

# 1<sup>er</sup> atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est

## RÉPONSES AUX EXERCICES DU CAHIER DU PARTICIPANT

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

Avril 2015



# Niveau de difficulté des questions

**F** facile

**M** moyennement facile

**D** difficile

## Table des matières

Les contextes hydrogéologiques des Appalaches.....	3
Épaisseur des dépôts meubles.....	3
Contextes hydrogéologiques.....	3
Conditions de confinement.....	4
Piézométrie.....	4
Recharge préférentielle et résurgence.....	5
Vulnérabilité.....	5
Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable.....	6
Qualité de l'eau – Critères esthétiques.....	6
Modèle conceptuel – Contexte géologique.....	7
Modèle conceptuel – Conditions d'écoulement et potentiel aquifère.....	7
Modèle conceptuel – Vulnérabilité et qualité de l'eau.....	7
Exercice de synthèse 1.....	8
Exercice de synthèse 2.....	10
Exercice de synthèse 3.....	12
Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres.....	14
Épaisseur des dépôts meubles.....	14
Contextes hydrogéologiques.....	14
Conditions de confinement.....	15
Piézométrie.....	15
Recharge et résurgence.....	16
Vulnérabilité.....	16
Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable.....	17
Qualité de l'eau – Critères esthétiques.....	17
Modèle conceptuel – Contexte géologique.....	18
Modèle conceptuel – Conditions d'écoulement et potentiel aquifère.....	18
Modèle conceptuel – Vulnérabilité et qualité de l'eau.....	18
Exercice de synthèse 1.....	19
Exercice de synthèse 2.....	21
Exercice de synthèse 3.....	23

## Les contextes hydrogéologiques des Appalaches

### Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les dépôts meubles les plus épais dans la municipalité de Granby.		X
F	• La ville de Saint-Liboire repose sur des dépôts meubles de plus de 30 m d'épaisseur.		X
M	• En général, les dépôts meubles sont accumulés dans les vallées.	X	

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

*Pour localiser les milieux aquifères de dépôts meubles, en plus de l'épaisseur des dépôts meubles, il faut considérer le type de dépôts meubles. Par exemple, il est possible que les dépôts meubles d'une zone ayant une grande épaisseur ne soient composés que d'argile et ne constituent pas un milieu aquifère.*

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

*Lors du dernier épisode glaciaire, le passage du glacier a érodé et pris en charge les dépôts meubles accumulés sur les hauts topographiques pour ensuite les déposer plus loin, dans les creux topographiques. Les eaux de fonte lors de la déglaciation ont aussi mis en place des dépôts meubles dans les vallées, là où elles s'écoulaient.*

### Contextes hydrogéologiques

		Vrai	Faux
F	• La séquence de sédiments indifférenciés sur roc domine dans les deux contextes hydrogéologiques des Appalaches.	X	
F	• Sous le centre-ville d'Acton Vale, les sédiments fins reposent directement sur le roc.		X
M	• Le Piedmont contient une couverture de sédiments fins plus étendue que les Hautes-terres.	X	

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

*L'aquifère de roc fracturé se retrouve partout sur le territoire, sous la couverture des dépôts meubles. Il est à la base de chacune des six séquences hydrostratigraphiques définies en Montérégie Est. Les aquifères granulaires (ou de dépôts meubles) sont pour leur part plus localisés, car les sédiments perméables sont souvent discontinus et leur épaisseur n'est souvent pas assez importante pour qu'ils constituent un aquifère qui permettrait le captage de quantité d'eau souterraine appréciable à un puits ou à une source.*

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

*Les dépôts meubles perméables ici sont contenus dans les sédiments qualifiés d'« indifférenciés » dans la légende des séquences hydrostratigraphiques typiques. Toutefois, les sédiments indifférenciés peuvent contenir des sédiments plus fins qui ne sont pas nécessairement perméables, par exemple du till qui est généralement semi-perméable.*

## Conditions de confinement

		Vrai	Faux
F	• Le secteur d'étude est dominé par des conditions à nappe libre.		X
F	• Le centre de la ville de Bromont repose sur une nappe captive.	X	
F	• Les zones à nappe libre sont associées aux hauts topographiques.	X	
M	• Une nappe libre est alimentée par l'eau des précipitations qui provient directement de la surface.	X	

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

*Il y a forcément présence d'une couche imperméable, généralement composée principalement d'argile, pour avoir des conditions à nappe captive. Dans ce projet, une épaisseur de plus de 5 m d'argile a été utilisée pour définir les conditions de nappe captive. Pour les conditions à nappe semi-captive, la présence d'argile n'est pas nécessairement requise. Deux critères ont été utilisés : présence de 1 à 5 m d'argile ou plus de 3 m de sédiments indifférenciés. Dans les Appalaches, les nappes semi-captives sont caractérisées par des épaisseurs modérées de sédiments peu perméables, comme le till.*

## Piézométrie

		Vrai	Faux
F	• L'écoulement régional s'effectue de manière générale des Haute-terres vers le Piedmont.	X	
F	• Les niveaux piézométriques sont en général plus élevés dans la municipalité de Saint-Valérien-de-Milton que dans celle de Waterloo.		X
M	• La municipalité de Roxton Falls reçoit son eau souterraine depuis les hauts topographiques situés au sud de son territoire.	X	
M	• La municipalité d'Acton Vale reçoit la majorité de son eau souterraine de la municipalité d'Upton.		X

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

*À l'échelle régionale, l'écoulement se fait généralement depuis les hauts topographiques, soit les Appalaches à l'est, vers les bas topographiques, soit le Piedmont et éventuellement les Basses-terres à l'ouest.*

## Recharge préférentielle et résurgence

		Vrai	Faux
F	• Les valeurs de recharge les plus élevées sont situées sur les hauts topographiques et les plus faibles dans les vallées.	X	
F	• Les zones de résurgence préférentielle sont souvent associées aux cours d'eau.	X	
F	• Le centre-ville de Saint-Liboire repose majoritairement sur une zone préférentielle de résurgence.		X
M	• Les zones de résurgence préférentielle correspondent aux seuls endroits où l'eau souterraine peut refaire surface.		X

**F** Qu'est-ce qui limite la recharge dans les vallées des Appalaches?

*Les vallées sont caractérisées par la présence de sédiments argileux qui limite la percolation de l'eau souterraine jusqu'à l'aquifère de roc fracturé.*

**M** Comment ont été délimitées les zones de recharge préférentielle dans ce projet? Et les zones de résurgence préférentielle?

*Les zones de recharge préférentielle doivent avoir une recharge supérieure à 250 mm/an, être situées hors des zones captives et être associées à la présence d'un dôme piézométrique d'une superficie supérieure à 1 km<sup>2</sup>. Les zones de résurgence préférentielle doivent avoir une recharge inférieure à 50 mm/an, être situées hors des zones captives, être associées à la présence d'une dépression de la surface piézométrique et le niveau de la nappe doit être inférieur à 1 m de profondeur.*

## Vulnérabilité

		Vrai	Faux
F	• Les zones de vulnérabilité faible coïncident généralement avec les vallées et les zones de vulnérabilité « élevée » avec les hauts topographiques.	X	
F	• Ce sont les sédiments argileux accumulés dans les vallées qui font diminuer la vulnérabilité de l'aquifère à ces endroits.	X	
F	• Le territoire de la municipalité de Roxton Pond présente des zones de vulnérabilité faible, moyenne et élevée.		X
M	• Les zones de recharge préférentielles coïncident généralement avec les zones à vulnérabilité plus élevées.	X	

**M** Pourquoi les vulnérabilités sont-elles en moyenne plus élevées dans les Piedmont que dans les Haute-terres?

*Les pentes plus fortes de la zone des Appalaches internes font diminuer la vulnérabilité, de même que la recharge qui constitue un autre paramètre du calcul de l'indice DRASTIC.*

**D** Bien qu'on retrouve des aquifères superficiels de sable et gravier dans certaines vallées, pourquoi l'indice DRASTIC de la carte ci-contre indique généralement une vulnérabilité plutôt faible dans les vallées?

*En Montérégie Est, la méthode DRASTIC a été appliquée uniquement pour l'aquifère régional de roc fracturé puisque les aquifères granulaires n'y sont pas assez étendus pour être cartographiés à l'échelle régionale. La compréhension des conditions hydrogéologique permet de présumer que les aquifères localisés de sable et gravier situés en surface présentent probablement une vulnérabilité relativement élevée.*

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

		Vrai	Faux
F	• Aucun dépassement en baryum (Ba) et en fluorures (F) n'a été observé dans le secteur des Appalaches ci-contre.	X	
F	• Les dépassements en arsenic (As) et en uranium (U) semblent être reliés à des activités humaines polluantes.		X
M	• Les cartes ci-contre indiquent un problème généralisé de contamination en azote sous forme de nitrites et nitrates (NO <sub>2</sub> -NO <sub>3</sub> ), dû au caractère agricole de la région.		X
M	• Globalement, l'eau souterraine des Appalaches est potable et présente peu de risque pour la santé humaine.	X	

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

*Santé Canada (2014) informe que le baryum est reconnu comme contributeur potentiellement à plusieurs problèmes liés à la santé humaine, les plus reconnus étant l'augmentation de la pression artérielle et des maladies cardiovasculaires.*

**D** Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits, est-ce que l'eau peut être consommée sans traitement?

*Non, pas nécessairement, puisque la qualité bactériologique n'a pas été testée (bactéries totales et e-coli). Toutefois, cet aspect n'a pas été couvert dans ce projet puisque la qualité bactériologique est typiquement liée au puits et à son installation et ne constitue donc pas une problématique régionale. De plus, même si l'eau ne présente aucun dépassement des CMA et ne représente donc aucun danger pour la santé, les objectifs esthétiques devraient être considérés, car leurs effets peuvent être non négligeables ou même inacceptables pour plusieurs consommateurs. Différentes solutions de traitement existent pour diminuer la plupart des paramètres sous le seuil de l'objectif esthétique. De plus, lorsque l'eau est acheminée dans un réseau de distribution desservant plus de 20 personnes, le Règlement sur la qualité de l'eau potable (Gouvernement du Québec, 2015b) exige qu'une désinfection de l'eau par chloration soit effectuée pour préserver sa qualité dans le réseau. Il est également à noter que l'étude du PACES en Montérégie Est n'a pas analysé les pesticides ou les hydrocarbures.*

## Qualité de l'eau – Critères esthétiques

		Vrai	Faux
F	• Les problèmes liés aux matières dissoutes totales (MDT) sont rares dans le secteur des Appalaches.		X
F	• Les dépassements en chlorures (Cl) et en sodium (Na) sont peu fréquents dans le secteur des Appalaches.	X	
F	• Les dépassements en dureté semblent concerner plus les Hautes-terres que le Piedmont.		X
M	• Les dépassements en fer (Fe) et en manganèse (Mn) semblent être liés à la minéralogie du socle rocheux.	X	

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

*Santé Canada (2014) informe que l'eau très douce (dureté faible, <60 CaCO<sub>3</sub> mg/L) peut entraîner un problème de corrosion des canalisations et en conséquence, certains métaux lourds comme le cuivre, le zinc, le plomb et le cadmium peuvent se retrouver dans l'eau du réseau de distribution. Inversement, l'eau dure (dureté élevée, >200 mg/L) peut causer l'entartrage et le colmatage des*

canalisations domestiques. L'entartrage des ustensiles de cuisine peut aussi contribuer à augmenter la consommation de savon. L'eau dure est donc à la fois un désagrément et un fardeau économique pour le consommateur. La dureté acceptable par le public varie selon les villes; elle est souvent liée au degré de dureté auquel le consommateur est habitué : dans de nombreuses villes, on tolère une dureté supérieure à 200 mg/L. On prétend qu'une dureté comprise entre 80 et 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub> assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage.

### Modèle conceptuel – Contexte géologique

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

### Modèle conceptuel – Conditions d'écoulement et potentiel aquifère

		Vrai	Faux
F	• Les flèches d'écoulement indiquent qu'il y aurait résurgence significative d'eau souterraine dans les cours d'eau.	X	
F	• Les zones de recharge sont associées aux endroits où l'aquifère de roc est en condition semi-captive ou captive.		X
M	• Les aquifères de dépôts meubles présents dans les vallées n'offrent pas un potentiel assez important pour alimenter des puits municipaux.		X
M	• Les Basses-terres sont en partie alimentées par un écoulement profond d'eau souterraine rechargée dans les Hautes-terres.	X	

### Modèle conceptuel – Vulnérabilité et qualité de l'eau

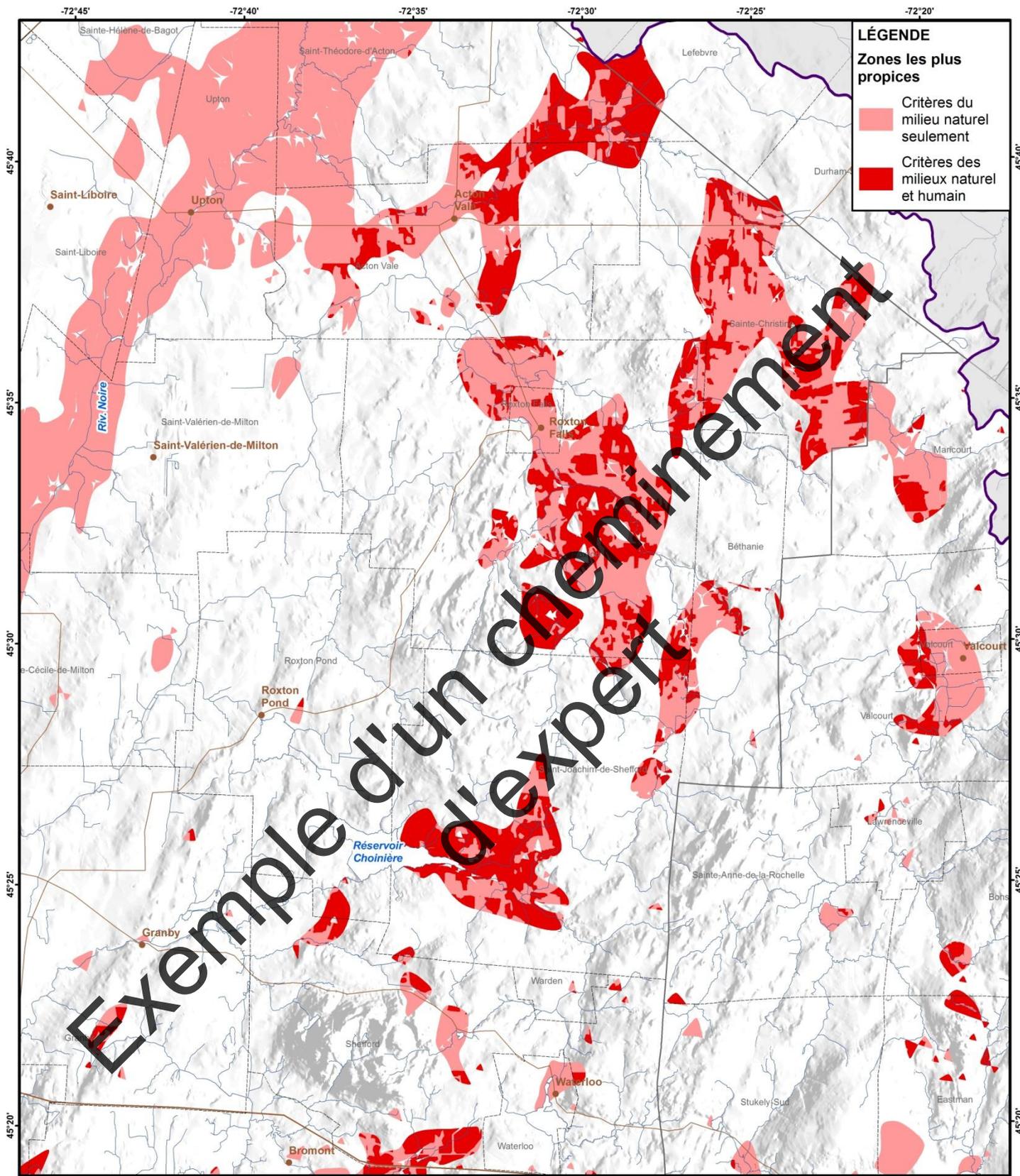
		Vrai	Faux
F	• L'eau souterraine est de meilleure qualité au cœur des Appalaches plutôt qu'en bordure des Basses-terres.	X	
F	• Les zones les plus vulnérables à la contamination sont associées aux zones de recharge.	X	
M	• Dans le Piedmont, l'eau est de qualité passable due à un possible mélange d'eau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

### *Exercice de synthèse 1*

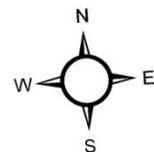
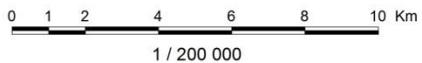
*Si demain une municipalité du secteur des Appalaches devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?*

Exemple d'un cheminement d'expert :

<b>Cartographie</b>	<b>Critère</b>
<b><i>Milieu naturel</i></b>	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\geq 10</math> m d'épaisseur</li></ul>
Contextes hydrogéologiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sédiments fins sur sédiments indifférenciés sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur till sur roc</li></ul>
Conditions de confinement	
Piézométrie	
Recharge et résurgence	
Vulnérabilité	
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau de qualité acceptable</li><li>• Eau de qualité passable</li></ul>
<b><i>Milieu humain</i></b>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zones forestières</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agroforestière</li><li>• Conservation</li><li>• Forestière</li><li>• Publique</li><li>• Récréative</li></ul>



**Exercice de synthèse 1**  
**Montérégie Est - Les Appalaches**

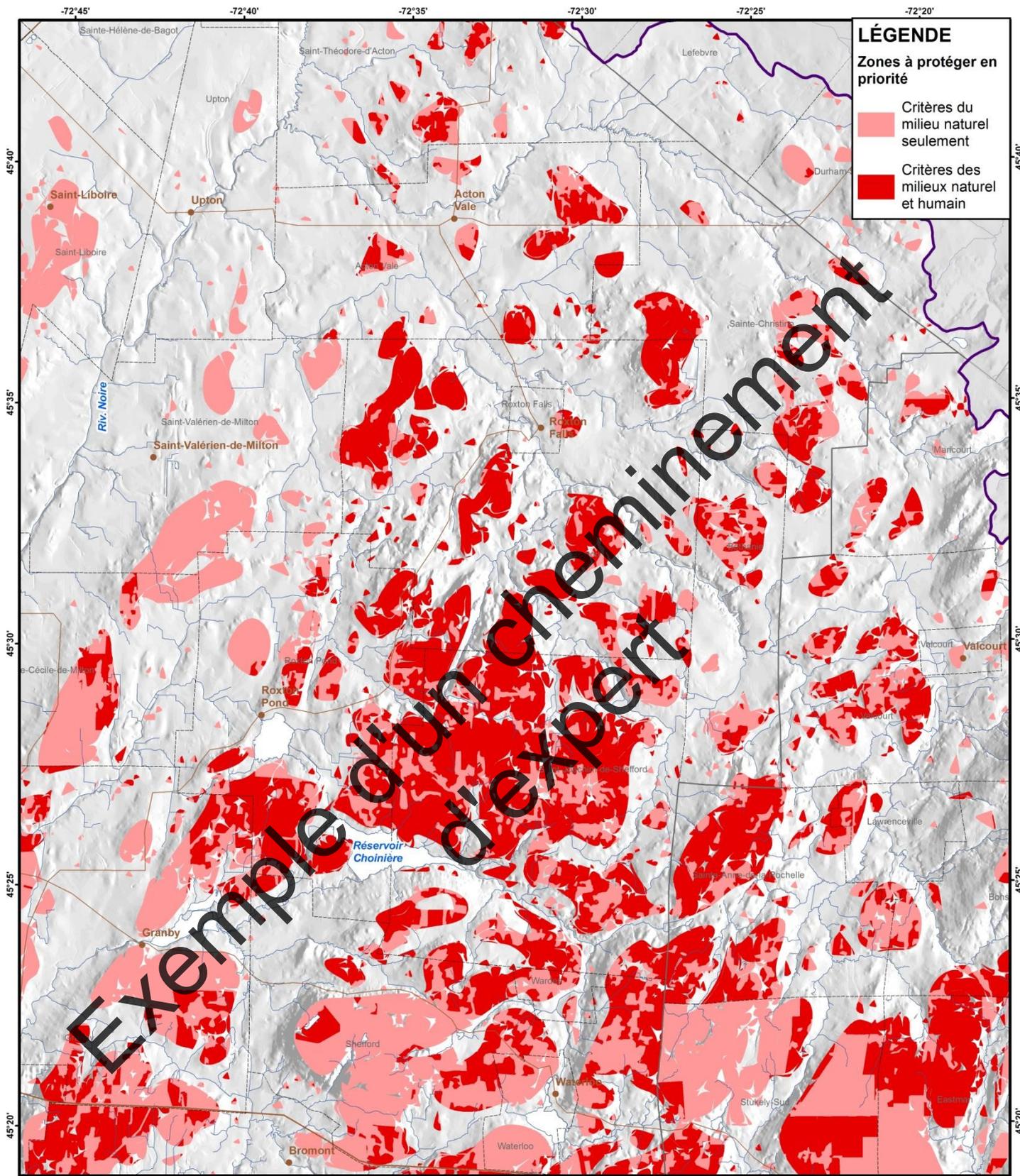


## Exercice de synthèse 2

Dans le secteur des Basses-Terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
<b>Milieu naturel</b>	
Épaisseur des dépôts meubles	
Contextes hydrogéologiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur roc</li></ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"><li>• Libre</li><li>• Semi-captif</li></ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recharge &gt; 250 mm/an</li><li>• À l'intérieur des zones de recharge préférentielle</li></ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Degré « élevé » : (indice DRASTIC de 180 ou plus)</li><li>• Degré « moyen » (indice DRASTIC de plus de 100 et de moins de 180)</li></ul>
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau de qualité acceptable</li><li>• Eau de qualité passable</li></ul>
<b>Milieu humain</b>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zones humides</li><li>• Zones forestières</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agroforestière</li><li>• Conservation</li><li>• Forestière</li><li>• Publique</li><li>• Récréative</li></ul>



**LÉGENDE**

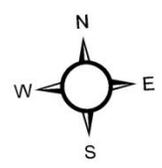
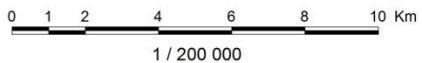
**Zones à protéger en priorité**

- Critères du milieu naturel seulement
- Critères des milieux naturel et humain

Exemple d'un cheminement d'expert



**Exercice de synthèse 2**  
**Montérégie Est - Les Appalaches**

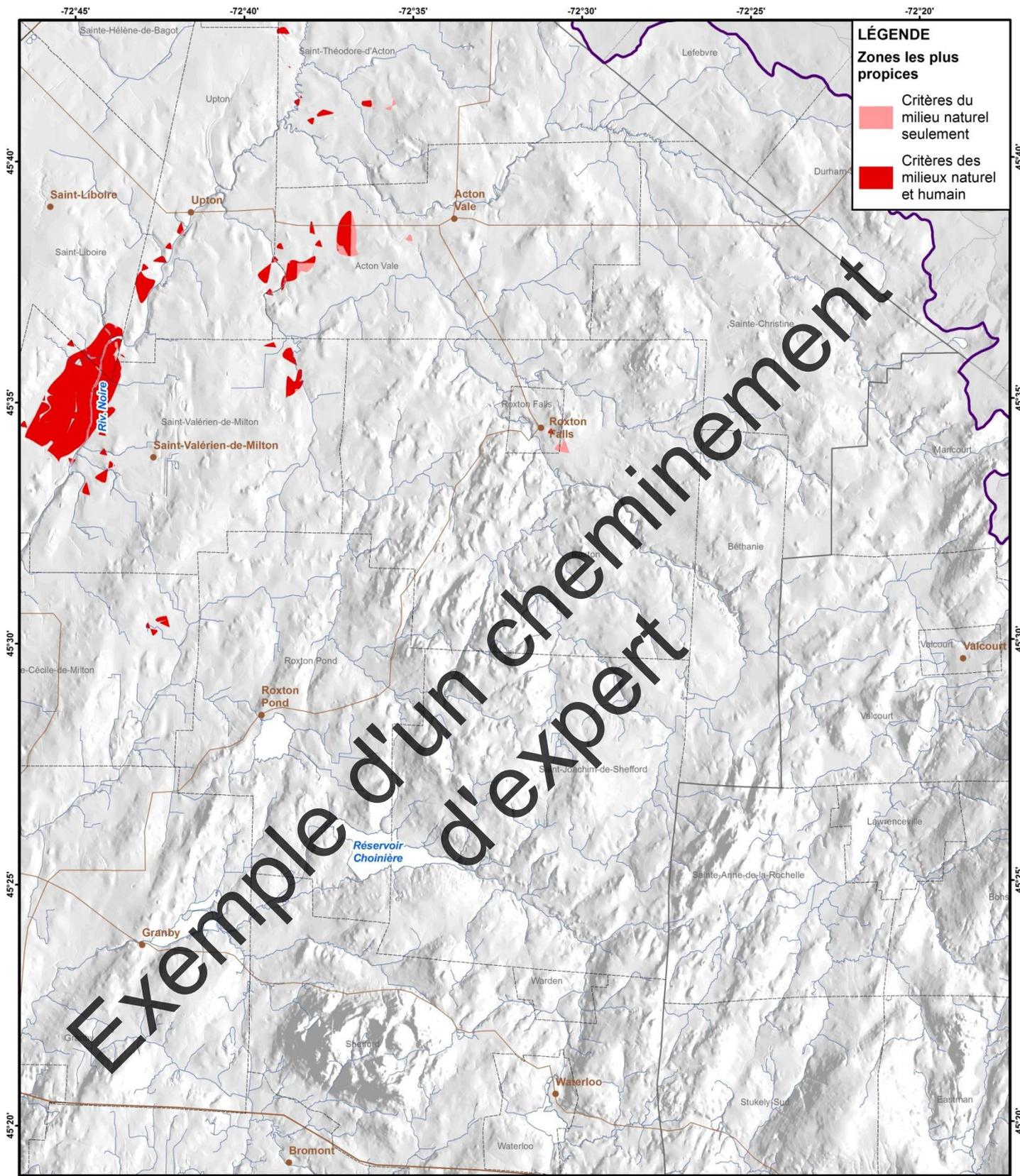


### Exercice de synthèse 3

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

Exemple d'un cheminement d'expert :

<b>Cartographie</b>	<b>Critère</b>
<b>Milieu naturel</b>	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\geq 5</math> m d'épaisseur</li></ul>
Contextes hydrogéologiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sédiments fins sur sédiments indifférenciés sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur till sur roc</li></ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"><li>• Captif</li></ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recharge <math>&lt; 50</math> mm/an</li><li>• À l'extérieur des limites des zones de recharge préférentielle</li></ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Degré « faible » : (indice DRASTIC de 100 ou moins)</li></ul>
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau de qualité non potable</li><li>• Eau de qualité passable</li></ul>
<b>Milieu humain</b>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zones urbaines</li><li>• Zones agricoles</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agricole</li><li>• Commerciale</li><li>• Industrielle</li><li>• Résidentielle</li><li>• Urbaine</li></ul>



**LÉGENDE**

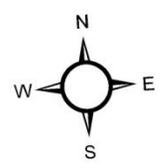
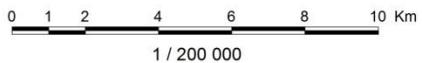
**Zones les plus propices**

- Critères du milieu naturel seulement
- Critères des milieux naturel et humain

Exemple d'un cheminement d'expert



**Exercice de synthèse 3**  
**Montérégie Est - Les Appalaches**



## Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres

### *Épaisseur des dépôts meubles*

		Vrai	Faux
F	• Les dépôts meubles sont plus épais dans la partie nord des Basses-terres que dans sa partie sud.	X	
F	• Les dépôts meubles sont particulièrement épais sur les Montérégiennes.		X
D	• La fiabilité de l'estimation de l'épaisseur des dépôts est partout très bonne.		X

**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)?

*Non, car dans les Basses-terres, la topographie est généralement plane (à l'exception des Montérégiennes), tandis que l'épaisseur des dépôts meubles varie. C'est plutôt la topographie du roc enfoui qui influence les accumulations de dépôts meubles.*

### *Contextes hydrogéologiques*

		Vrai	Faux
F	• La séquence de sédiments indifférenciés sur roc domine dans les deux contextes hydrogéologiques des Basses-terres.		X
F	• L'étendue et l'épaisseur de l'argile sont moins importantes dans les Basses-terres sud.	X	
M	• Cette carte permet de localiser les aquifères de dépôt meubles potentiellement exploitables.		X

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

*Son épaisseur n'est généralement pas suffisante pour permettre le captage de quantités d'eau souterraine importantes. Toutefois, cet aquifère superficiel est parfois utilisé pour des faibles débits. La nappe sous-jacente à la couverture d'argile pourrait fournir un potentiel aquifère intéressant, mais l'eau saumâtre qu'elle contient n'est pas potable.*

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

*Les collines montérégiennes représentaient des obstacles à l'écoulement du glacier du dernier épisode glaciaire. Le côté de l'amont glaciaire (nord-nord-ouest) était donc plus propice à l'érosion glaciaire tandis que le côté de l'aval glaciaire (sud-sud-est), était plus propice à la mise en place de dépôts meubles. On y retrouve des sédiments glaciaires plus épais et parfois plus grossiers et intercalés de sédiments fluvioglaciaires grossiers.*

## Conditions de confinement

		Vrai	Faux
F	• Le secteur de Saint-Jean-sur-Richelieu et d'Iberville est dominé par des conditions de nappes captives.		X
M	• L'aquifère de roc fracturé des collines montréalaises est bien protégé de la contamination provenant directement de la surface.		X
M	• Une nappe captive est alimentée par l'eau des précipitations.	X	

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

*Les collines montréalaises constituaient des îles dans la mer de Champlain et n'ont donc pas été recouvertes d'argile marine (à l'exception de la base de leur flanc).*

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

*Cela dépend. Il peut être plus avantageux d'exploiter un aquifère à nappe captive, car, grâce à l'unité géologique imperméable sus-jacente, il est protégé de la contamination provenant de la surface. Il n'est par contre pas protégé d'un contaminant qui proviendrait de l'écoulement latéral de l'eau souterraine. Les aquifères à nappe libre ont l'avantage de constituer des zones de recharge et l'eau y est typiquement de bonne qualité. Ces aquifères sont par contre plus vulnérables.*

## Piézométrie

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés au niveau des collines montréalaises.	X	
F	• De manière générale, l'écoulement pour le secteur d'étude s'effectue dans l'axe est-ouest, vers les cours d'eau principaux.	X	
M	• La municipalité de Mont-Saint-Hilaire reçoit son eau souterraine des municipalités limitrophes.		X
M	• L'eau souterraine de la municipalité de Saint-Damase s'écoule vers les municipalités limitrophes situées au nord et au sud.		X

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

*Il est important de connaître d'où provient l'eau souterraine qui est consommée pour permettre l'évaluation des menaces pouvant exister sur la quantité et la qualité de l'eau provenant des territoires en amont des sources d'eau potable.*

## Recharge et résurgence

		Vrai	Faux
F	• Les collines montérégiennes sont des zones de recharge préférentielle.	X	
F	• Il n'y a aucune zone de recharge préférentielle dans le contexte des Basses-terres nord.		X
F	• La couverture argileuse épaisse et continue limite la recharge et la résurgence dans la portion nord des Basses-terres.	X	
M	• Les zones de recharge préférentielle sont localisées dans les endroits où la nappe est très près de la surface.		X

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

*Les milieux humides regroupent les sites saturés en eau ou inondés durant une période suffisante pour influencer la végétation et le substrat. Ils sont souvent alimentés par l'eau souterraine et représentent des zones de résurgence diffuse.*

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

*Ils sont alimentés par écoulement latéral de l'eau souterraine provenant de la portion de l'aquifère en amont piézométrique qui reçoit une recharge significative, lorsque la couche imperméable (aquitard) diminue en épaisseur ou même disparaît.*

## Vulnérabilité

		Vrai	Faux
F	• La vulnérabilité est partout faible dans les Basses-terres nord.		X
F	• La vulnérabilité est en majorité « moyenne » dans les Basses-terres sud.	X	
F	• Le territoire de la municipalité de Saint-Césaire présente en majorité une vulnérabilité faible de l'aquifère de roc.	X	
D	• Cette carte permet de déterminer avec fiabilité la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits si cette dernière est connue.		X

**M** Pourquoi les collines montérégiennes, même si ce sont des zones de recharge importantes, présentent des vulnérabilités faibles?

*Les fortes pentes et la profondeur importante de la nappe font diminuer significativement l'indice DRASTIC.*

**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?

*L'aquifère pourrait être contaminé par l'épandage d'un polluant en amont piézométrique où la vulnérabilité serait plus élevée. L'écoulement latéral pourrait ensuite acheminer l'eau souterraine contaminée vers la portion de l'aquifère ayant un indice DRASTIC faible.*

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

		Vrai	Faux
F	• Globalement, l'eau souterraine des Basses-terres nord est non potable, principalement parce qu'elle est saumâtre.	X	
F	• Aucun dépassement en baryum (Ba) et en fluorures (F) n'a été observé dans le secteur des Basses-terres ci-contre.		X
M	• Dans la zone d'eau passable, l'aquifère rocheux contient un mélange d'eau douce de recharge récente et de l'eau salée ancienne de la mer de Champlain.	X	
M	• Les échantillons d'eau analysés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique, de pesticide ou d'hydrocarbure n'existe sur le territoire.		X

**M** D'où provient la contamination en fluorures (F) mesurée dans certains puits?

*Les dépassements en fluorures (F) proviennent exclusivement de puits au roc, et sont concentrés en périphérie de la zone d'eau saumâtre. La présence naturelle de minéraux argileux dans le roc expliquerait ces concentrations importantes en fluorures (F).*

**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?

*Un suivi de la qualité de l'eau à la source devrait être effectué dans tous les puits d'alimentation en eau potable. Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Il est donc possible qu'une contamination ait lieu dans d'autres puits n'ayant pas été échantillonnés, même s'ils sont à proximité. De plus, les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le moment où l'échantillon a été récolté. Les valeurs des paramètres pourraient varier dans le temps, (jours, saisons ou années). Finalement, l'étude du PACES en Montérégie Est ne s'est pas intéressée aux problématiques locales reliées par exemple aux contaminations bactériologiques, de pesticides ou d'hydrocarbures qui peuvent affecter la santé humaine.*

## Qualité de l'eau – Critères esthétiques

		Vrai	Faux
F	• Les dépassements en chlorures (Cl) et en sodium (Na) sont fréquents dans le secteur des Basses-Terres.	X	
F	• Les dépassements en fer (F) et en manganèse (Mn) sont rencontrés partout en Montérégie Est.	X	
F	• Les fortes concentrations en sulfures (H <sub>2</sub> S), qui entraînent une odeur d'œuf pourri, seraient causées par des activités humaines.		X

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

*La zone d'eau non potable correspond à la zone d'eau saumâtre, vestige de la mer de Champlain, pour laquelle la salinité de l'eau souterraine est trop élevée pour la consommation humaine. Or, le cation Na et l'ion Cl, lorsque jumelé en Na-Cl, forment un sel bien connu. La couche d'argile et silt empêche une recharge efficace. En conséquence, seul un lessivage partiel de cette eau a été réalisé dans les 10 derniers millénaires.*

### Modèle conceptuel – Contexte géologique

		Vrai	Faux
F	• Les argiles de la mer de Champlain ne se retrouvent que du côté nord du Mont Rougemont.		X
F	• On retrouve des sédiments perméables sur le pourtour du Mont Rougemont.	X	
M	• On ne retrouve des dépôts meubles perméables enfouis que dans les Basses-terres nord.		X
M	• Le roc pourrait être plus fracturé, donc plus perméable, à proximité des dykes et intrusions montérégiennes.	X	

### Modèle conceptuel – Conditions d'écoulement et potentiel aquifère

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

### Modèle conceptuel – Vulnérabilité et qualité de l'eau

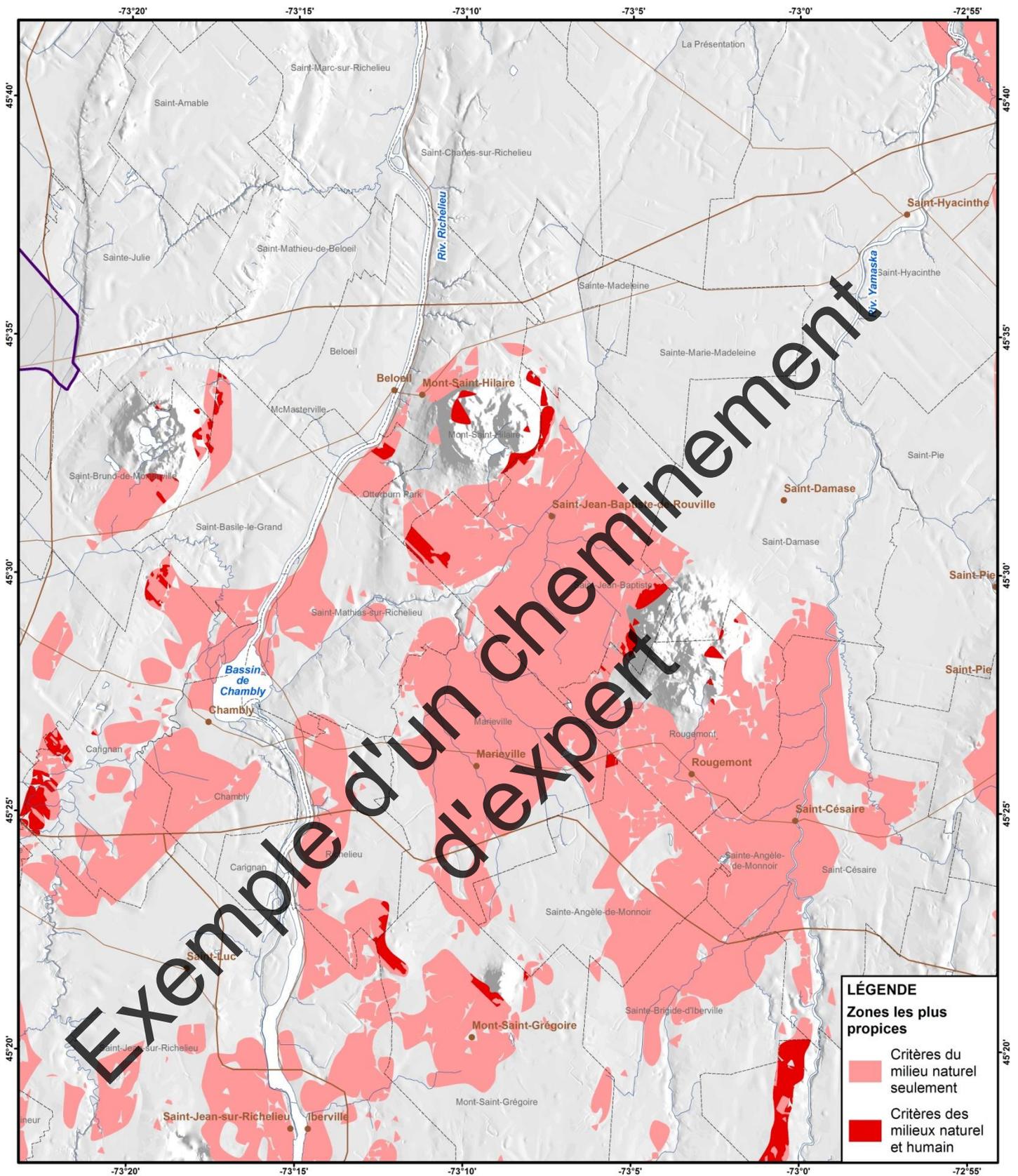
		Vrai	Faux
F	• Puisqu'il constitue une importante zone de recharge, le Mont Rougemont contient l'eau de la meilleure qualité de cette coupe.	X	
F	• Les zones à vulnérabilité faible correspondent aux secteurs où l'aquifère de roc est enfoui sous d'épais sédiments perméables.		X
M	• La dilution de l'eau saumâtre présente dans les Basses-terres nord est limitée par l'écoulement restreint vers le nord.	X	
M	• L'eau de qualité passable autour du Mont Rougemont ne présente aucun problème pouvant affecter la santé humaine.		X

### *Exercice de synthèse 1*

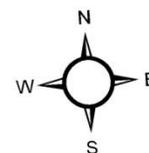
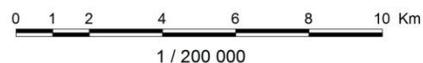
*Si demain une municipalité du secteur des Basses-Terres devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?*

Exemple d'un cheminement d'expert :

<b>Cartographie</b>	<b>Critère</b>
<b><i>Milieu naturel</i></b>	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\geq 10</math> m d'épaisseur</li></ul>
Contextes hydrogéologiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sédiments fins sur sédiments indifférenciés sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur till sur roc</li></ul>
Conditions de confinement	
Piézométrie	
Recharge et résurgence	
Vulnérabilité	
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau de qualité acceptable</li><li>• Eau de qualité passable</li></ul>
<b><i>Milieu humain</i></b>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zones forestières</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agroforestière</li><li>• Conservation</li><li>• Forestière</li><li>• Publique</li><li>• Récréative</li></ul>



**Exercice de synthèse 1**  
**Montérégie Est - Les Basses-terres**

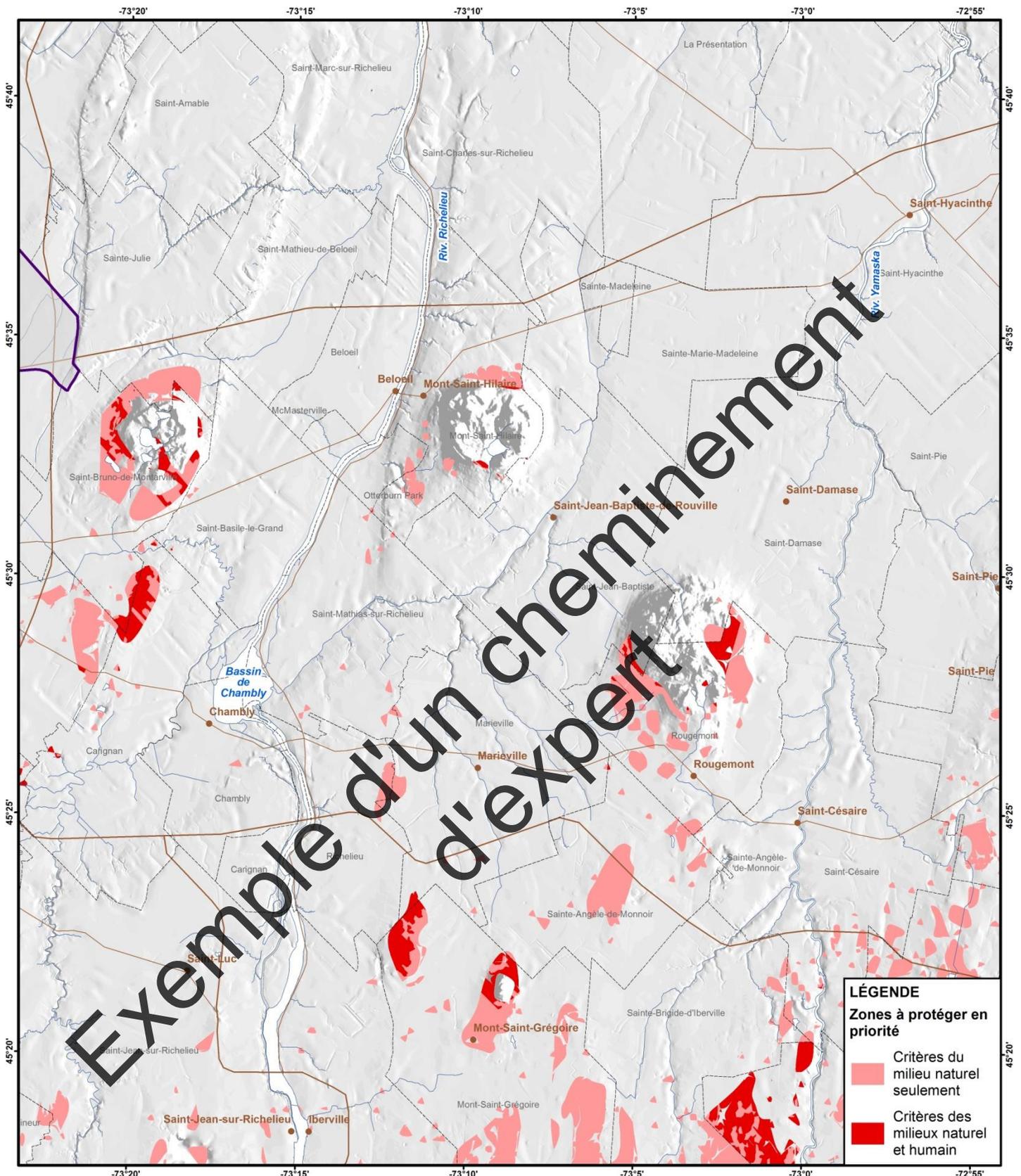


## Exercice de synthèse 2

Dans le secteur des Basses-Terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
<b>Milieu naturel</b>	
Épaisseur des dépôts meubles	
Contextes hydrogéologiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur roc</li></ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"><li>• Libre</li><li>• Semi-captif</li></ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recharge &gt; 250 mm/an</li><li>• À l'intérieur des zones de recharge préférentielle</li></ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Degré « élevé » : (indice DRASTIC de 180 ou plus)</li><li>• Degré « moyen » (indice DRASTIC de plus de 100 et de moins de 180)</li></ul>
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau de qualité acceptable</li><li>• Eau de qualité passable</li></ul>
<b>Milieu humain</b>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zones humides</li><li>• Zones forestières</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agroforestière</li><li>• Conservation</li><li>• Forestière</li><li>• Publique</li><li>• Récréative</li></ul>

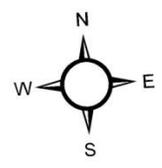
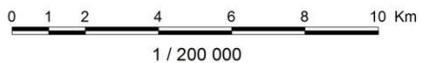


**LÉGENDE**  
**Zones à protéger en priorité**

- Critères du milieu naturel seulement
- Critères des milieux naturel et humain



**Exercice de synthèse 2**  
**Montérégie Est - Les Basses-terres**

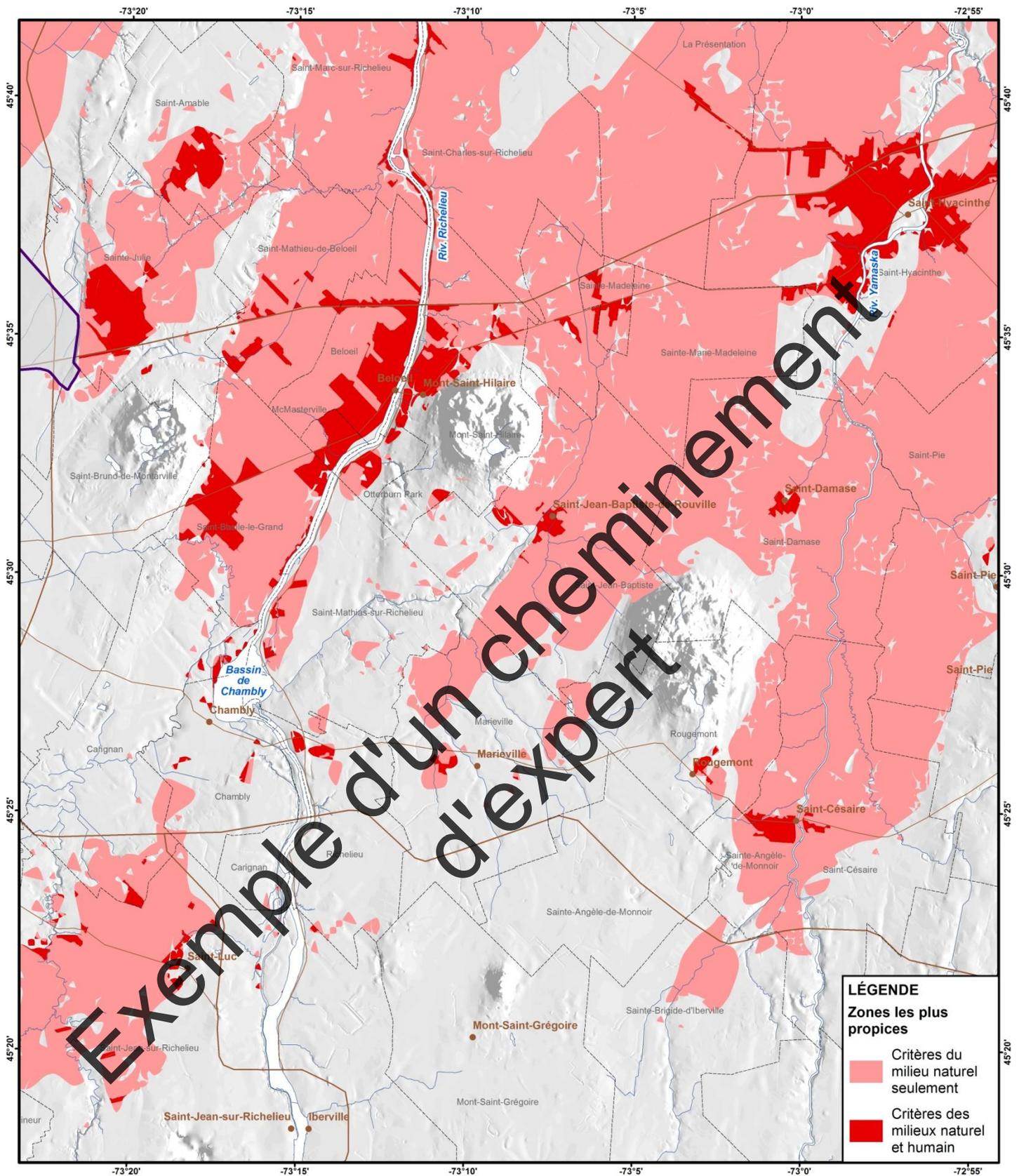


### Exercice de synthèse 3

*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?*

Exemple d'un cheminement d'expert :

<b>Cartographie</b>	<b>Critère</b>
<b>Milieu naturel</b>	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\geq 5</math> m d'épaisseur</li></ul>
Contextes hydrogéologiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sédiments fins sur sédiments indifférenciés sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur roc</li><li>• Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur till sur roc</li></ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"><li>• Captif</li></ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recharge <math>&lt; 50</math> mm/an</li><li>• À l'extérieur des limites des zones de recharge préférentielle</li></ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Degré « faible » : (indice DRASTIC de 100 ou moins)</li></ul>
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau de qualité non potable</li><li>• Eau de qualité passable</li></ul>
<b>Milieu humain</b>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zones urbaines</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Commerciale</li><li>• Industrielle</li><li>• Résidentielle</li><li>• Urbaine</li></ul>



**Exercice de synthèse 3**  
**Montérégie Est - Les Basses-terres**

