupe, des alluvions recouvrent l'argile par endroit et du till se retrouve en profondeur sur le roc. Le till est affleurant près de la rivière des Outaouais.

Sur ces coupes, l'aquifère de roc fracturé est confiné lorsqu'une couche d'argile est présente et non confiné en son absence. L'eau souterraine s'écoule de la colline du Parc de la Gatineau vers les rivières des Outaouais et de la Gatineau. Les aquifères de dépôts meubles formés par les dépôts fluvioglaciers sont en lien hydraulique avec l'aquifère de roc.



F L'aquifère de roc fracturé de la Plate-forme du Saint-Laurent est partout confiné par les argiles marines.

Vrai Faux

F On retrouve par endroit des amas de dépôts fluvioglaciers de sable et gravier enfouis sous les sédiments fins.

Vrai Faux

F On retrouve près des rivières Gatineau et des Outaouais de minces couches d'alluvions qui peuvent constituer des aquifères superficiels de sable.

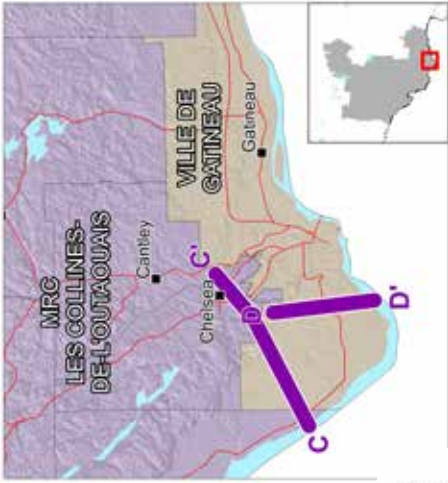
Vrai Faux

D Les aquifères de dépôts meubles sont toujours en lien hydraulique avec ceux du roc fracturé.

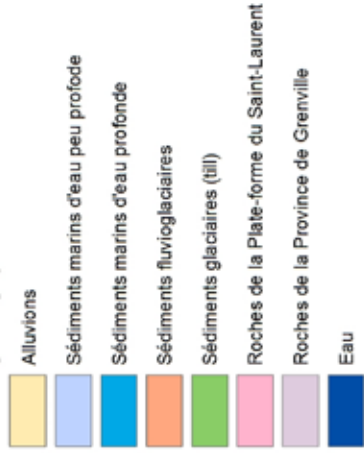
Vrai Faux

F Sur ces coupes, l'eau souterraine s'écoule d'où et vers quoi?

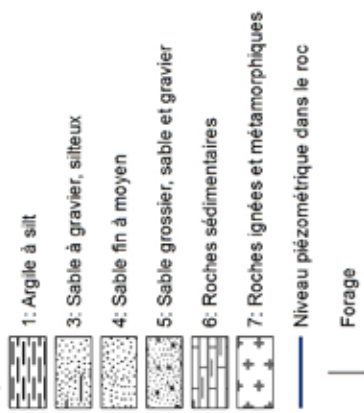
D Comment se fait-il que la couche de sédiments marins d'eau profonde ne soit pas présente en bordure de la rivière des Outaouais sur les deux coupes?



Unités géologiques

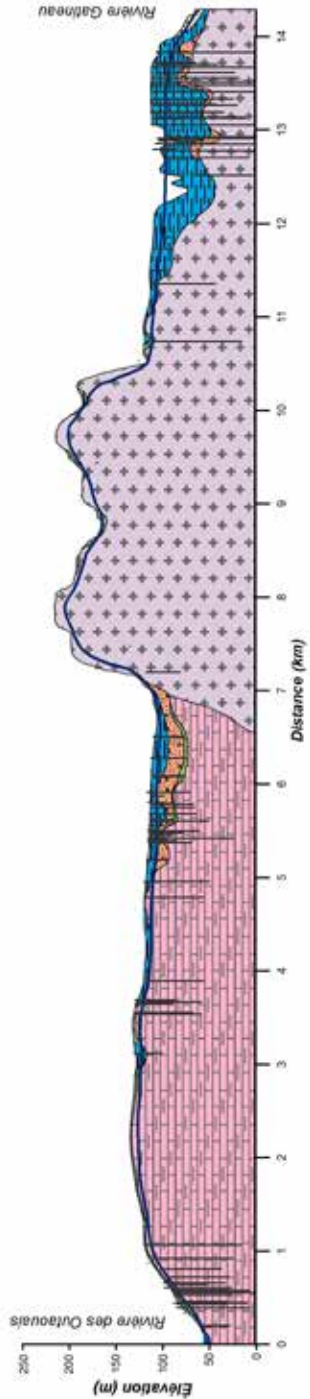


Hydrofaciès



Nord-Est
C'

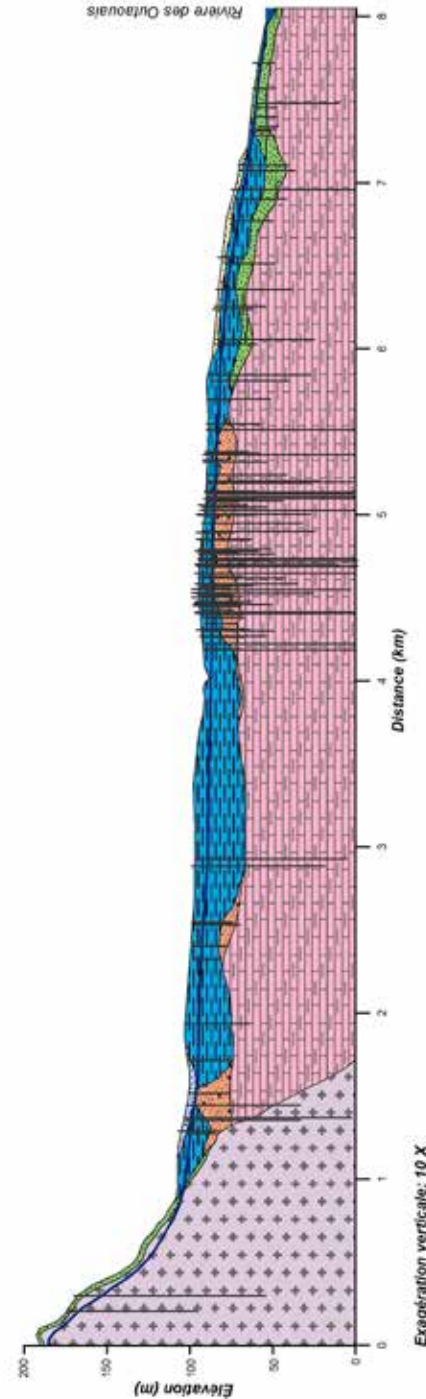
Sud-Ouest
C



Exagération verticale: 10 X

Sud
D'

Nord
D



Exagération verticale: 10 X

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** intéressa. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt), peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**.

AQUIFÈRE,
AQUITARD page 10,
DÉPÔTS MEUBLES
page 11



Méthode utilisée

Les informations sur l'épaisseur et le type de dépôts meubles proviennent principalement des données de forage, des levés géophysiques et des affleurements rocheux. Trois techniques d'estimation ont été utilisées :

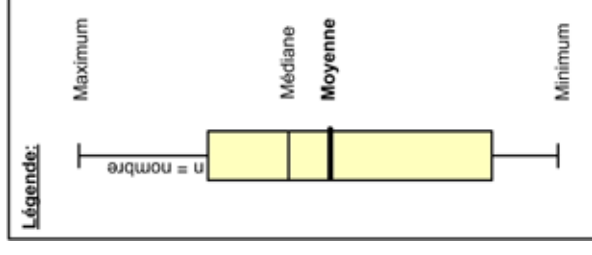
- l'interpolation lorsqu'une densité et répartition spatiale raisonnable de mesures permettrait d'appliquer cette technique,
- l'attribution de l'épaisseur de dépôts mesurée en forage à la cellule de 250 m par 250 m sur laquelle il se trouve lorsqu'aucune mesure à proximité ne permet l'interpolation, et
- la présentation des statistiques d'épaisseur des dépôts meubles pour chaque unité géologique simplifiée, lorsqu'aucun forage ne se trouve dans le secteur.

Dans les Basses-terres, où une bonne densité et répartition spatiale de forages existe, l'interpolation a permis de couvrir tout le secteur. Par opposition, la densité de forages dans les Hautes-terres est très variable et la technique d'interpolation ne permet d'estimer qu'environ 10 % de ce territoire. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des données de forages à proximité.

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

De manière générale, les dépôts meubles ont comblé les dépressions du roc. Les sédiments déposés ont aplani le relief de la vallée de la rivière des Outaouais, où la topographie du roc est plus variable que celle de la surface.

Localement, les dépôts meubles des Basses-terres atteignent des épaisseurs très importantes, parfois de plus de 100 m, aux embouchures des vallées des grandes rivières provenant du nord. Ceux-ci sont entrecoupés de secteurs de faible épaisseur, même d'affleurements rocheux.



F Le secteur le plus densément habité de Cantley repose sur d'importantes épaisseurs de dépôts meubles.

Vrai Faux

F À proximité de l'embouchure de la rivière Gatineau, la vallée de la rivière est caractérisée par de grandes épaisseurs de sédiments.

Vrai Faux

M Aux endroits identifiés par le substrat rocheux affleurant en surface, la moyenne d'épaisseur de dépôts meubles est nulle.

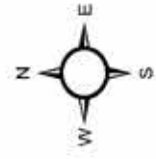
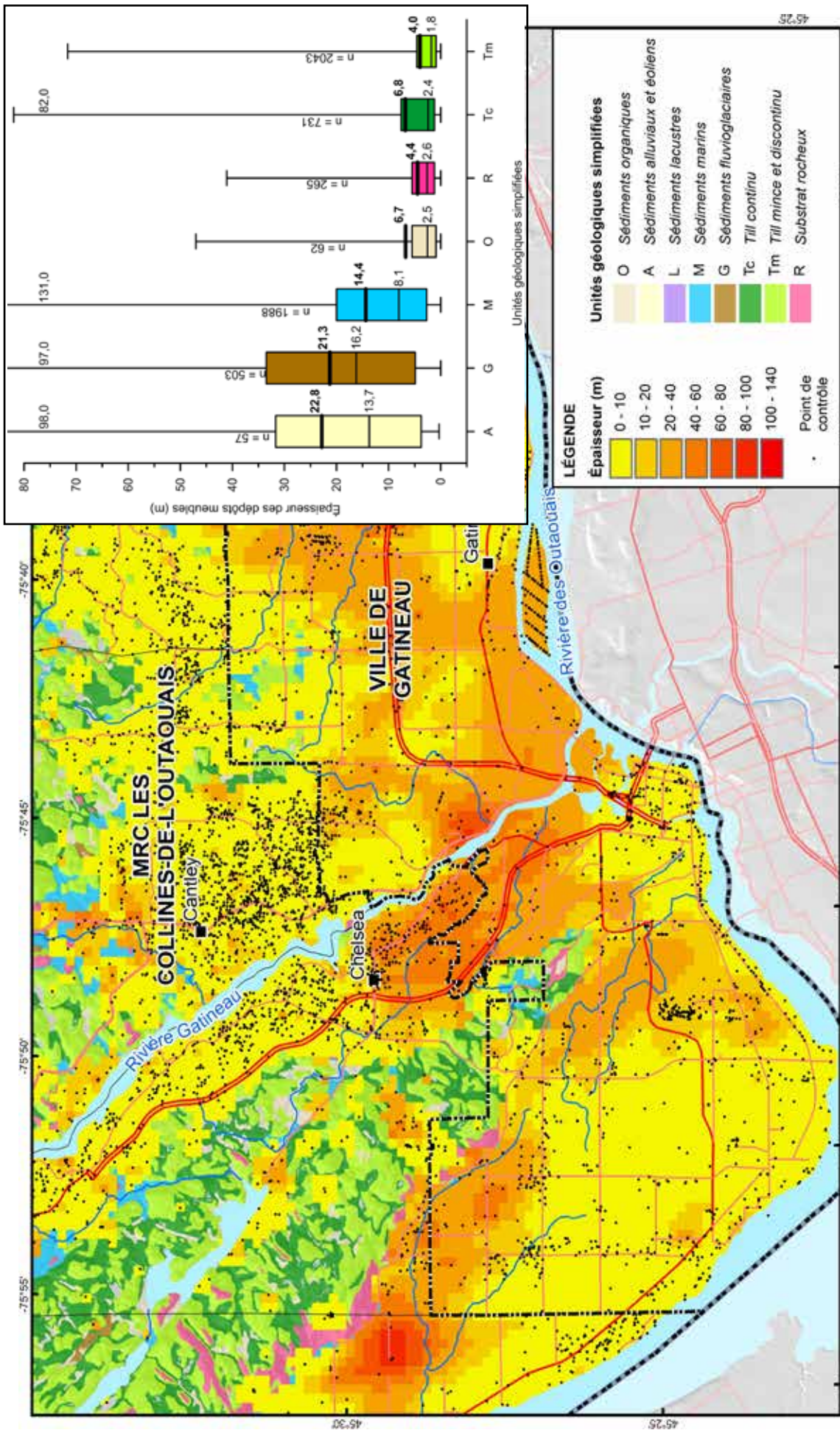
Vrai Faux

M L'estimation de l'épaisseur des dépôts est très fiable dans le secteur ouest de la ville de Gatineau (entre l'A50 et la rivière des Outaouais).

Vrai Faux

F Quelle est l'épaisseur des dépôts meubles maximale que l'on retrouve sur la carte et où ce secteur se situe-t-il?

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 des aquifères de dépôts meubles

Définition

Un **AQUIFÈRE** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre d'extraire son eau par pompage. Un **AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES** est constitué de sédiments grossiers (sable et gravier) et relativement homogène. Plus les pores de ce type de sédiments sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.



AQUIFÈRE,
POROSITÉ page 10,
AQUIFÈRE DE
DÉPÔTS MEUBLES
page 11

Méthode utilisée

La délimitation des aquifères de dépôts meubles d'intérêt régional a été faite, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments grossiers. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 4 : Sable fin à moyen et 5 : Sable grossier, sable et gravier (voir Coupe hydrostratigraphique – page 46) ont une perméabilité élevée et constituent des aquifères. L'épaisseur des aquifères a été calculée en additionnant les épaisseurs de ces couches qui sont saturées en eau, c.-à.-d. sous le niveau piézométrique.

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

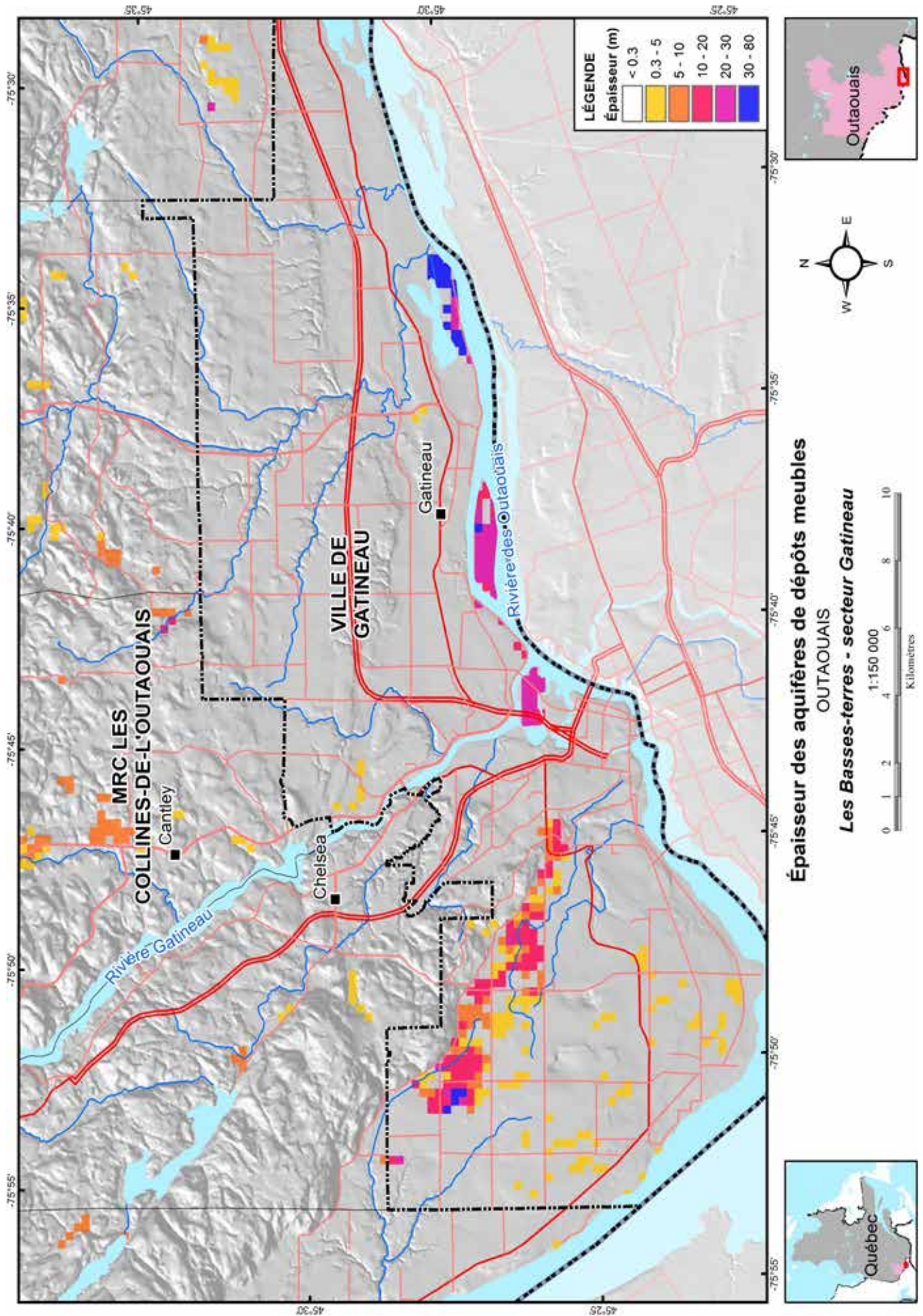
Les principales unités géologiques pouvant constituer des aquifères de dépôts meubles sont les sédiments fluvioglaciers et les sédiments marins d'origine deltaïque. Les aquifères dans les sédiments marins d'origine deltaïque sont en surface et généralement peu épais. L'épaisseur et la composition de ce type de dépôt varient rapidement et ce type d'aquifère est généralement peu important à l'échelle régionale. De plus, l'hétérogénéité de ces dépôts entraîne une plus grande incertitude sur leur définition dans le modèle hydrostratigraphique 3D. Les aquifères dans les sables et graviers d'origine fluvioglacière représentent des volumes plus importants et mieux définis dans le modèle. Ces aquifères sont en lien hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé sous-jacent et leur degré de confinement est le même.

Les aquifères de dépôts meubles importants se retrouvent souvent à la limite des provinces géologiques de la Plate-forme du Saint-Laurent et de la Province de Grenville, comme dans le secteur de Lochaber-Ouest et de Gatineau (voir page 46). Dans la MRC Pontiac, ces aquifères sont de grande étendue et de grande épaisseur (atteignant plus de 50 m) principalement dans les municipalités de Clarendon et de Mansfield-et-Pontefract.



- F** Des aquifères de dépôts meubles relativement épais se situent au pied de l'escarpement d'Eardley.
Vrai Faux
- F** La municipalité de Chelsea est bien fournie en aquifères de dépôts meubles.
Vrai Faux
- M** La présence de sédiments marins d'eau peu profonde est la raison principale de la faible présence d'aquifères de dépôts meubles dans ce secteur.
Vrai Faux

- M** À quoi correspondent les zones où il n'y a pas de milieu aquifère de dépôts d'identifié?
- D** Pourquoi les sédiments grossiers situés dans les premiers mètres directement sous la surface du sol ne sont souvent pas pris en compte dans le calcul de l'épaisseur des aquifères de dépôts meubles?
- D** Pourquoi la présence d'un aquifère interprété sur la carte n'assure-t-elle pas nécessairement la présence d'un aquifère ayant un bon potentiel d'exploitation?



Confinement

Définition

Le confinement d'un aquifère est lié à son recouvrement par un **AQUITARD** soit une couche de matériaux fins (argiles et silts) peu perméables qui isole l'eau souterraine qu'il contient. L'épaisseur de l'aquitard détermine le degré de confinement des aquifères. 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.

Méthode utilisée

Le confinement des aquifères de roc fracturé a été déterminé, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments fins. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 1 : Argile ou silt argileux et 2 : Silt sableux ou graveleux (voir Coupe hydrostratigraphique – page 46) ont une faible perméabilité et ont donc des propriétés confinantes. Puisque l'hydrofaciès 2 est composé de matériaux plus perméables que l'hydrofaciès 1, une épaisseur plus grande est nécessaire pour confiner l'aquifère sous-jacent. Les critères d'épaisseur suivants ont été considérés :

Hydrofaciès: Type de matériaux	Épaisseur	
	Confiné	Semi confiné / Non confiné
1. Argile ou silt argileux	3 m et plus	1 à 3 m / Moins de 1 m
2. Silt sableux ou graveleux	8 m et plus	2.7 à 8 m / Moins de 2.7 m

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

Dans les Basses-terres, l'aquifère de roc fracturé est majoritairement confiné lorsqu'une couche d'argile d'origine marine est présente. Toutefois, dans la MRC Pontiac, l'aquifère de roc fracturé est non confiné sur de nombreux secteurs. L'aquifère de la partie ouest de la Ville de Gatineau (secteur d'Aylmer) est aussi non confiné.

AQUITARD page 10, **AQUIFÈRE CONFINÉ, SEMI CONFINÉ et NON CONFINÉ** page 13



F L'incertitude du modèle hydrostratigraphique 3D est faible dans le secteur le plus densément habité de Cantley.

Vrai Faux

F Le centre-ville de Hull repose sur une nappe libre.

Vrai Faux

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

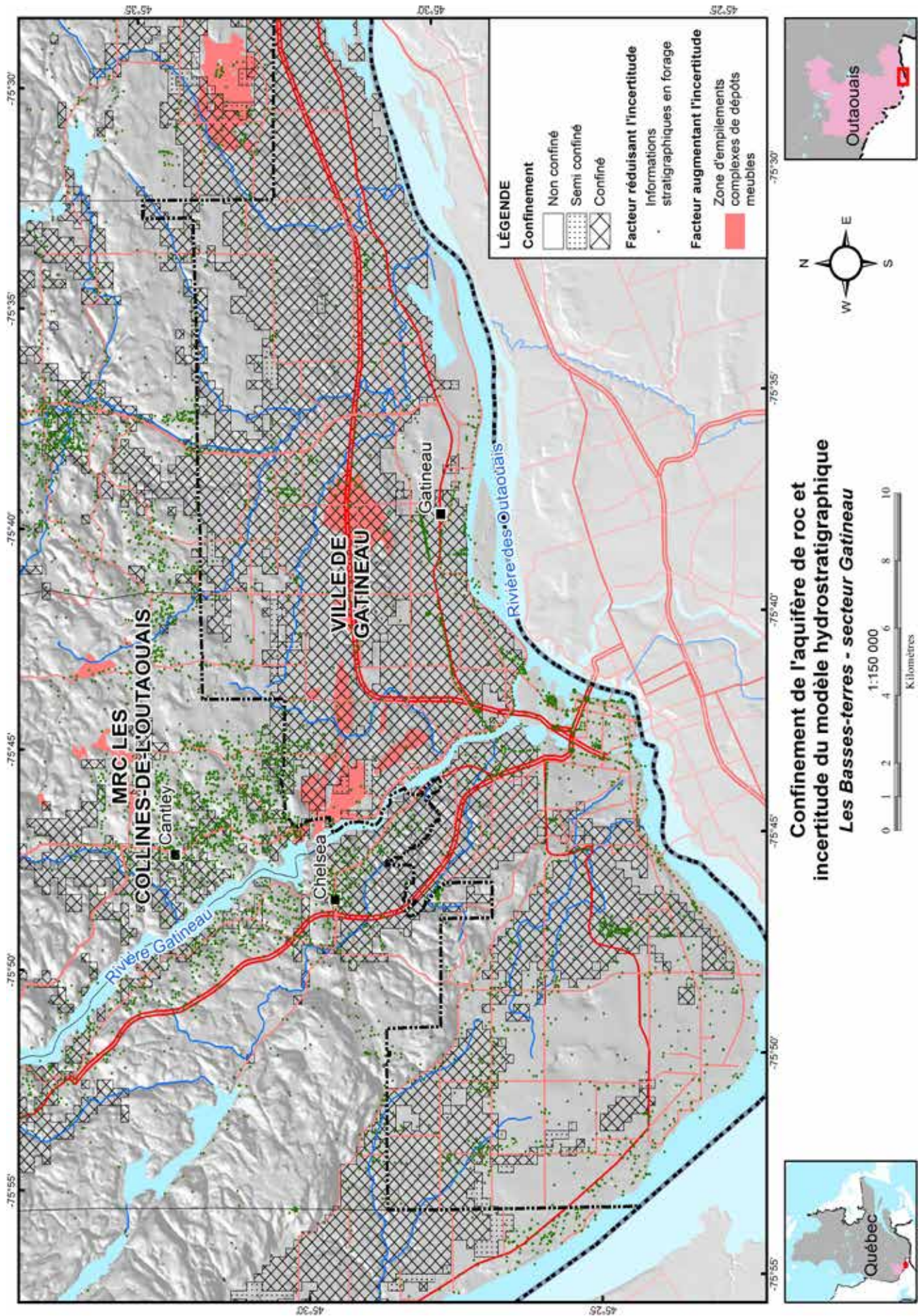
Vrai Faux

M L'aquifère rocheux des collines du Parc de la Gatineau n'est pas confiné puisqu'il est situé sous la limite d'invasion marine de la mer de Champlain.

Vrai Faux

M Contrairement à la délimitation des aquifères de dépôts meubles, pourquoi les sédiments situés dans les premiers mètres directement sous la surface du sol sont toujours pris en compte dans la détermination des conditions de confinement?

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



Définition

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** correspond à l'élévation du niveau d'eau mesuré dans un puits. Si l'aquifère est non confiné, ce niveau correspond également à l'élévation de la **NAPPE** dans l'aquifère. Si l'aquifère est confiné, 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 non confiné et la pression dans un aquifère confiné. La **PIÉZOMÉTRIE** permet de connaître 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.

Méthode utilisée

La piézométrie combinée des aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée, sur de mailles de 250 m par 250 m, à partir des niveaux d'eau mesurés dans les puits. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des puits à proximité. Dans les Basses-terres, où une bonne densité de puits existe, la piézométrie a été estimée par interpolation, tandis que dans les Hautes-terres, à défaut d'une densité suffisante de puits, une valeur de profondeur de niveau d'eau de 6 m a été attribuée à tout le secteur. Cette valeur correspond à la moyenne et à la médiane de tous les niveaux d'eau du territoire, déterminée à l'aide d'analyses statistiques sur les données disponibles.

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

La topographie influence la piézométrie qui s'apparente à une reproduction adoucie de la topographie de surface. De plus, les changements importants de la piézométrie ont lieu aux endroits où des variations rapides de la topographie sont observées. L'eau souterraine s'écoule des hauts piézométriques vers les bas, où elle fait résurgence dans les cours d'eau.

Le niveau piézométrique passe de près de 900 m sur les plus hauts sommets des Hautes-terres à moins de 100 m en bordure de la rivière des Outaouais, cette dernière constituant la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de toute la région. L'écoulement régional s'effectue donc globalement du nord vers le sud. Dans les Basses-terres, la piézométrie est très adoucie, dépassant rarement les 200 m en élévation.



NAPPE page 10,
PIÉZOMÉTRIE,
NIVEAU
PIÉZOMÉTRIQUE
page 14



F Dans le secteur Gatineau, l'estimation du niveau piézométrique est partout très fiable.

Vrai Faux

F La rivière des Outaouais constitue la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de toute la région.

Vrai Faux

M La Ville de Gatineau reçoit une bonne part de son eau souterraine depuis le territoire des municipalités voisines.

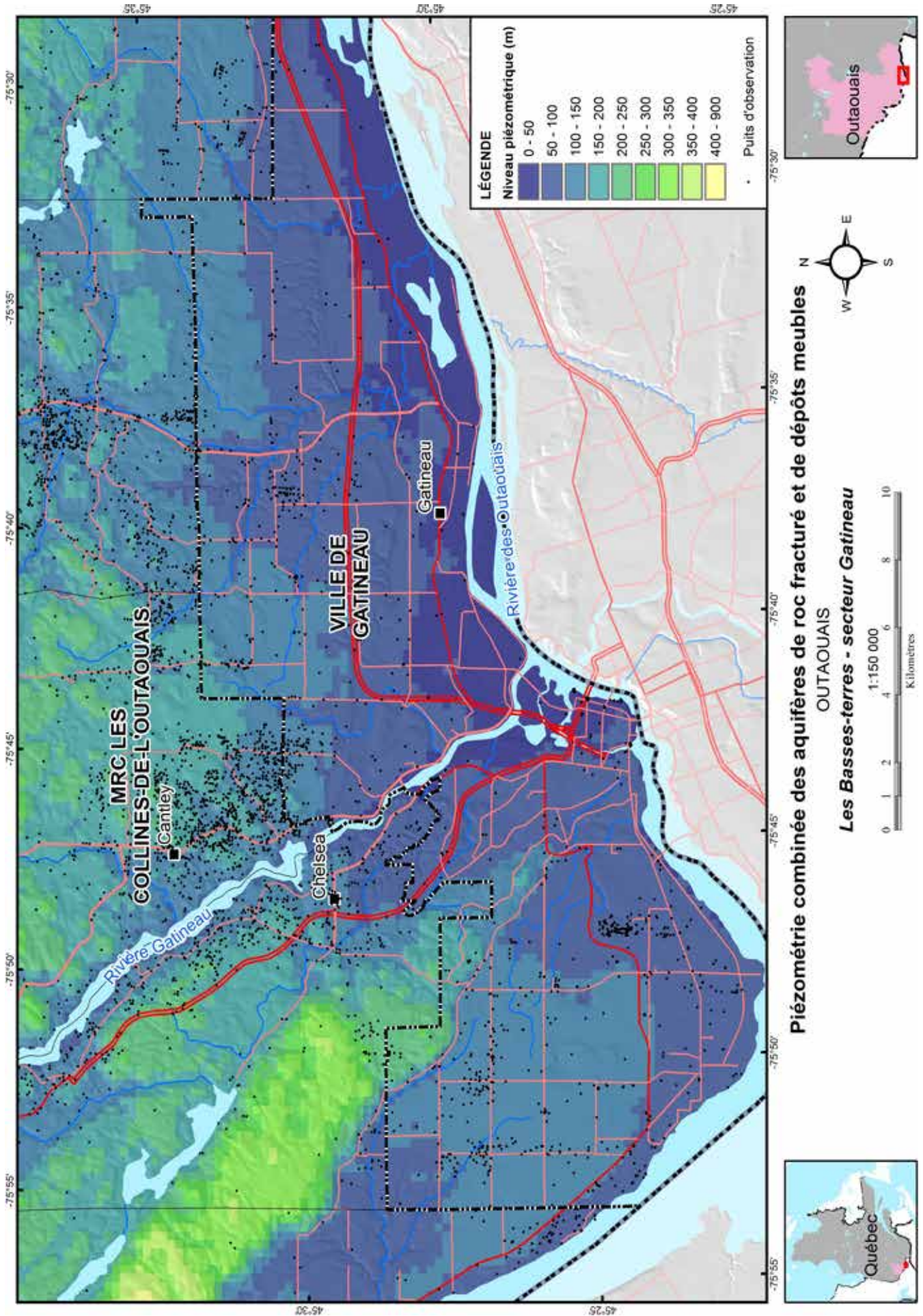
Vrai Faux

D La surface piézométrique étant plus plane dans les Basses-terres que dans les Hautes-terres, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère est probablement plus long.

Vrai Faux

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

D Pourquoi considère-t-on la piézométrie comme étant une réplique «adoucie» de la topographie de surface en Outaouais?



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.

Méthode utilisée

La recharge annuelle a été estimée avec le modèle HELP, sur des mailles de 250 m par 250 m, en intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et sur les propriétés des sols, des dépôts et du roc. Le modèle HELP calcule aussi les autres paramètres du bilan hydrologique, soient l'évapotranspiration le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique (non présentés ici). La recharge a été estimée pour le premier aquifère rencontré depuis la surface, soit le plus souvent l'aquifère de roc fracturé, à moins qu'un aquifère régional de dépôts meubles n'ait été identifié (voir Épaisseur des aquifères de dépôts meubles – page 50).

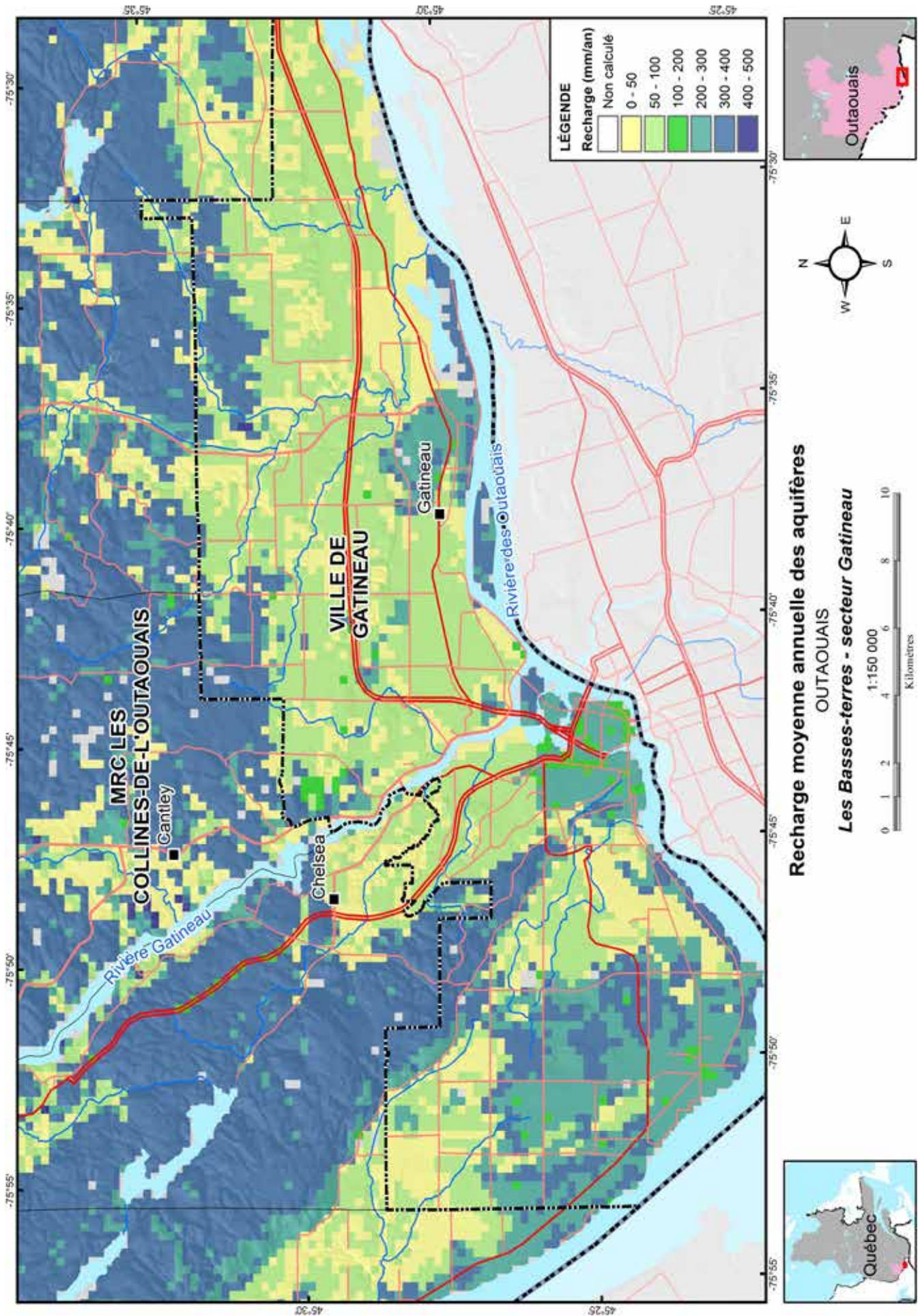
Interprétation pour le secteur des Basses-terres

Dans certains secteurs des Basses-terres, entre autres dans la portion est, la nature argileuse des dépôts, combinée à l'imperméabilisation du terrain par la densification urbaine, favorise grandement le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique aux dépens de la recharge des aquifères. À ces endroits, la recharge des aquifères est limitée à des taux de 100 mm/an, ce qui correspond environ à 10 % des précipitations moyennes annuelles. Plus à l'ouest dans les Basses-terres, les aquifères de roc fracturé dans la MRC Pontiac sont recouverts par de plus faibles épaisseurs de dépôts argileux. À ces endroits, la recharge est modérée, soit de 100 à 300 mm/an et parfois élevée, 300 à 400 mm/an lorsque le roc est sub-affleurant.



- F** En général, le secteur des Basses-terres reçoit relativement beaucoup de recharge. Vrai Faux
- F** À Cantley, les taux de recharge varient peu sur le territoire. Vrai Faux
- F** L'absence d'argile, tel qu'en bordure de la rivière des Outaouais, est responsable des taux de recharge significatifs. Vrai Faux

- M** Comment les aquifères à nappe captive des Basses-terres sont-ils alimentés en eau souterraine?
- M** Pourquoi est-ce important de protéger en priorité les zones de recharge plus élevée de l'eau souterraine?



Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol, mais fait abstraction du type de contaminant et de ses propriétés. Pour l'aménagement du territoire, la cartographie de la vulnérabilité à l'échelle régionale permet de cibler les secteurs à protéger des activités anthropiques qui sont susceptibles de contaminer l'eau souterraine à partir de la surface du sol.

Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m par 250 m, par 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 niveaux de vulnérabilité ont été définis 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 certaines portions des Basses-terres, entre autres dans la portion est, la nature argileuse de la zone vadose limite la recharge et favorise ainsi la protection des aquifères contre des sources potentielles de contamination situées à la surface du sol. À ces endroits, l'indice de vulnérabilité est faible, soit inférieur à 100. Du secteur Hull jusqu'à l'extrémité ouest de la vallée de l'Outaouais, la vulnérabilité des aquifères varie énormément en réponse à la diversité des contextes. Par exemple, les aquifères des quelques amas de sables et graviers fluvioglaciers dans le secteur de Shawville sont plus vulnérables que l'aquifère de roc fracturé dans le secteur de Eardley-Luskville où il est recouvert par d'importantes épaisseurs d'argile. À certains endroits, des dépôts de faibles épaisseurs couvrent l'aquifère de roc et ce contexte se traduit par une vulnérabilité moyenne (indices de 100 à 140).



F Le secteur d'Aylmer de la Ville de Gatineau est parfois très sensible à la contamination qui pourrait provenir de la surface.

Vrai Faux

F Il existe peu de corrélation entre la faible vulnérabilité et le confinement des aquifères.

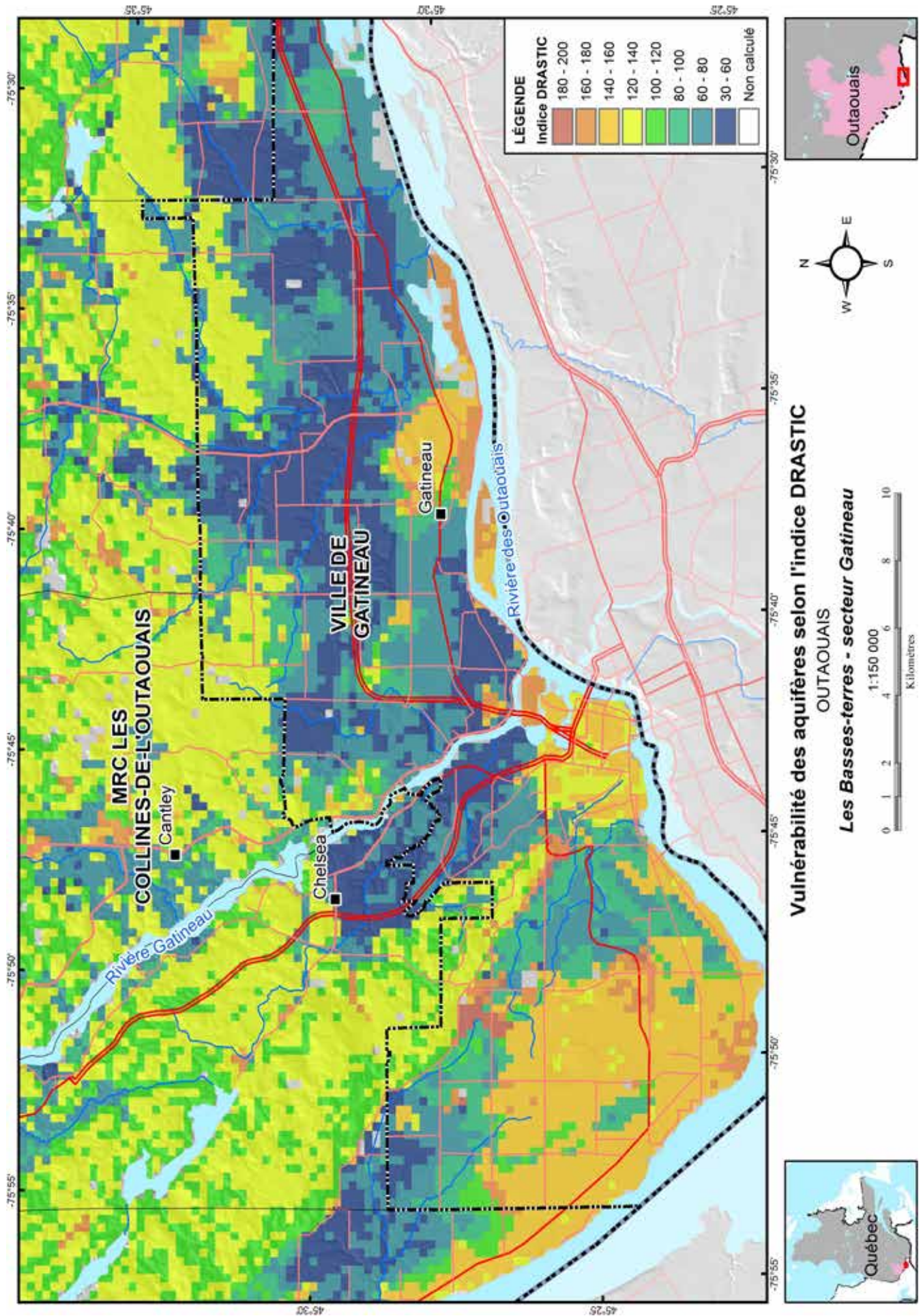
Vrai Faux

F Les zones à vulnérabilité faible coïncident avec les zones où la recharge est faible.

Vrai Faux

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

D À l'aide de cette carte, pourquoi ne peut-on pas déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits tel qu'exigé par le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Gouvernement du Québec, 2015b)?



Définition

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

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



Méthode utilisée et interprétation pour l'ensemble du territoire

Dans le cadre du PACES, 139 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés pour l'ensemble de l'Outaouais, dont 71 % proviennent de puits forés dans le roc et 29 % de puits crépinés dans les dépôts meubles. Les dépassements de CMA et d'OE suivants ont été relevés :

Paramètre	CMA ou OE	Dépassements		Norme ou recommandation fondée sur (non exhaustif) :
		Nb	%	
Bore (B)	CMA = 5 mg/l	1	0,7 %	Effets sur la reproduction (atrophie testiculaire et spermatogenèse)
Fluorures (F)	CMA = 1,5 mg/l	10	7,2 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrite - Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	CMA = 10 mg N/l	1	0,7 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu); probablement cancérigène
Uranium (U)	CMA = 0,02 mg/l	7	5 %	Effets sur les reins (différentes lésions)
Aluminium (Al)	OE ≤ 0,1 mg/l	3	2,2 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	OE ≤ 250 mg/l	13	9,4 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale (CaCO ₃)	OE ≤ 500 mg/l	4	3,2 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	OE ≤ 0,3 mg/l	18	12,9 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	OE ≤ 0,05 mg/l	28	20,1 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	OE ≤ 500 mg/l	30	23,6 %	Goût et entartrage
Sodium (Na)	OE ≤ 200 mg/l	15	10,8 %	Goût
pH	6,5 ≤ OE ≤ 8,5	39	28,3 %	Influence sur l'efficacité du traitement
Sulfates (SO ₄)	OE ≤ 500 mg/l	1	0,7 %	Goût
Sulfures (S)	OE ≤ 0,05 mg/l	6	4,3 %	Goût et odeur

De l'eau souterraine faiblement minéralisée et récemment infiltrée domine en Outaouais (65 % des échantillons), particulièrement dans les Hautes-terres, et se retrouve dans une proportion plus importante parmi les puits dans les dépôts meubles et dans les aquifères non confinés. De l'eau ayant une forte minéralisation, donc plus évoluée, est également retrouvée dans un grand nombre de puits (22 % des échantillons) et caractérise les aquifères confinés typiques des Basses-terres. Les autres types d'eau sont intermédiaires (13 % des échantillons) et sont souvent situés à des profondeurs supérieures à 70 m.

Les dépassements en fluorures et en uranium sont principalement observés dans des puits d'aquifères fracturés, assez profonds. Des gisements de fluorite et d'uranium sont exploités ou présents dans la région et suggèrent que les dépassements sont expliqués par la nature des roches.

Les faibles taux de dépassements en bore et nitrates-nitrites ne mettent pas en évidence une contamination à l'échelle régionale et peuvent, tout au plus, indiquer une contamination ponctuelle dans le temps et l'espace.

Un dépassement en fer est généralement accompagné par un dépassement en manganèse (pour 89 % des cas). Dans la région, le sous-sol est riche en fer comme en témoigne la présence de quelques gîtes minéraux en fer ainsi que de minéraux riches en fer tels que l'ocre. Il en est probablement de même pour le manganèse. Les dépassements sont répartis sur l'ensemble de la région et proviennent de tout type d'aquifère. Le fer et le manganèse auraient donc une origine naturelle.

Les distributions des dépassements en chlorures, sodium et matière dissoute totale sont assez semblables : ils sont localisés principalement dans les puits aménagés dans le roc des Basses-terres. Ils proviennent des types d'eau intermédiaire et évoluée, car ils sont liés au vieillissement de l'eau (milieu confiné) et à la dissolution des carbonates et silicates. Les vestiges de l'eau salée de la mer de Champlain peuvent aussi être à l'origine des dépassements pour les trois paramètres. La dissolution de calcaire peut aussi entraîner des dépassements de matière dissoute totale accompagnés de valeurs élevées de la dureté de l'eau.

Les dépassements en pH concernent principalement les pH basiques (85 %) et sont répartis sur l'ensemble du territoire, mais majoritairement dans les aquifères confinés des Basses-terres.



F Les dépassements en fluorures et en uranium en Outaouais sont de causes naturelles, liés à la nature de la roche.

Vrai Faux

F Les aquifères de dépôts meubles dans le secteur Gatineau semblent plus propices aux dépassements des critères de qualité de l'eau que les aquifères de roc.

Vrai Faux

M Les dépassements en salinité sont très rares dans le secteur Gatineau.

Vrai Faux

M Des vestiges de l'eau salée de la mer de Champlain peuvent être à l'origine des nombreux dépassements de la matière dissoute totale.

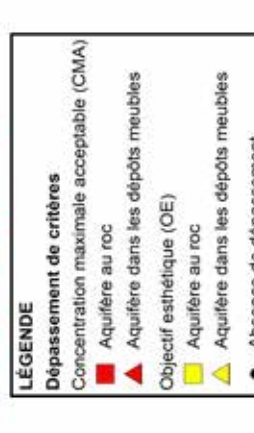
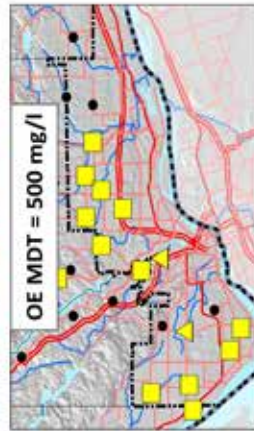
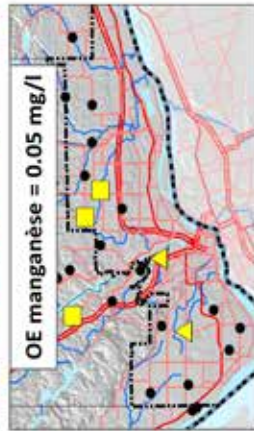
Vrai Faux

M Les conditions de nappe captive présentes dans les Basses-terres sont en partie responsables du long temps de résidence de l'eau souterraine dans les aquifères, et ainsi de la moins bonne qualité de l'eau comparativement aux Hautes-terres.

Vrai Faux

M Pourquoi les dépassements en uranium sont-ils problématiques?

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?



LÉGENDE

Dépassement de critères

- Concentration maximale acceptable (CMA)
- ▲ Aquifère au roc
- Aquifère dans les dépôts meubles

Objectif esthétique (OE)

- ▲ Aquifère au roc
- ▲ Aquifère dans les dépôts meubles
- Absence de dépassement



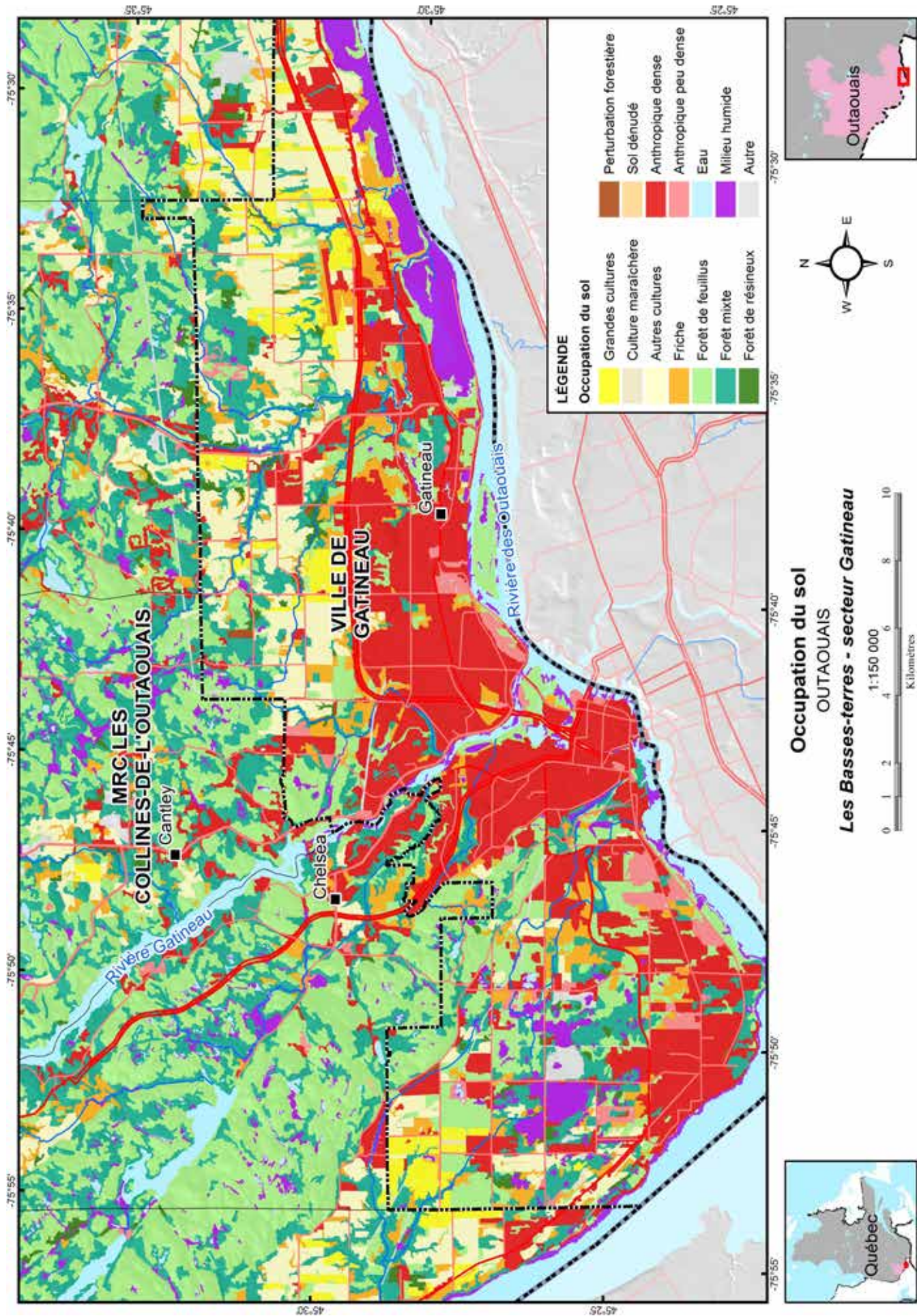
Critères de qualité de l'eau souterraine
OUTAOUAIS
Les Basses-terres - secteur Gatineau

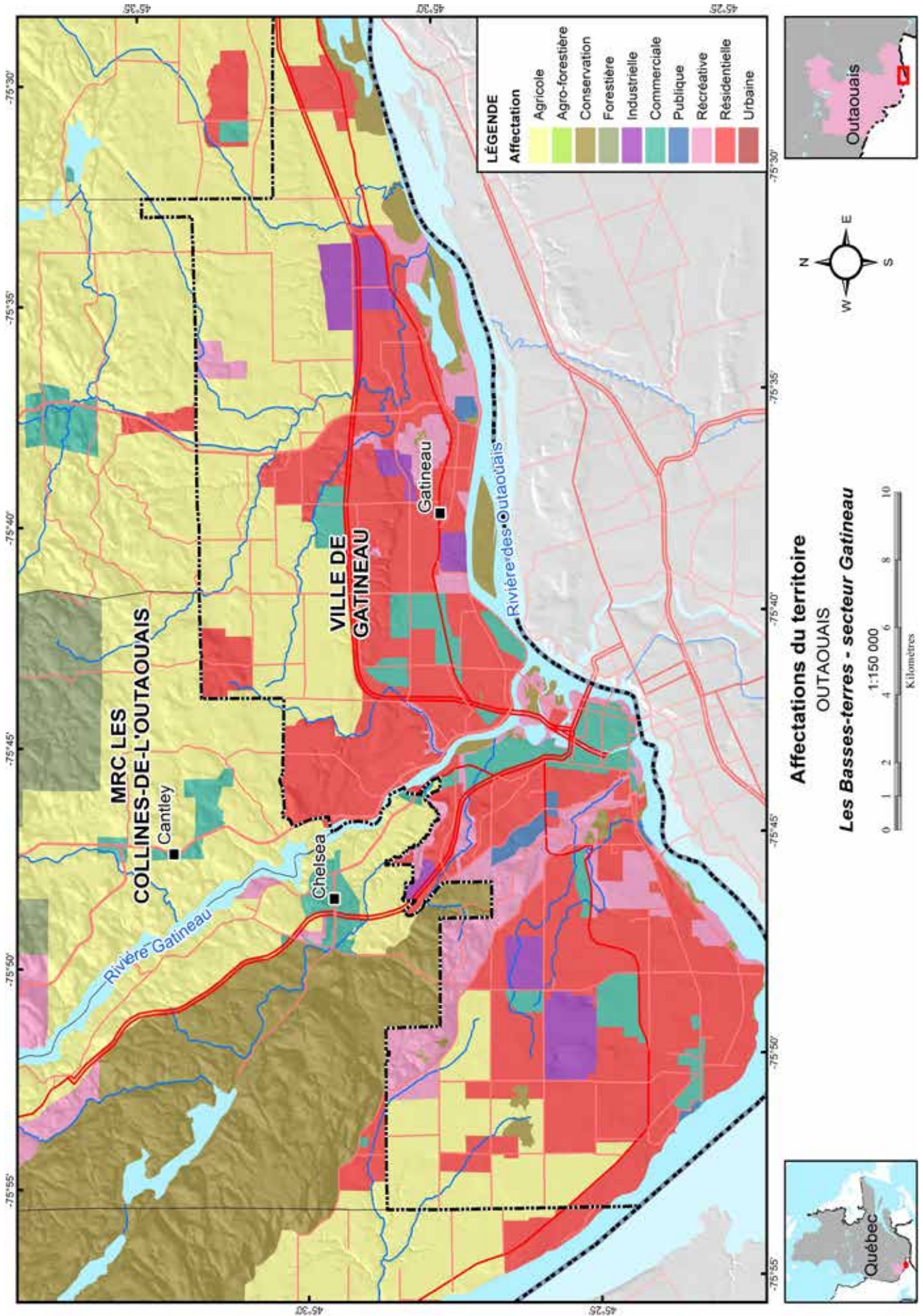
0 5 10 20 30
 Kilomètres

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?

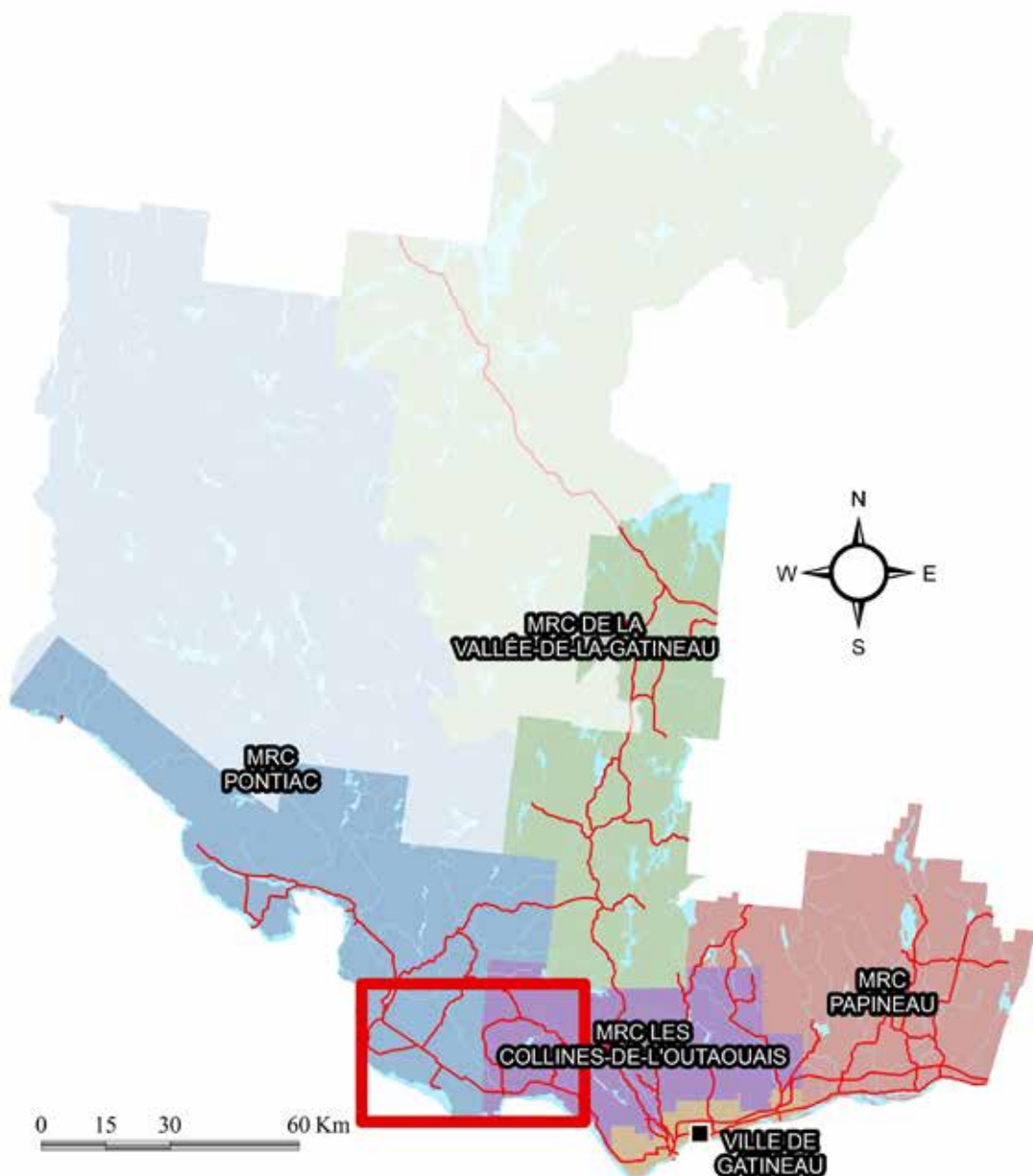
Exercice de synthèse 2 : Dans le secteur des Basses-terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

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?





4. Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres – secteur Pontiac



Coupe hydrostratigraphique

Définition

Une coupe hydrostratigraphique est une représentation verticale de la distribution spatiale des unités géologiques et des hydrofaciès retrouvés en profondeur, afin d'en apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur. Les unités géologiques sont des dépôts meubles ou des roches définies sur la base de l'environnement de déposition. Un hydrofaciès correspond à des unités géologiques aux propriétés hydrauliques similaires, et ce sans égard à son mode de déposition, ce qui permet de distinguer les hydrofaciès desquels l'eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des hydrofaciès qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).

Méthode utilisée

Les coupes sont dessinées principalement à partir du type de dépôts meubles cartographié en surface sur la carte de la Géologie du Quaternaire (non présentée ici) et des données de forages qui donnent des informations sur les matériaux géologiques rencontrés en profondeur. Une interprétation a été faite sur les regroupements de matériaux géologiques ayant des propriétés hydrogéologiques similaires (hydrofaciès) ainsi que sur la continuité latérale des unités d'un forage à l'autre.

Description de la coupe

La coupe E-E' de 15 km traverse du nord-est au sud-est les municipalités de Clarendon et de Shawville. Au nord-est de la coupe, des dépôts fluvioglaciers de sable et gravier affleurent et recouvrent le roc de la Province de Grenville sur plus de 5 km. Un horizon de silt sableux, d'origine prodeltaïque, a été identifié à l'extrême sud de cet amas. Au centre de la coupe, une couche argileuse recouvre le roc directement et, localement, un amas fluvioglacière de petite taille enfoui. À l'approche de la rivière des Outaouais, une couche de till recouvre le roc et des alluvions sont présentes. Les dépôts les plus épais peuvent atteindre 60 m dans les dépôts fluvioglaciers tout comme dans les argiles.

L'eau souterraine s'écoule régionalement du nord-est vers le sud-est vers la rivière des Outaouais. Un important aquifère de dépôts meubles non confiné formé par les dépôts fluvioglaciers est présent. En descendant vers le sud, la plaine argileuse confine l'aquifère de roc fracturé qui devient non confiné à l'approche de la rivière.



F L'aquifère de roc fracturé de la Plate-forme du Saint-Laurent est partout présent sur la coupe.

Vrai Faux

F On retrouve localement un amas de dépôts fluvioglaciers de sable et gravier enfouis sous les sédiments fins.

Vrai Faux

F On retrouve près de la rivière des Outaouais une mince couche d'alluvions qui pourrait constituer un aquifère superficiel de sable.

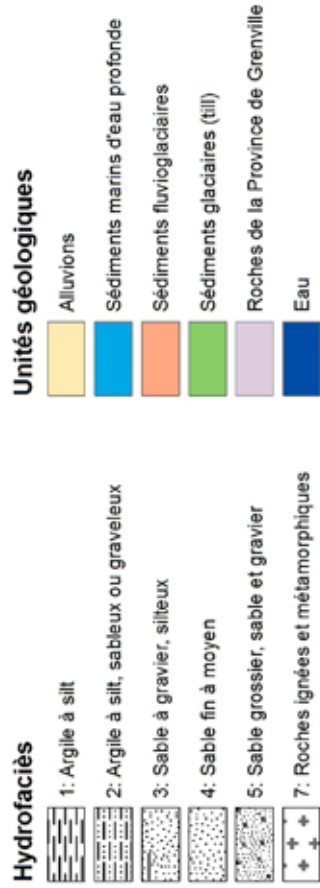
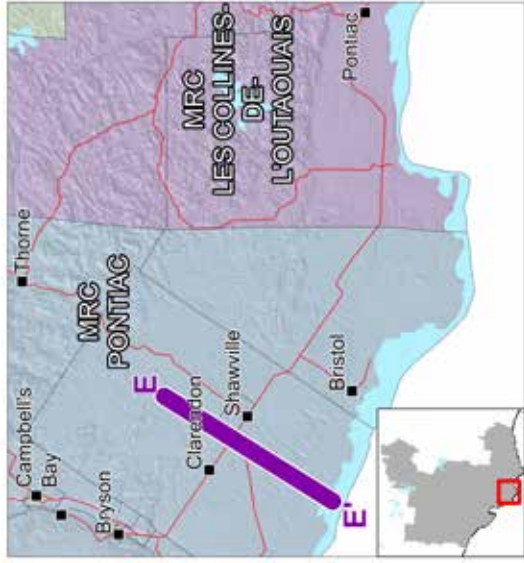
Vrai Faux

D Les sédiments marins d'eau profonde sont les seuls matériaux de la coupe pouvant confiner ou semi confiner les aquifères sous-jacents.

Vrai Faux

F Sur ces coupes, l'eau souterraine s'écoule d'où et vers quoi?

D Comment se fait-il que la couche de sédiments marins d'eau profonde ne soit pas présente en bordure de la rivière des Outaouais?

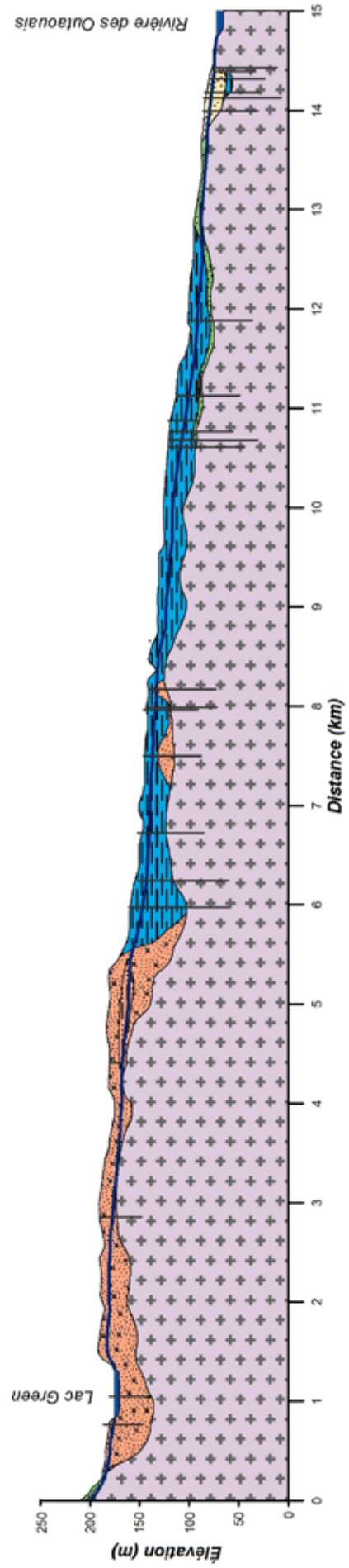


Nord-Est

Sud-Ouest

E

E'



Exagération verticale: 10 X

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** intéressa. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt), peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**.

AQUIFÈRE,
AQUITARD page 10,
DÉPÔTS MEUBLES
page 11



Méthode utilisée

Les informations sur l'épaisseur et le type de dépôts meubles proviennent principalement des données de forage, des levés géophysiques et des affleurements rocheux. Trois techniques d'estimation ont été utilisées :

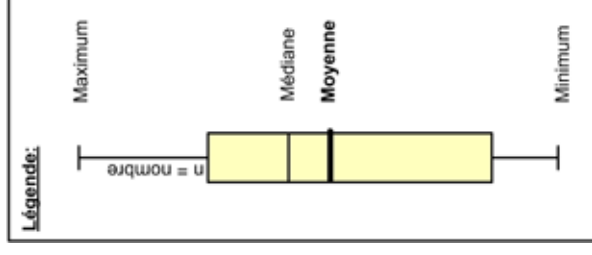
- l'interpolation lorsqu'une densité et répartition spatiale raisonnable de mesures permettrait d'appliquer cette technique,
- l'attribution de l'épaisseur de dépôts mesurée en forage à la cellule de 250 m par 250 m sur laquelle il se trouve lorsqu'aucune mesure à proximité ne permet l'interpolation, et
- la présentation des statistiques d'épaisseur des dépôts meubles pour chaque unité géologique simplifiée, lorsqu'aucun forage ne se trouve dans le secteur.

Dans les Basses-terres, où une bonne densité et répartition spatiale de forages existe, l'interpolation a permis de couvrir tout le secteur. Par opposition, la densité de forages dans les Hautes-terres est très variable et la technique d'interpolation ne permet d'estimer qu'environ 10 % de ce territoire. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des données de forages à proximité.

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

De manière générale, les dépôts meubles ont comblé les dépressions du roc. Les sédiments déposés ont aplani le relief de la vallée de la rivière des Outaouais, où la topographie du roc est plus variable que celle de la surface.

Localement, les dépôts meubles des Basses-terres atteignent des épaisseurs très importantes, parfois de plus de 100 m, aux embouchures des vallées des grandes rivières provenant du nord. Ceux-ci sont entrecoupés de secteurs de faible épaisseur, même d'affleurements rocheux.



F Les centres-villes de Clarendon et Shawville reposent sur au moins 20 m d'épaisseur de dépôts meubles.

Vrai Faux

F La bordure de la rivière des Outaouais est généralement caractérisée par d'épaisses couches de sédiments.

Vrai Faux

M Aux endroits identifiés par le substrat rocheux affleurant en surface, la moyenne d'épaisseur de dépôts meubles est nulle.

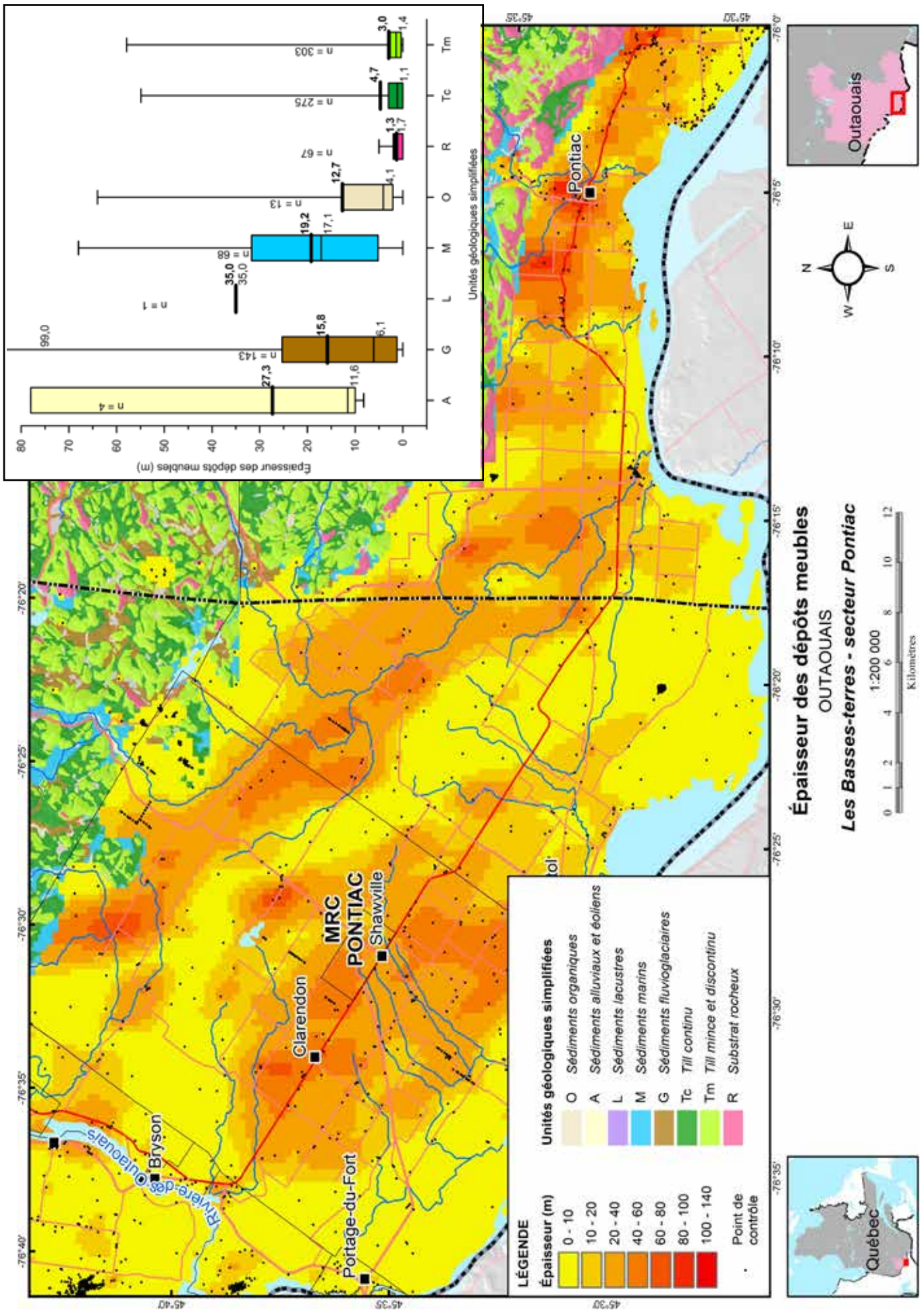
Vrai Faux

M L'estimation de l'épaisseur des dépôts est fiable à proximité du centre villageois de La Pêche.

Vrai Faux

F Quelle est l'épaisseur des dépôts meubles maximale que l'on retrouve sur la carte et où ce secteur se situe-t-il?

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 des aquifères de dépôts meubles

Définition

Un **AQUIFÈRE** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre d'extraire son eau par pompage. Un **AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES** est constitué de sédiments grossiers (sable et gravier) et relativement homogène. Plus les pores de ce type de sédiments sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.

Méthode utilisée

La délimitation des aquifères de dépôts meubles d'intérêt régional a été faite, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments grossiers. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 4 : Sable fin à moyen et 5 : Sable grossier, sable et gravier (voir Coupe hydrostratigraphique – page 46) ont une perméabilité élevée et constituent des aquifères. L'épaisseur des aquifères a été calculée en additionnant les épaisseurs de ces couches qui sont saturées en eau, c.-à.-d. sous le niveau piézométrique.

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

Les principales unités géologiques pouvant constituer des aquifères de dépôts meubles sont les sédiments fluvioglaciaires et les sédiments marins d'origine deltaïque. Les aquifères dans les sédiments marins d'origine deltaïque sont en surface et généralement peu épais. L'épaisseur et la composition de ce type de dépôt varient rapidement et ce type d'aquifère est généralement peu important à l'échelle régionale. De plus, l'hétérogénéité de ces dépôts entraîne une plus grande incertitude sur leur définition dans le modèle hydrostratigraphique 3D. Les aquifères dans les sables et graviers d'origine fluvioglaciaire représentent des volumes plus importants et mieux définis dans le modèle. Ces aquifères sont en lien hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé sous-jacent et leur degré de confinement est le même.

Les aquifères de dépôts meubles importants se retrouvent souvent à la limite des provinces géologiques de la Plate-forme du Saint-Laurent et de la Province de Grenville, comme dans le secteur de Lochaber-Ouest et de Gatineau. Dans la MRC Pontiac, ces aquifères sont de grande étendue et de grande épaisseur (atteignant plus de 50 m) principalement dans les municipalités de Clarendon (voir page 46) et de Mansfield-et-Pontefract.



AQUIFÈRE,
POROSITÉ page 10,
AQUIFÈRE DE
DÉPÔTS MEUBLES
page 11



F La municipalité de Pontiac contient des aquifères de dépôts meubles de grande étendue et de grande épaisseur.

Vrai Faux

F La limite entre les Basses-terres et les Hautes-terres est caractérisée par la présence d'aquifères de dépôts meubles importants.

Vrai Faux

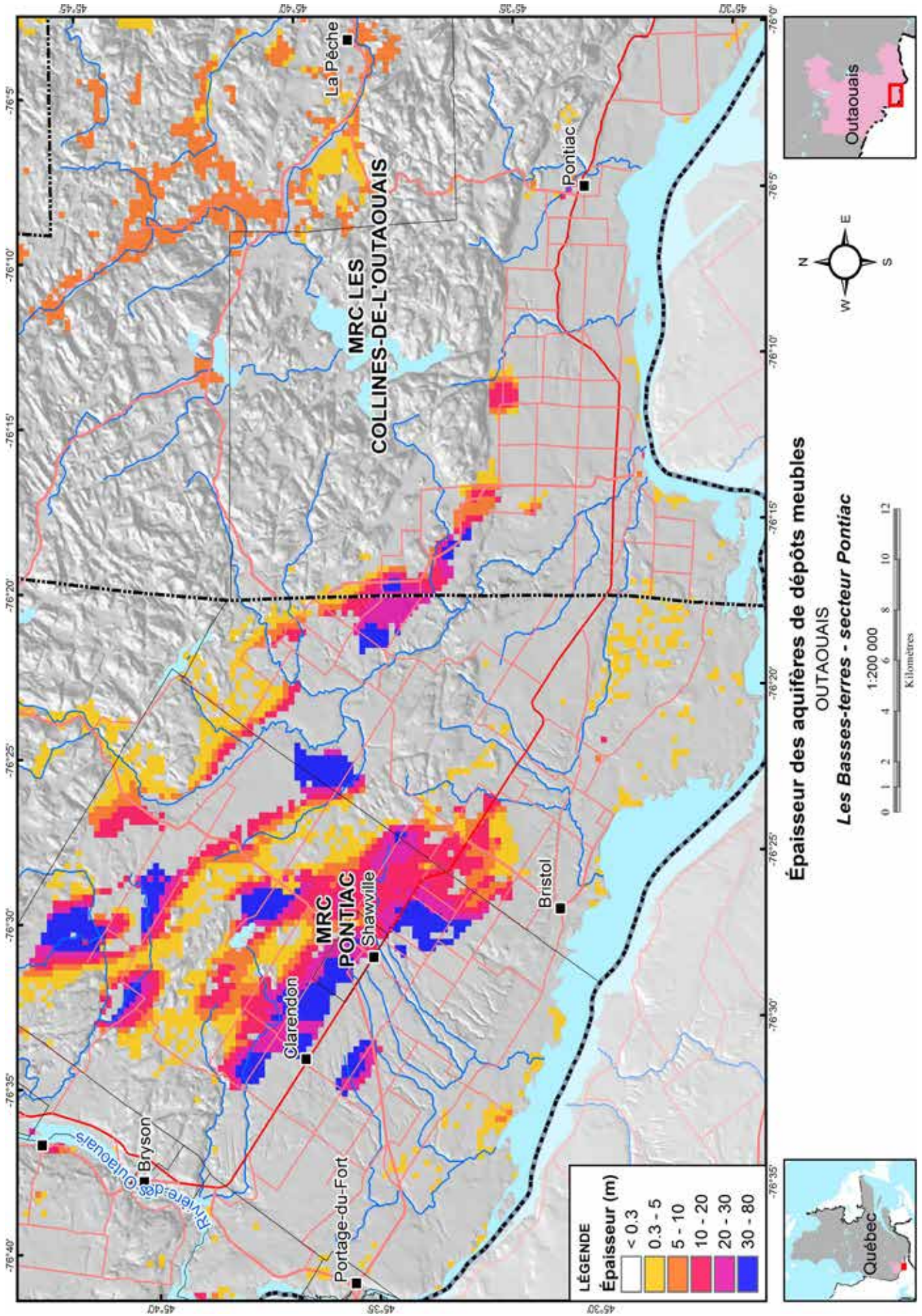
M La présence de sédiments marins d'eau peu profonde est la raison principale de la faible présence d'aquifères de dépôts meubles dans ce secteur.

Vrai Faux

M À quoi correspondent les zones où il n'y a pas de milieu aquifère de dépôts d'identifié?

D Pourquoi les sédiments grossiers situés dans les premiers mètres directement sous la surface du sol ne sont souvent pas pris en compte dans le calcul de l'épaisseur des aquifères de dépôts meubles?

D Pourquoi la présence d'un aquifère interprété sur la carte n'assure-t-elle pas nécessairement la présence d'un aquifère ayant un bon potentiel d'exploitation?



Confinement

Définition

Le confinement d'un aquifère est lié à son recouvrement par un **AQUITARD** soit une couche de matériaux fins (argiles et silts) peu perméables qui isole l'eau souterraine qu'il contient. L'épaisseur de l'aquitard détermine le degré de confinement des aquifères. 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.

Méthode utilisée

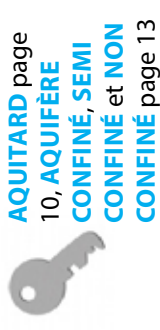
Le confinement des aquifères de roc fracturé a été déterminé, sur des mailles de 250 m par 250 m, grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de sédiments fins. Ces informations proviennent d'un modèle hydrostratigraphique 3D généré à partir de la définition des hydrofaciès, des coupes hydrostratigraphiques interprétées, des données de forages, de la géologie du Quaternaire, des levés géophysiques et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles.

Les couches des hydrofaciès 1 : Argile ou silt argileux et 2 : Silt sableux ou graveleux (voir Coupe hydrostratigraphique – page 46) ont une faible perméabilité et ont donc des propriétés confinantes. Puisque l'hydrofaciès 2 est composé de matériaux plus perméables que l'hydrofaciès 1, une épaisseur plus grande est nécessaire pour confiner l'aquifère sous-jacent. Les critères d'épaisseur suivants ont été considérés :

Hydrofaciès: Type de matériaux	Épaisseur	
	Confiné	Semi confiné / Non confiné
1. Argile ou silt argileux	3 m et plus	1 à 3 m / Moins de 1 m
2. Silt sableux ou graveleux	8 m et plus	2.7 à 8 m / Moins de 2.7 m

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

Dans les Basses-terres, l'aquifère de roc fracturé est majoritairement confiné lorsqu'une couche d'argile d'origine marine est présente. Toutefois, dans la MRC Pontiac, l'aquifère de roc fracturé est non confiné sur de nombreux secteurs. L'aquifère de la partie ouest de la Ville de Gatineau (secteur d'Aylmer) est aussi non confiné.



F L'incertitude du modèle hydrostratigraphique 3D est faible autour du centre villageois de La Pêche.

Vrai Faux

F Le centre villageois de Pontiac repose sur une nappe captive.

Vrai Faux

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

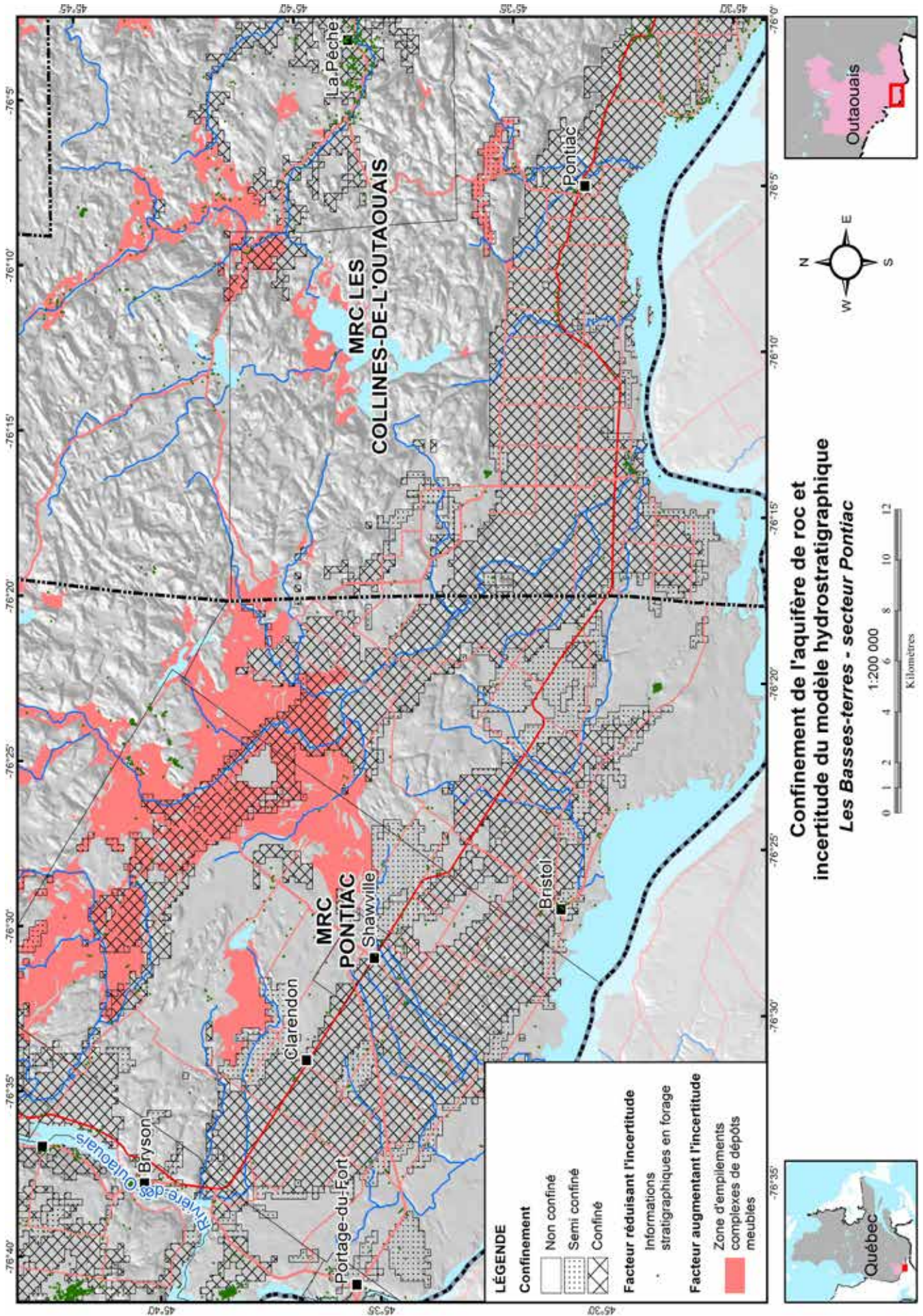
Vrai Faux

M Les aquifères de dépôts meubles (voir p. 50) sont toujours non confinés.

Vrai Faux

M Contrairement à la délimitation des aquifères de dépôts meubles, pourquoi les sédiments situés dans les premiers mètres directement sous la surface du sol sont toujours pris en compte dans la détermination des conditions de confinement?

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



Définition

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** correspond à l'élévation du niveau d'eau mesuré dans un puits. Si l'aquifère est non confiné, ce niveau correspond également à l'élévation de la **NAPPE** dans l'aquifère. Si l'aquifère est confiné, 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 non confiné et la pression dans un aquifère confiné. La **PIÉZOMÉTRIE** permet de connaître 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.

Méthode utilisée

La piézométrie combinée des aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée, sur de mailles de 250 m par 250 m, à partir des niveaux d'eau mesurés dans les puits. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend de la densité des puits à proximité. Dans les Basses-terres, où une bonne densité de puits existe, la piézométrie a été estimée par interpolation, tandis que dans les Hautes-terres, à défaut d'une densité suffisante de puits, une valeur de profondeur de niveau d'eau de 6 m a été attribuée à tout le secteur. Cette valeur correspond à la moyenne et à la médiane de tous les niveaux d'eau du territoire, déterminée à l'aide d'analyses statistiques sur les données disponibles.

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

La topographie influence la piézométrie qui s'apparente à une reproduction adoucie de la topographie de surface. De plus, les changements importants de la piézométrie ont lieu aux endroits où des variations rapides de la topographie sont observées. L'eau souterraine s'écoule des hauts piézométriques vers les bas, où elle fait résurgence dans les cours d'eau.

Le niveau piézométrique passe de près de 900 m sur les plus hauts sommets des Hautes-terres à moins de 100 m en bordure de la rivière des Outaouais, cette dernière constituant la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de toute la région. L'écoulement régional s'effectue donc globalement du nord vers le sud. Dans les Basses-terres, la piézométrie est très adoucie, dépassant rarement les 200 m en élévation.



NAPPE page 10,
PIÉZOMÉTRIE,
NIVEAU
PIÉZOMÉTRIQUE
page 14



F Dans le secteur Pontiac, l'estimation du niveau piézométrique est partout très fiable.

Vrai Faux

F La rivière des Outaouais constitue la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de toute la région.

Vrai Faux

M Le centre villageois de La Pêche reçoit son eau souterraine exclusivement depuis le nord.

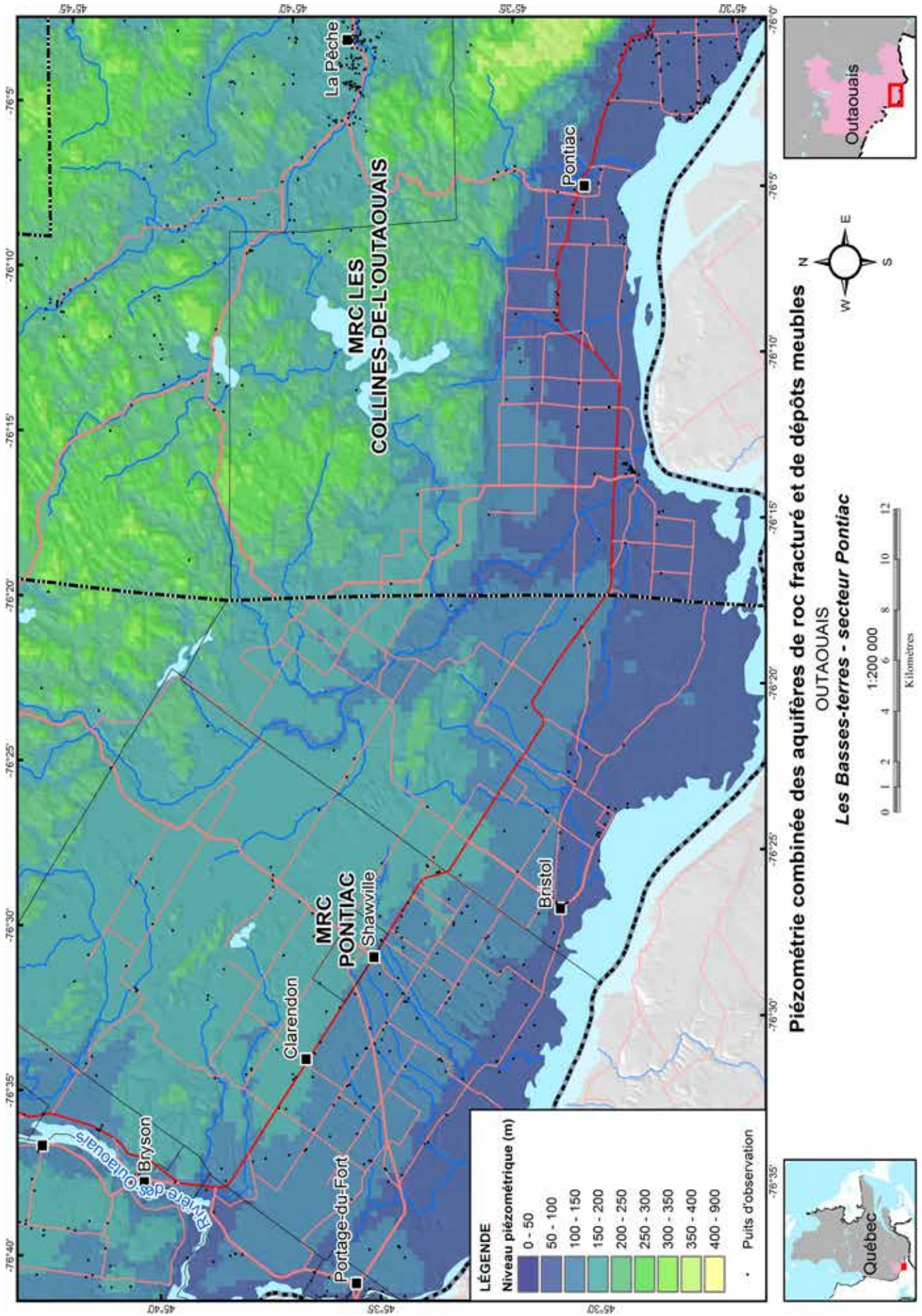
Vrai Faux

D La surface piézométrique étant plus plane dans les Basses-terres que dans les Hautes-terres, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère est probablement plus long.

Vrai Faux

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

D Pourquoi considère-t-on la piézométrie comme étant une réplique «adoucie» de la topographie de surface en Outaouais?



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.

Méthode utilisée

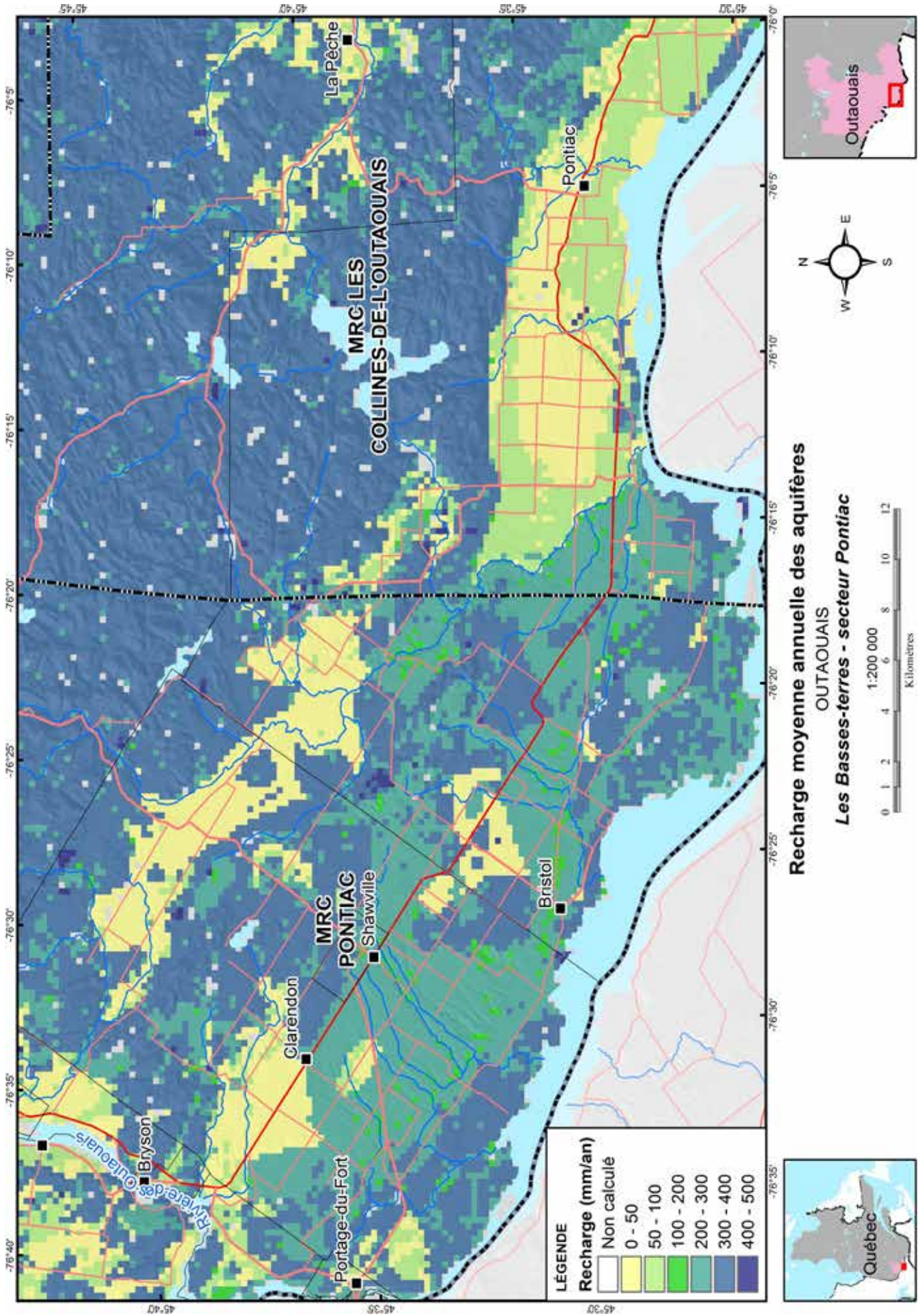
La recharge annuelle a été estimée avec le modèle HELP, sur des mailles de 250 m par 250 m, en intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et sur les propriétés des sols, des dépôts et du roc. Le modèle HELP calcule aussi les autres paramètres du bilan hydrologique, soient l'évapotranspiration le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique (non présentés ici). La recharge a été estimée pour le premier aquifère rencontré depuis la surface, soit le plus souvent l'aquifère de roc fracturé, à moins qu'un aquifère régional de dépôts meubles n'ait été identifié (voir Épaisseur des aquifères de dépôts meubles – page 50).

Interprétation pour le secteur des Basses-terres

Dans certains secteurs des Basses-terres, entre autres dans la portion est, la nature argileuse des dépôts, combinée à l'imperméabilisation du terrain par la densification urbaine, favorise grandement le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique aux dépens de la recharge des aquifères. À ces endroits, la recharge des aquifères est limitée à des taux de 100 mm/an, ce qui correspond environ à 10 % des précipitations moyennes annuelles. Plus à l'ouest dans les Basses-terres, les aquifères de roc fracturé dans la MRC Pontiac sont recouverts par de plus faibles épaisseurs de dépôts argileux. À ces endroits, la recharge est modérée, soit de 100 à 300 mm/an et parfois élevée, 300 à 400 mm/an lorsque le roc est sub-affleurant.



- F** Dans les Basses-terres du secteur Pontiac, la recharge est faible partout.
Vrai Faux
- F** Les taux de recharge varient beaucoup sur le territoire de la municipalité de Bristol.
Vrai Faux
- F** L'absence d'argile, tel qu'en bordure de la rivière des Outaouais, est responsable des taux de recharge significatifs.
Vrai Faux
- M** Comment les aquifères à nappe captive des Basses-terres sont-ils alimentés en eau souterraine?
- M** Pourquoi est-ce important de protéger en priorité les zones de recharge plus élevée de l'eau souterraine?



Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol, mais fait abstraction du type de contaminant et de ses propriétés. Pour l'aménagement du territoire, la cartographie de la vulnérabilité à l'échelle régionale permet de cibler les secteurs à protéger des activités anthropiques qui sont susceptibles de contaminer l'eau souterraine à partir de la surface du sol.

Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m par 250 m, par 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 niveaux de vulnérabilité ont été définis 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

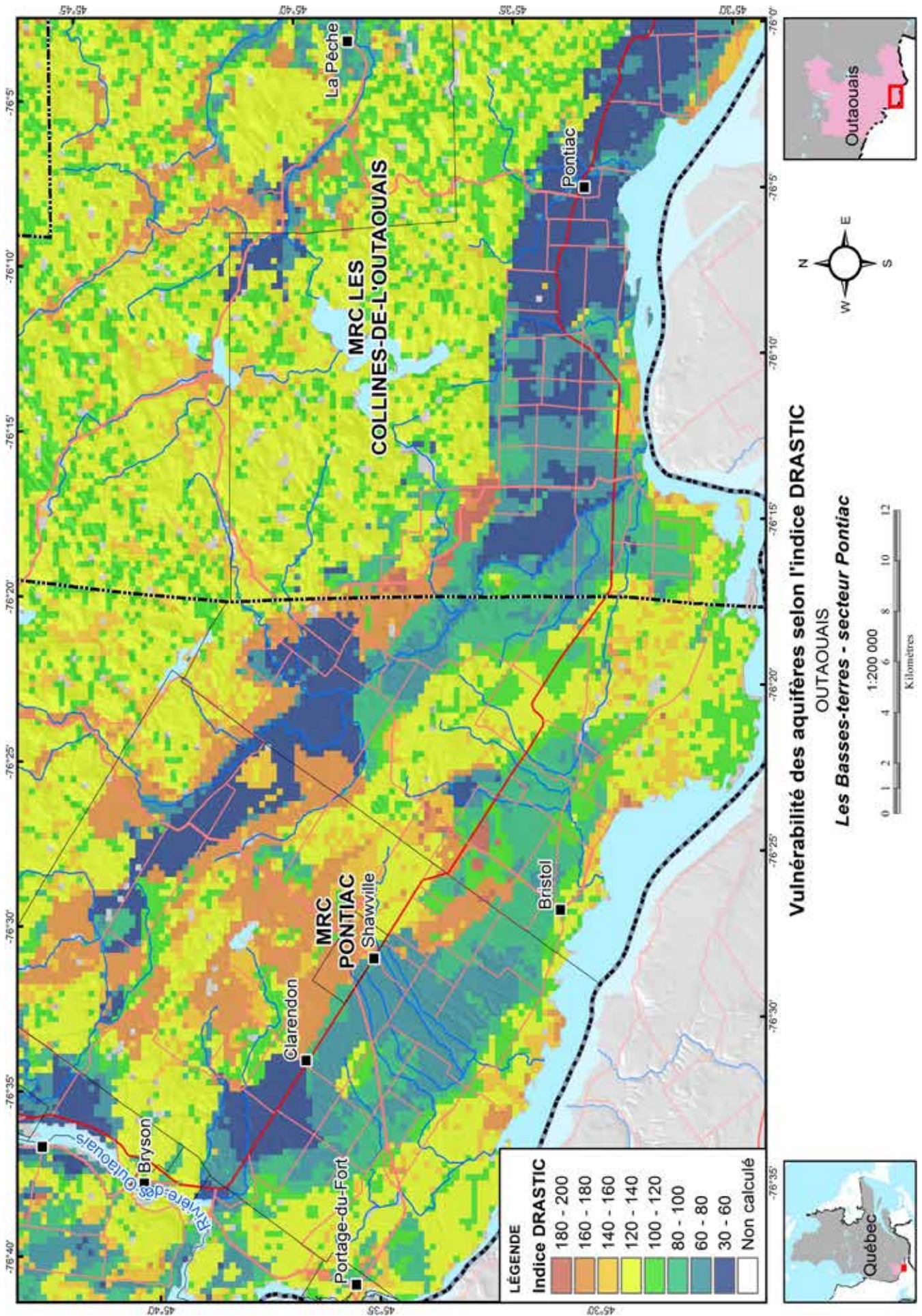
Dans certaines portions des Basses-terres, entre autres dans la portion est, la nature argileuse de la zone vadose limite la recharge et favorise ainsi la protection des aquifères contre des sources potentielles de contamination situées à la surface du sol. À ces endroits, l'indice de vulnérabilité est faible, soit inférieur à 100. Du secteur Hull jusqu'à l'extrémité ouest de la vallée de l'Outaouais, la vulnérabilité des aquifères varie énormément en réponse à la diversité des contextes. Par exemple, les aquifères des quelques amas de sables et graviers fluvio-glaciaires dans le secteur de Shawville sont plus vulnérables que l'aquifère de roc fracturé dans le secteur de Eardley-Luskville où il est recouvert par d'importantes épaisseurs d'argile. À certains endroits, des dépôts de faibles épaisseurs couvrent l'aquifère de roc et ce contexte se traduit par une vulnérabilité moyenne (indices de 100 à 140).



- F** Les amas de sables et graviers fluvio-glaciaires au nord de Shawville et Clarendon sont parfois très sensibles à la contamination qui pourrait provenir de la surface. Vrai Faux
- F** Il existe peu de corrélation entre la faible vulnérabilité et le confinement des aquifères. Vrai Faux
- F** Les zones à vulnérabilité faible coïncident avec les zones où la recharge est faible. Vrai Faux

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

D À l'aide de cette carte, pourquoi ne peut-on pas déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits tel qu'exigé par le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Gouvernement du Québec, 2015b)?



Définition

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

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



Méthode utilisée et interprétation pour l'ensemble du territoire

Dans le cadre du PACES, 139 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés pour l'ensemble de l'Outaouais, dont 71 % proviennent de puits forés dans le roc et 29 % de puits crépinés dans les dépôts meubles. Les dépassements de CMA et d'OE suivants ont été relevés :

Paramètre	CMA ou OE	Dépassements		Norme ou recommandation fondée sur (non exhaustif) :
		Nb	%	
Bore (B)	CMA = 5 mg/l	1	0,7 %	Effets sur la reproduction (atrophie testiculaire et spermatogenèse)
Fluorures (F)	CMA = 1,5 mg/l	10	7,2 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrite - Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	CMA = 10 mg N/l	1	0,7 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu); probablement cancérigène
Uranium (U)	CMA = 0,02 mg/l	7	5 %	Effets sur les reins (différentes lésions)
Aluminium (Al)	OE ≤ 0,1 mg/l	3	2,2 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	OE ≤ 250 mg/l	13	9,4 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Dureté totale (CaCO ₃)	OE ≤ 500 mg/l	4	3,2 %	Corrosion et entartrage
Fer (Fe)	OE ≤ 0,3 mg/l	18	12,9 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	OE ≤ 0,05 mg/l	28	20,1 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Matière dissoute totale (MDT)	OE ≤ 500 mg/l	30	23,6 %	Goût et entartrage
Sodium (Na)	OE ≤ 200 mg/l	15	10,8 %	Goût
pH	6,5 ≤ OE ≤ 8,5	39	28,3 %	Influence sur l'efficacité du traitement
Sulfates (SO ₄)	OE ≤ 500 mg/l	1	0,7 %	Goût
Sulfures (S)	OE ≤ 0,05 mg/l	6	4,3 %	Goût et odeur

De l'eau souterraine faiblement minéralisée et récemment infiltrée domine en Outaouais (65 % des échantillons), particulièrement dans les Hautes-terres, et se retrouve dans une proportion plus importante parmi les puits dans les dépôts meubles et dans les aquifères non confinés. De l'eau ayant une forte minéralisation, donc plus évoluée, est également retrouvée dans un grand nombre de puits (22 % des échantillons) et caractérise les aquifères confinés typiques des Basses-terres. Les autres types d'eau sont intermédiaires (13 % des échantillons) et sont souvent situés à des profondeurs supérieures à 70 m.

Les dépassements en fluorures et en uranium sont principalement observés dans des puits d'aquifères fracturés, assez profonds. Des gisements de fluorite et d'uranium sont exploités ou présents dans la région et suggèrent que les dépassements sont expliqués par la nature des roches.

Les faibles taux de dépassements en bore et nitrates-nitrites ne mettent pas en évidence une contamination à l'échelle régionale et peuvent, tout au plus, indiquer une contamination ponctuelle dans le temps et l'espace.

Un dépassement en fer est généralement accompagné par un dépassement en manganèse (pour 89 % des cas). Dans la région, le sous-sol est riche en fer comme en témoigne la présence de quelques gîtes minéraux en fer ainsi que de minéraux riches en fer tels que l'ocre. Il en est probablement de même pour le manganèse. Les dépassements sont répartis sur l'ensemble de la région et proviennent de tout type d'aquifère. Le fer et le manganèse auraient donc une origine naturelle.

Les distributions des dépassements en chlorures, sodium et matière dissoute totale sont assez semblables : ils sont localisés principalement dans les puits aménagés dans le roc des Basses-terres. Ils proviennent des types d'eau intermédiaire et évoluée, car ils sont liés au vieillissement de l'eau (milieu confiné) et à la dissolution des carbonates et silicates. Les vestiges de l'eau salée de la mer de Champlain peuvent aussi être à l'origine des dépassements pour les trois paramètres. La dissolution de calcaire peut aussi entraîner des dépassements de matière dissoute totale accompagnés de valeurs élevées de la dureté de l'eau.

Les dépassements en pH concernent principalement les pH basiques (85 %) et sont répartis sur l'ensemble du territoire, mais majoritairement dans les aquifères confinés des Basses-terres.



F Les dépassements en fluorures et en uranium en Outaouais sont de causes naturelles, liés à la nature de la roche.

Vrai Faux

F Les aquifères de dépôts meubles dans le secteur Pontiac semblent plus propices aux dépassements des critères de qualité de l'eau que les aquifères de roc.

Vrai Faux

M Les dépassements en salinité sont très rares dans le secteur Pontiac.

Vrai Faux

M Des vestiges de l'eau salée de la mer de Champlain peuvent être à l'origine des nombreux dépassements de la matière dissoute totale.

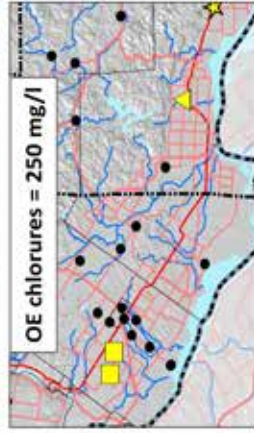
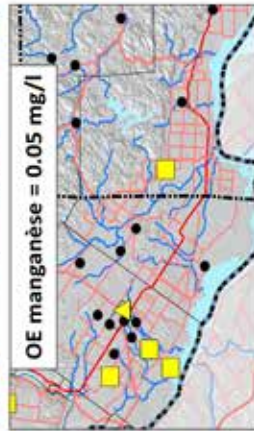
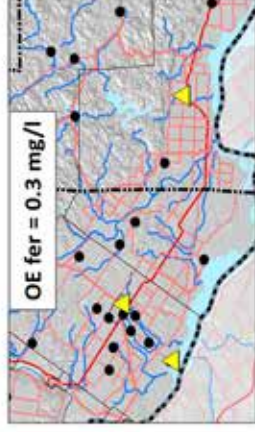
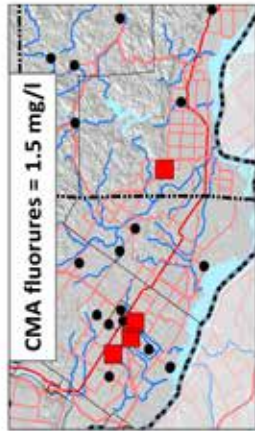
Vrai Faux

M Les conditions de nappe captive présentes dans les Basses-terres sont en partie responsables du long temps de résidence de l'eau souterraine dans les aquifères, et ainsi de la moins bonne qualité de l'eau comparativement aux Hautes-terres.

Vrai Faux

M Pourquoi les dépassements en uranium sont-ils problématiques?

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?



LÉGENDE

Dépassement de critères

- Concentration maximale acceptable (CMA) ■
- Aquifère au roc ▲
- Aquifère dans les dépôts meubles ▲

Objectif esthétique (OE)

- Aquifère au roc ▲
- Aquifère dans les dépôts meubles ▲

- Absence de dépassement ●



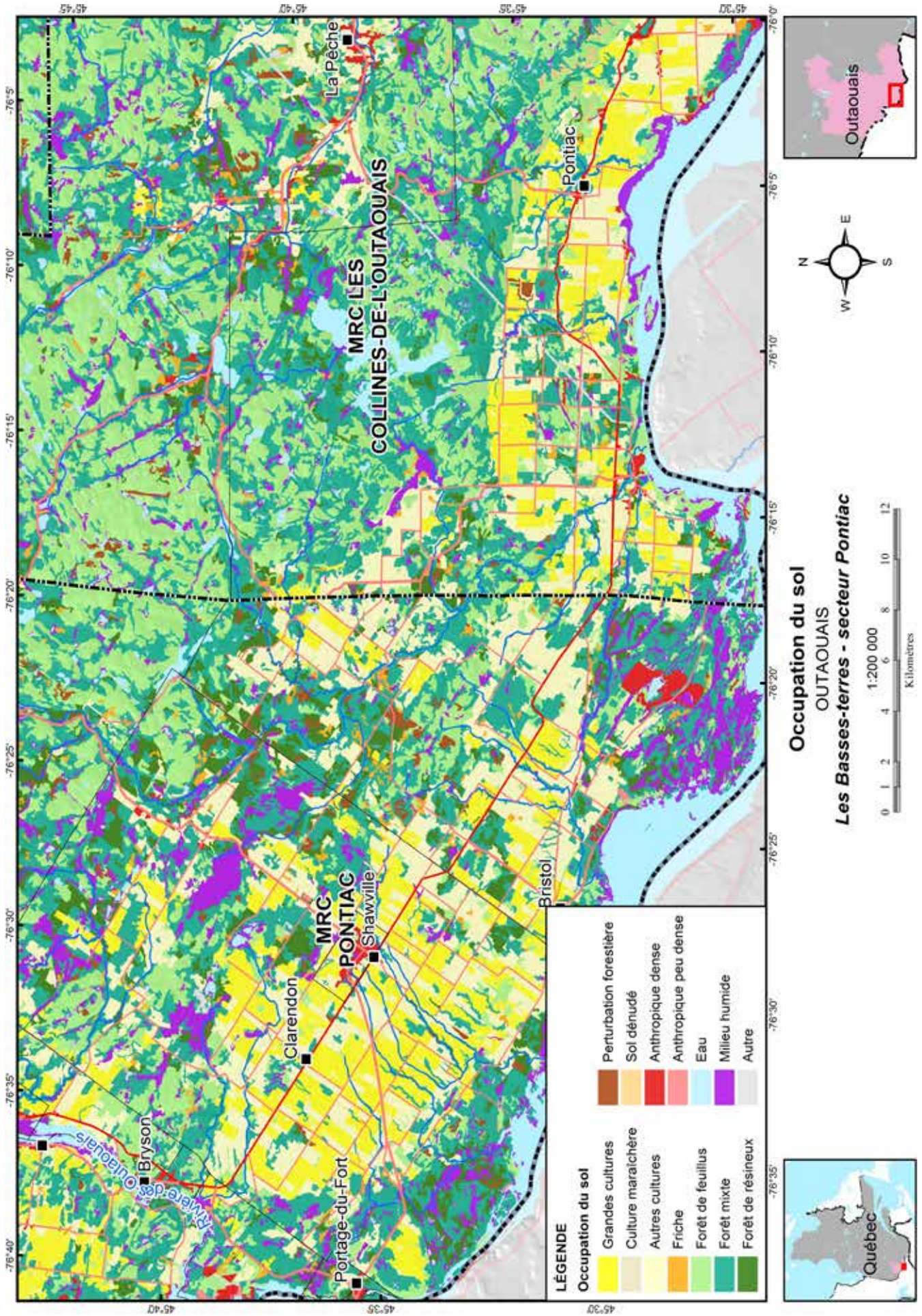
Critères de qualité de l'eau souterraine
OUTAOUAIS
Les Basses-terres - secteur Pontiac

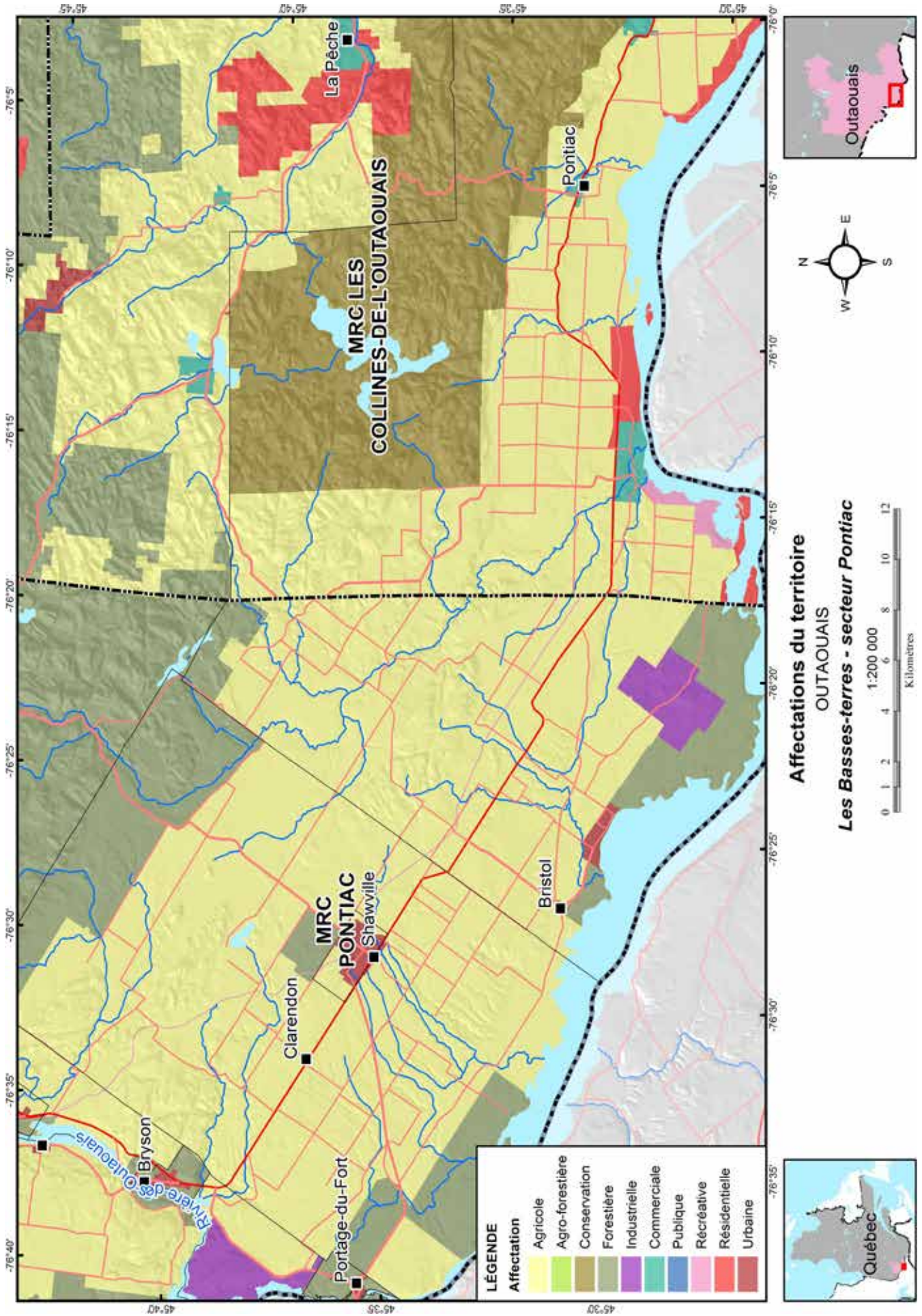


Exercice de synthèse 1 : Si demain une municipalité du secteur des Basses-terres devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?

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

- Bouchard M.F., Sauvé S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M. E., Bouffard T., Limoges E., Bellinger D. C. et Mergler D. (2011). Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environmental Health Perspectives*, 119(1):138-43.
- 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).
- Dubois, J.M. n° 91-04-33, Îles-de-la-Madeleine (Québec) [En ligne], (<http://www.geobase.ca/geobase/fr/data/imagery/guide/dune/pg07.html?jsessionid=1D4511C4F84DBDD15BC3A07E6927E865>). Page consultée le 10 octobre 2014.
- 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).
- 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

Les partenaires du *Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Outaouais* :



Les partenaires du projet *Protéger et gérer les eaux souterraines* :

