

1^{er} atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec

RÉPONSES AUX EXERCICES DU CAHIER DU PARTICIPANT

Atelier organisé par :
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,
l'Université Laval
la Communauté métropolitaine de Québec
et l'Université du Québec à Trois-Rivières

Mai 2015



Niveau de difficulté des questions

F facile

M moyennement facile

D difficile

Table des matières

Les contextes hydrogéologiques des Laurentides	3
Coupe hydrostratigraphique	3
Épaisseur des dépôts meubles.....	3
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles.....	4
Confinement.....	4
Piézométrie	5
Recharge	5
Vulnérabilité	6
Qualité de l'eau.....	6
Exercice de synthèse	7
Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres.....	9
Coupe hydrostratigraphique	9
Épaisseur des dépôts meubles.....	9
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles.....	10
Confinement.....	10
Piézométrie	11
Recharge	11
Vulnérabilité	12
Qualité de l'eau.....	12
Exercice de synthèse	13
Les contextes hydrogéologiques des Appalaches.....	15
Coupe hydrostratigraphique	15
Épaisseur des dépôts meubles.....	15
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles.....	16
Confinement.....	16
Piézométrie	17
Recharge	17
Vulnérabilité	17
Qualité de l'eau.....	18
Exercice de synthèse	19

Les contextes hydrogéologiques des Laurentides

Coupe hydrostratigraphique

		Vrai	Faux
F	• L'aquifère de dépôts meubles de sables et graviers deltaïques est partout présent sur les coupes.	X	
F	• L'aquifère de dépôts meubles de sables et graviers deltaïques est le seul aquifère potentiellement exploitable sur ces coupes.	X	
F	• Les silts prodeltaïques confinent l'aquifère de sables deltaïques de façon continue.		X

M Quelle est la séquence stratigraphique complète des coupes présentées et quelle est le caractère aquifère ou aquitard de chacune des couches?

La séquence stratigraphique complète se retrouve où les couches silteuses prodeltaïques et les silts glaciomarins sont observés. La séquence complète est donc, de la surface jusqu'à sa base, composée de sables et graviers deltaïques (aquifère), de silts prodeltaïques (aquitard), encore des sables et graviers deltaïques (aquifère), des silts glaciomarins (aquitard), des sables et graviers fluvioglaciers (aquifère) et le roc fracturé (aquifère).

M Pourquoi considère-t-on, à l'échelle régionale, l'important aquifère de dépôts meubles de la vallée de la Jacques-Cartier comme étant en lien hydraulique avec l'aquifère de roc, malgré la présence d'horizons silteux imperméables?

Les couches de silt, qu'elles soient d'origine prodeltaïque ou glaciomarine, sont discontinues et n'empêchent pas, à l'échelle régionale, l'écoulement de l'eau de l'aquifère de sables et graviers deltaïques vers l'aquifère de roc fracturé, et vice-versa.

D Pourquoi indique-t-on deux élévations de nappe différentes au droit des horizons de silt prodeltaïque?

La présence d'un horizon de silt prodeltaïque imperméable divise l'eau souterraine en deux nappes distinctes, soit celle au-dessus qui est en condition de nappe libre et celle en dessous qui est en condition de nappe captive. Pour chacune de ces deux nappes, la combinaison de la gravité et de la pression de l'eau résulte en deux surfaces piézométriques différentes, donc deux élévations différentes des nappes. On utilise le terme nappe perchée pour celle qui se situe au-dessus de l'horizon de silt.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Les dépôts meubles les plus épais se retrouvent au pourtour du lac Saint-Charles.		X
F	• Les dépôts meubles les plus minces correspondent au sommet des collines.	X	
M	• De manière générale, l'estimation de l'épaisseur des dépôts meubles est plus fiable dans les vallées des Laurentides.	X	

F Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur d'étude et quelle est cette épaisseur approximative?

L'épaisseur maximale d'environ 50 m est observée dans la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier à l'ouest de la rivière Jacques-Cartier.

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.

Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

	Vrai	Faux
F • Les aquifères de dépôts meubles sont localisés dans les vallées.	X	
F • Les aquifères de dépôts meubles ne dépassent jamais 30 m d'épaisseur dans le secteur d'étude.		X
F • Les aquifères de dépôts meubles correspondent à des zones où l'épaisseur totale des dépôts meubles est importante.	X	

F Quels sont les types de sédiments considérés pour la délimitation des aquifères de dépôts meubles ?

Les sédiments les plus grossiers, soit le sable, le sable et gravier, et le dépôt hétérogène sont considérés.

D Pourquoi une épaisseur plus importante des sédiments hétérogènes (7,5 m) a été considérée pour la délimitation des aquifères de dépôts meubles, en comparaison avec l'épaisseur des sables et des sables et graviers (5 m) ?

La présence potentielle d'horizons de silt prodeltaïque imperméable, que l'on retrouve par exemple de manière discontinue dans la vallée de la rivière Jacques-Cartier, a été prise en compte en considérant une épaisseur plus importante des sédiments hétérogènes. Une épaisseur relativement importante de sédiments hétérogènes doit être présente pour avoir suffisamment de sédiments grossiers.

Confinement

	Vrai	Faux
F • L'aquifère de roc fracturé de Lac-Beauport est partout non confiné sur le secteur d'étude.	X	
F • On retrouve des aquifères confinés sur certains sommets de collines.		X
M • Les zones confinées ou semi-confinées sont localisées dans les vallées puisqu'on y retrouve des sédiments fluvioglaciaires mis en place par les eaux de fonte des glaciers.		X
M • Un aquifère non confiné est alimenté par l'eau des précipitations qui provient directement de la surface.	X	

F Quels sont les types de sédiments considérés pour la détermination des conditions de confinement ?

Les sédiments les plus fins, soit le silt et l'argile silteuse, le silt sableux ou graveleux, et le dépôt hétérogène sont considérés.

M Que signifient les conditions de confinement discontinu?

La présence potentielle d'horizons de silt prodeltaïque imperméable, que l'on retrouve par exemple de manière discontinue dans la vallée de la rivière Jacques-Cartier, peut confiner localement les aquifères sous-jacents. À l'échelle régionale de réalisation de l'analyse, il n'a pas été possible de localiser les horizons de silt et donc de déterminer localement les conditions de confinement. L'aquifère de roc fracturé peut varier à l'échelle locale entre confiné, semi-confiné ou libre.

Piézométrie

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés sur les versants des collines.		X
F	• L'eau souterraine s'écoule des niveaux piézométriques élevés aux niveaux piézométriques faibles.	X	
M	• L'eau souterraine fait résurgence rapidement dans le fond des vallées escarpées dans le nord du secteur d'étude et passe donc peu de temps dans l'aquifère de roc fracturé.	X	
M	• La municipalité de Lac-Delage reçoit son eau souterraine depuis les municipalités limitrophes.	X	

F Quelle est la variation maximale du niveau piézométrique observé sur le secteur d'étude?

Le niveau piézométrique varie de près de 500 m, soit d'environ 650 m depuis le plus haut sommet du secteur d'étude au nord de Stoneham, jusqu'à environ 150 m dans la vallée des rivières Jacques-Cartier et Saint-Charles.

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

		Vrai	Faux
F	• Les taux de recharge varient peu sur le secteur d'étude.		X
M	• La pente du terrain plus forte sur les versants des collines augmente la recharge.		X

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. Quel est le facteur ayant généralement le plus d'influence?

La perméabilité des matériaux depuis la surface jusqu'à l'aquifère contenant la nappe est le facteur dominant. Des matériaux très perméables favorisent grandement l'infiltration et la circulation de l'eau souterraine jusqu'à la nappe tandis que des matériaux fins imperméables limitent grandement la recharge.

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.

Vulnérabilité

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les trois classes de degrés de vulnérabilité sur ce secteur d'étude, soit faible, moyen et élevé.	X	
F	• L'aquifère de dépôts meubles situé au sud de Lac-Beauport est particulièrement vulnérable à la pollution qui pourrait provenir de la surface.	X	
F	• Les dépôts meubles grossiers présents dans les vallées sont responsables des indices DRASTIC relativement faibles.		X

M Pourquoi la vulnérabilité n'est-elle pas élevée sur les hauts topographiques?

Sur les plateaux des Laurentides, le roc peu perméable près de la surface et recouvert par des dépôts de till plus ou moins perméable, de même que les pentes fortes, sont des facteurs qui diminuent la vulnérabilité, malgré l'absence de dépôts meubles fins.

Qualité de l'eau

		Vrai	Faux
F	• Les problèmes liés au baryum dans l'eau potable sont fréquents sur le secteur d'étude.		X
F	• Les dépassements en fluorures du secteur d'étude proviennent tous d'échantillons prélevés dans le roc.	X	
M	• Les roches du Bouclier Canadien rendraient le pH de l'eau souterraine relativement neutre.		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.

M Est-ce que les activités humaines sont responsables des dépassements des normes pour l'eau potable (expliquez votre raisonnement)?

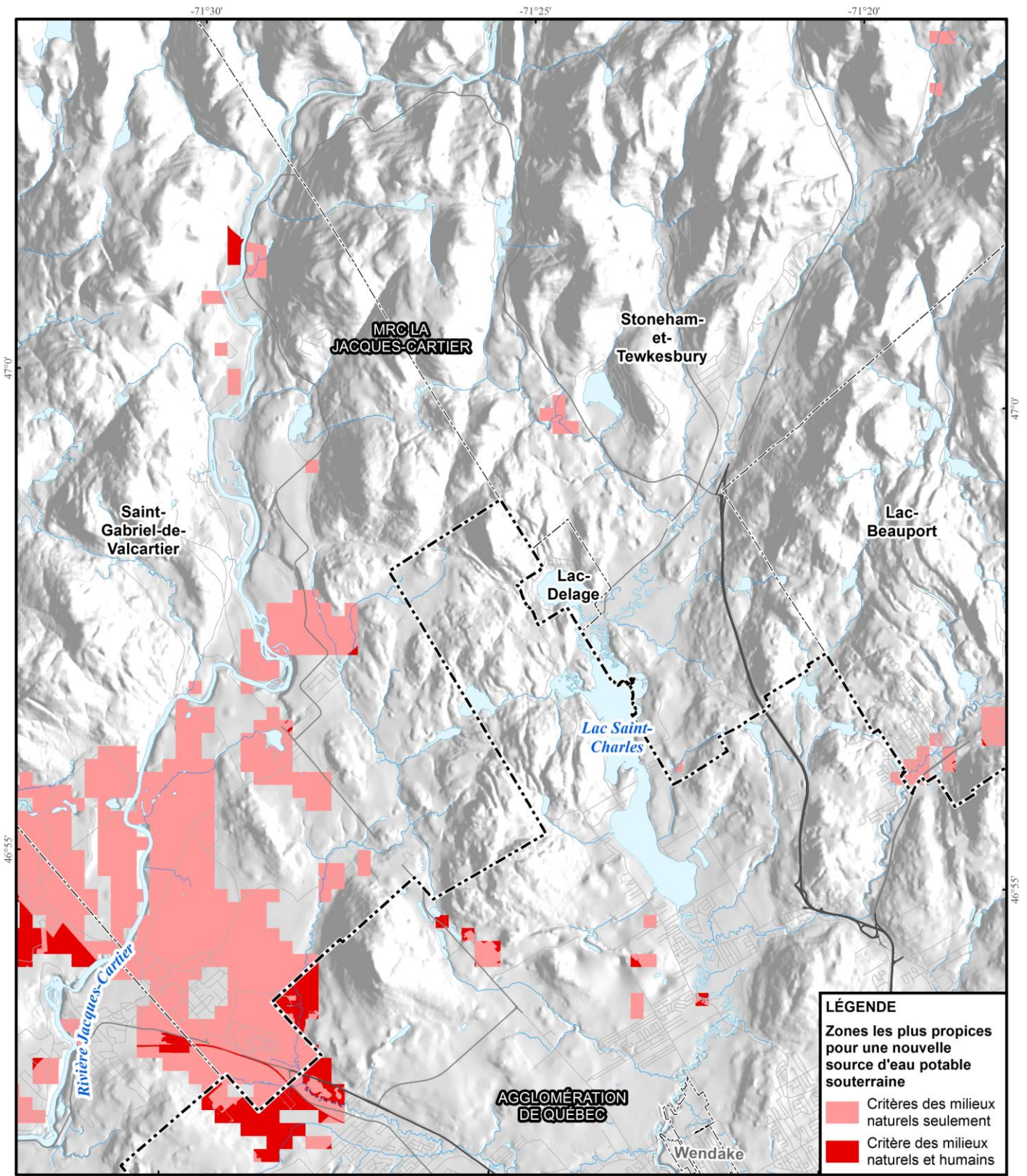
Non, la nature de la roche et des dépôts meubles, ainsi que l'incursion de la Mer de Champlain, expliqueraient la plupart des dépassements des critères de potabilité de l'eau.

Exercice de synthèse

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

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none">• > 10 m d'épaisseur
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none">• > 10 m d'épaisseur
Confinement	
Piézométrie	
Recharge	
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none">• « Faible » : indice DRASTIC de 100 ou moins• « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180
Qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none">• ≥ 1 km de distance d'un puits avec 1 dépassement de CMA ou plus• ≥ 1 km de distance d'un puits avec 3 dépassements d'OE ou plus
Milieu humain	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none">• Couvert forestier• Friche et régénération• Milieu humide• Boisé urbain• Autre
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none">• Conservation• Forestière• Récréo-forestière• Récréative

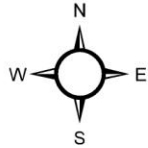
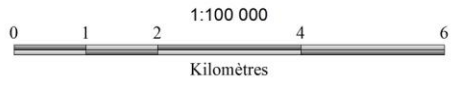


LÉGENDE
Zones les plus propices pour une nouvelle source d'eau potable souterraine

- Critères des milieux naturels seulement
- Critère des milieux naturels et humains



Exercice de synthèse
COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE QUÉBEC
Les Laurentides



Les contextes hydrogéologiques des Basses-terres

Coupe hydrostratigraphique

		Vrai	Faux
F	• L'aquifère de dépôts meubles de sables deltaïques est partout présent sur la coupe.		X
M	• La rivière Saint-Charles est perchée sur ses alluvions silteux de faible perméabilité et n'est pas en contact hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé.	X	
M	• L'aquifère de sables deltaïques, tout comme celui de roc fracturé, est protégé de la contamination qui proviendrait de la surface.		X
M	• La nappe de l'aquifère de roc fracturé atteint près de 50 m de profondeur sur la coupe.		X

F Quelle est l'épaisseur maximale approximative de dépôts meubles que l'on retrouve sur cette coupe?

Une épaisseur maximale d'environ 80 m est présente entre les km 1,7 et 2,7, puis entre les km 3,7 et 4,9.

D La rivière Saint-Charles est-elle alimentée par de l'eau souterraine sur cette coupe (expliquez votre raisonnement)?

La rivière Saint-Charles est faiblement alimentée par l'eau souterraine dans la basse ville de Québec. Les sédiments silteux de faible perméabilité sur lesquels la rivière s'écoule restreignent en partie la résurgence de l'eau souterraine provenant de l'aquifère de sables deltaïques. De plus, la couche de sédiments marins sous-jacente limite complètement les remontées d'eau souterraine provenant de l'aquifère profond de roc fracturé.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Le territoire de Wendake repose sur des dépôts meubles épais.		X
M	• La fiabilité de l'estimation de l'épaisseur des dépôts est partout très bonne.		X
M	• À l'embouchure de la rivière Saint-Charles, la surface du roc se situe à plus de 50 m sous le niveau de la mer.	X	

F Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur d'étude et quelle est cette épaisseur approximative?

L'épaisseur maximale d'environ 70 m est observée dans le delta du Proto-Saint-Laurent dans la basse ville de Québec, de même qu'à l'embouchure de la rivière du Cap-Rouge.

M 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.

Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Les aquifères de dépôts meubles sont localisés dans des dépressions de la surface du roc.	X	
F	• Les aquifères de dépôts meubles ne dépassent jamais 30 m d'épaisseur dans le secteur d'étude.	X	
F	• La Couronne Nord des Basses-terres du Saint-Laurent présente plusieurs aquifères de dépôts meubles importants.		X

M Pourquoi certaines zones aux épaisseurs importantes de dépôts meubles ne présentent pas d'aquifères de dépôts meubles?

Certaines zones n'ont pas de sédiments grossiers d'épaisseur suffisante, c'est-à-dire de 5 m et plus. Les dépôts meubles y sont dominés par des sédiments plus fins n'étant pas suffisamment perméables pour être considérés comme aquifère.

M Pourquoi l'aquifère important de dépôts meubles du Proto-Saint-Laurent n'est pas considéré comme un aquifère d'intérêt pour l'exploitation des eaux souterraines?

Cet aquifère est situé dans la basse ville de Québec, sous un secteur densément urbanisé. Les résidents, les institutions, les commerces et les industries y sont tous alimentés par le réseau d'aqueduc de la ville, dont les sources sont en eau de surface. De plus, les activités humaines qu'on y exerce peuvent représenter un potentiel important de contamination, ce qui diminue d'autant plus l'intérêt de l'aquifère.

Confinement

		Vrai	Faux
F	• Les silts sableux ou graveleux sont moins confinants que les silts et argiles silteuses.	X	
M	• Lorsque la surface du sol est à plus de 200 m d'altitude, on retrouve uniquement des aquifères non confinés.	X	
M	• Des portions de l'aquifère de roc fracturé de L'Ancienne-Lorette sont bien protégées de la contamination provenant directement de la surface.	X	
D	• L'aquifère de dépôts meubles du Proto-Saint-Laurent est presque partout confiné.		X

F Pourquoi certaines zones aux épaisseurs importantes de dépôts meubles ne présentent pas de conditions de confinement?

Certaines zones n'ont pas de sédiments fins d'épaisseur suffisante, c'est-à-dire de plus de 3 m de silts et argiles silteuses et de plus de 5 m de silts sableux ou graveleux. Les dépôts meubles y sont dominés par des sédiments plus grossiers étant suffisamment perméables pour ne pas être considérés comme aquitard.

M Pourquoi les sédiments fins de moins de 3 m d'épaisseur ne sont-ils pas considérés dans la détermination des conditions de confinement?

La réalisation du modèle hydrostratigraphique 3D, qui permet de localiser les couches de sédiments fins, dépend de l'interprétation d'un ensemble de facteurs qui ne sont pas tous très fiables. On ne peut donc pas considérer avec suffisamment certitude une épaisseur faible de moins de 3 m de sédiments fins comme étant un aquitard. Il se peut que la couche soit trop mince pour limiter l'infiltration et la circulation de l'eau vers les couches sous-jacentes. Aussi, il se peut qu'elle soit discontinue. Dans ce cas, il a été jugé préférable de considérer les aquifères sous-jacents comme étant non confiné.

Piézométrie

		Vrai	Faux
F	• Sur le secteur d'étude, les niveaux piézométriques sont en général plus élevés sur le territoire de L'Ancienne-Lorette que sur celui de Saint-Augustin-de-Desmaures.		X
F	• Les rivières Saint-Charles, du Cap-Rouge et le fleuve Saint-Laurent constituent les exutoires de l'eau souterraine du secteur d'étude.	X	
M	• La basse ville de Québec reçoit toute son eau souterraine depuis la Couronne Nord des Basses-terres.		X

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

Il suffit de soustraire l'élévation du sol au niveau piézométrique pour obtenir la profondeur de la nappe.

D Pourquoi considère-t-on la piézométrie comme étant une réplique « adoucie » de la topographie de surface sur le territoire de la CMQ?

La nappe est généralement peu profonde, variant entre 2 et 10 m, et ne dépasse que très rarement 20 m. La variation de la topographie du sol varie pour sa part de 1020 m à l'extrémité nord du territoire à 0 m au fleuve Saint-Laurent. Le niveau piézométrique varie conséquemment de 1000 m à 0 m et dépend très fortement de la topographie de surface. On considère toutefois que la piézométrie est « adoucie » comparativement à la topographie du sol puisqu'elle varie moins rapidement sur une courte distance. Par exemple, le gradient hydraulique depuis le sommet d'une colline jusqu'à sa base (niveau piézométrique le plus élevé moins niveau le plus faible) est généralement plus faible que le gradient altimétrique du sol.

Recharge

		Vrai	Faux
F	• La couverture argileuse et l'imperméabilisation du sol en milieu urbain augmentent la recharge dans les Basses-terres.	X	
M	• La précipitation plus élevée dans les Basses-terres que dans les Laurentides est en partie responsable de la recharge plus faible des aquifères.		X

M Pourquoi la recharge dans la Couronne Nord des Basses-terres est-elle globalement plus faible que pour le Proto-Saint-Laurent?

Les dépôts alluviaux que l'on retrouve en surface de la zone du Proto-Saint-Laurent et les sédiments deltaïques grossiers sous-jacents favorisent l'infiltration de l'eau des précipitations et son écoulement vertical jusqu'à la nappe, située dans l'aquifère de dépôts meubles. Dans la Couronne Nord des Basses-terres, on retrouve parfois des sédiments fins de la Mer de Champlain en surface qui limitent l'infiltration de l'eau. De plus, la nappe se situe généralement dans le roc fracturé qui a une perméabilité relativement faible. L'écoulement vertical dans le roc est faible lorsque le réseau de fractures est peu développé.

D Comment les aquifères confinés 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 Couronne Nord des Basses-terres présente une vulnérabilité souvent faible.	X	
F	• L'aquifère de dépôts meubles du Proto-Saint-Laurent est de manière générale très sensible à la contamination qui pourrait provenir de la surface.		X
F	• Les milieux aquifères ayant un petit indice DRASTIC sont tout de même susceptibles de se voir affecter par une contamination.	X	

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

		Vrai	Faux
F	• Les problèmes liés au fer et au manganèse semblent être associés aux mêmes puits.	X	
M	• La Mer de Champlain serait la source la plus probable des dépassements en sodium et en chlorures.	X	
M	• Pour les Basses-terres, les analyses de la qualité de l'eau souterraine suggèrent une eau de recharge ayant résidé peu longtemps dans les aquifères.		X

M Pourquoi les dépassements en dureté sont-ils problématiques?

Santé Canada (2014) informe que l'eau très douce (dureté faible, <60 CaCO₃ 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 CaCO₃ assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage.

D Environ un puits sur six (17%) des échantillons d'eau analysés dans la CMQ présente un dépassement en manganèse. Quel(s) problème(s) cela représente-t-il pour la consommation en eau potable?

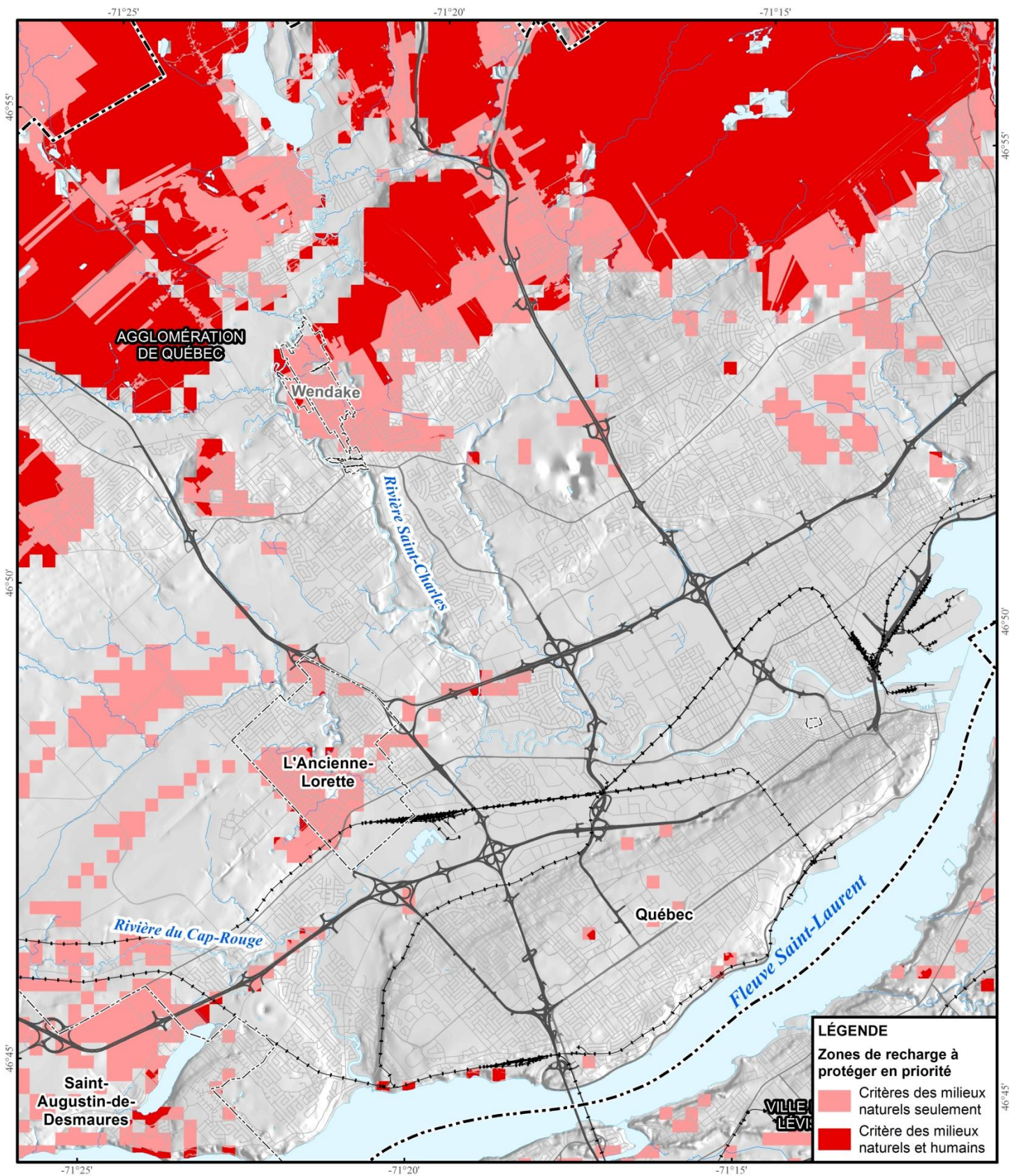
Santé Canada (2014) informe qu'à des concentrations supérieures à 0,15 mg/L, le manganèse tache les éléments de plomberie (bains, lavabos, cuvettes de toilettes) et les tissus. De plus, en fortes concentrations, il donne mauvais goût aux boissons. Comme le fer, il peut causer des problèmes dans les réseaux de distribution en y favorisant la croissance de micro-organismes. Même à des concentrations inférieures à 0,05 mg/L, le manganèse peut former dans la tuyauterie des dépôts qui peuvent se présenter sous la forme de précipités noirs. L'ensemble de ces problèmes est d'ordre esthétique et organoleptique. Toutefois, une récente étude suggère que l'exposition au manganèse dans l'eau souterraine de consommation pourrait causer des désordres moteurs et des déficits cognitifs chez les enfants d'âge scolaire (Bouchard et coll., 2011). Les auteurs prônent une réglementation plus stricte des taux de manganèse dans l'eau.

Exercice de synthèse

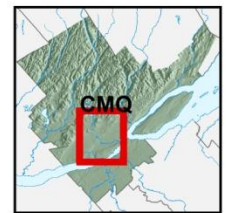
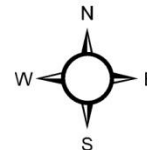
Dans le secteur des Basses-terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
<i>Milieu naturel</i>	
Épaisseur des dépôts meubles	
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	
Confinement	<ul style="list-style-type: none">• Non confiné• Discontinu
Piézométrie	
Recharge	<ul style="list-style-type: none">• > 300 mm/an
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none">• « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180• « Élevé » : indice de 180 ou plus
Qualité de l'eau	
<i>Milieu humain</i>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none">• Couvert forestier• Friche et régénération• Milieu humide• Parc et boisé urbain• Autre
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none">• Conservation• Forestière• Récréo-forestière• Récréative



Exercice de synthèse
COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE QUÉBEC
Les Basses-terres



Les contextes hydrogéologiques des Appalaches

Coupe hydrostratigraphique

		Vrai	Faux
F	• La topographie de la surface et du roc est relativement plane.		X
F	• On retrouve une mince couche de till un peu partout sur le socle rocheux.		X
M	• Sur cette coupe, l'aquifère de roc fracturé présente toutes les conditions de confinement (confiné, semi-confiné et non confiné).	X	
M	• Sur cette coupe, la rivière Chaudière est alimentée par la résurgence de l'eau souterraine.	X	

M Où se situe l'aquifère pouvant présenter le meilleur potentiel d'exploitation sur cette coupe?

Les sédiments juxtaglaciaires (ou fluvioglaciaire) composés de sable et gravier, situés entre les km 2,0 et 2,3, offrent probablement le meilleur potentiel aquifère de la coupe.

D Bien que la Mer de Champlain ait envahi l'ensemble du territoire présenté sur la coupe, pourquoi ne retrouve-t-on pas des dépôts marins partout?

L'écoulement de la rivière Chaudière a causé l'érosion de certaines couches de sédiments. Cet effet est étendu latéralement à la rivière actuelle puisque son chenal s'est déplacé au cours des 10 000 dernières années.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Une très mince couverture de dépôts meubles recouvre le Promontoire de Québec.	X	
M	• L'estimation de l'épaisseur des dépôts meubles est moins fiable le long des routes.		X
D	• Dans la ville de Lévis, la rivière Chaudière s'écoule directement sur le socle rocheux sur certaines de ses sections.	X	

F Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur d'étude et quelle est cette épaisseur approximative?

L'épaisseur maximale d'environ 70 m est observée dans une zone allongée, à l'ouest de la rivière Etchemin et perpendiculaire au fleuve Saint-Laurent.

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

Non, car dans les Appalaches, la topographie est généralement plane, tandis que l'épaisseur des dépôts meubles varie. C'est plutôt la topographie du roc enfoui qui influence les accumulations de dépôts meubles.

Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

	Vrai	Faux
F • Des sédiments grossiers épais sont fréquents dans le secteur d'étude.		X
F • L'aquifère de roc fracturé constitue le seul aquifère du Promontoire de Québec.	X	
D • La couverture de sédiments fins de la Mer de Champlain est responsable de la rareté des aquifères de dépôts meubles du secteur d'étude.		X

M Pourquoi est-ce que les sédiments grossiers de moins de 5 m d'épaisseur ne sont pas considérés comme étant des aquifères de dépôts meubles?

Une épaisseur saturée de moins de 5 m de sédiments grossiers n'est généralement pas suffisante pour permettre le pompage de l'eau souterraine, car la quantité d'eau emmagasinée est trop faible et la dépression causée autour d'un puits lors de son pompage (appelé cône de dépression) sera trop importante relativement à l'épaisseur de la couche de sédiments grossiers.

M Pourquoi les sédiments grossiers situés dans les premiers mètres directement sous la surface du sol ne sont souvent pas pris en compte dans la délimitation des aquifères de dépôts meubles?

La définition de l'aquifère implique que le matériau doit être saturé en eau. Ce sont donc seulement les sédiments grossiers qui sont situés sous le niveau piézométrique qui sont considérés.

Confinement

	Vrai	Faux
F • La couverture de sédiments fins de la Mer de Champlain est responsable de la dominance des degrés confinés et semi-confinés pour l'aquifère de roc fracturé.	X	
F • L'aquifère de roc fracturé du Promontoire de Québec est partout non confiné.	X	
D • La carte de confinement des aquifères de roc fracturé permet d'affirmer que l'aquifère de dépôts meubles à l'ouest de la rivière Etchemin est complètement confiné.		X
D • Dans la portion de la rivière Etchemin de la ville de Lévis, l'eau de surface n'est souvent pas en lien hydraulique avec l'aquifère de roc fracturé.		X

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

La définition de l'aquitard n'implique pas que le matériau soit saturé en eau, contrairement à la définition de l'aquifère. C'est seulement la très faible conductivité hydraulique du matériau qui définit son caractère aquitard.

D Est-il plus avantageux d'exploiter un aquifère confiné ou non confiné?

Cela dépend. Il peut être plus avantageux d'exploiter un aquifère confiné, 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 non confinés 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	• L'eau souterraine s'écoule généralement du sud vers le nord sur le secteur d'étude.	X	
F	• L'estimation des niveaux piézométriques est partout très fiable.		X
D	• Sur la Rive-Sud, le faible gradient hydraulique suggère un écoulement rapide de l'eau souterraine qui réside peu longtemps dans l'aquifère de roc fracturé.		X

F Quelle est la variation maximale du niveau piézométrique observé sur le secteur d'étude?

Le niveau piézométrique varie d'environ 100 m depuis l'extrémité sud de la ville de Lévis jusqu'à 0 m en bordure du fleuve Saint-Laurent.

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

L'eau souterraine jaillira naturellement en surface, sous forme de source ou en formant des milieux humides.

Recharge

		Vrai	Faux
F	• La recharge de tout le territoire de la CMQ est la plus faible à Lévis.	X	
M	• La recharge est plus significative dans les zones où l'on retrouve une mince couverture de dépôts meubles, comme à l'ouest de la sortie des ponts.	X	

M Pourquoi la recharge sur le Promontoire du Québec est-elle globalement plus élevée que pour la Rive-Sud?

Sur le Promontoire de Québec, le roc fracturé qui contient la nappe est très près de la surface. La mince couverture de dépôts meubles qu'on y retrouve n'est pas constituée de dépôts fins imperméables. Sur la Rive-Sud, les dépôts silteux et argileux de la Mer de Champlain confinants les aquifères sous-jacents sont responsables de la très faible recharge de l'ordre de 50 à 100 mm/an.

M Pourquoi est-ce important de protéger en priorité les zones de recharge plus élevée de l'eau souterraine?

L'eau souterraine qui s'écoule dans les aquifères provient préférentiellement de ces zones où la recharge est la plus élevée. Elles sont plus vulnérables aux activités de surface et à la pollution que celles-ci peuvent générer. Si un aquifère sous une zone de recharge est contaminé, la contamination risque de s'étendre vers l'aval hydraulique et même atteindre les portions où l'aquifère est confiné et donc normalement protégé de la contamination qui pourrait provenir directement de la surface.

Vulnérabilité

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les trois classes de degrés de vulnérabilité sur ce secteur d'étude, soit faible, moyen et élevé.		X

F	• Les zones à vulnérabilité faible coïncident avec les zones où la recharge est faible.	X	
M	• Des sédiments grossiers d'origine fluvioglaciale affleurants en surface sont responsables des quelques zones localisées où l'indice DRASTIC dépasse 160.	X	

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)?

L'analyse de la vulnérabilité a été effectuée à l'échelle régionale et pourrait s'avérer non représentative localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, les résultats de l'étude ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées. Une étude hydrogéologique spécifique pour chaque puits d'alimentation visé par le règlement doit donc être réalisée.

Qualité de l'eau

		Vrai	Faux
F	• L'eau souterraine du secteur d'étude présente rarement une odeur d'œufs pourris.	X	
F	• La qualité naturelle de l'eau dans les aquifères de la CMQ est considérée comme relativement mauvaise dû aux nombreux dépassements en CMA et OE.		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 Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est relevé 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). 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-CMQ n'a pas analysé les pesticides et les hydrocarbures.

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?

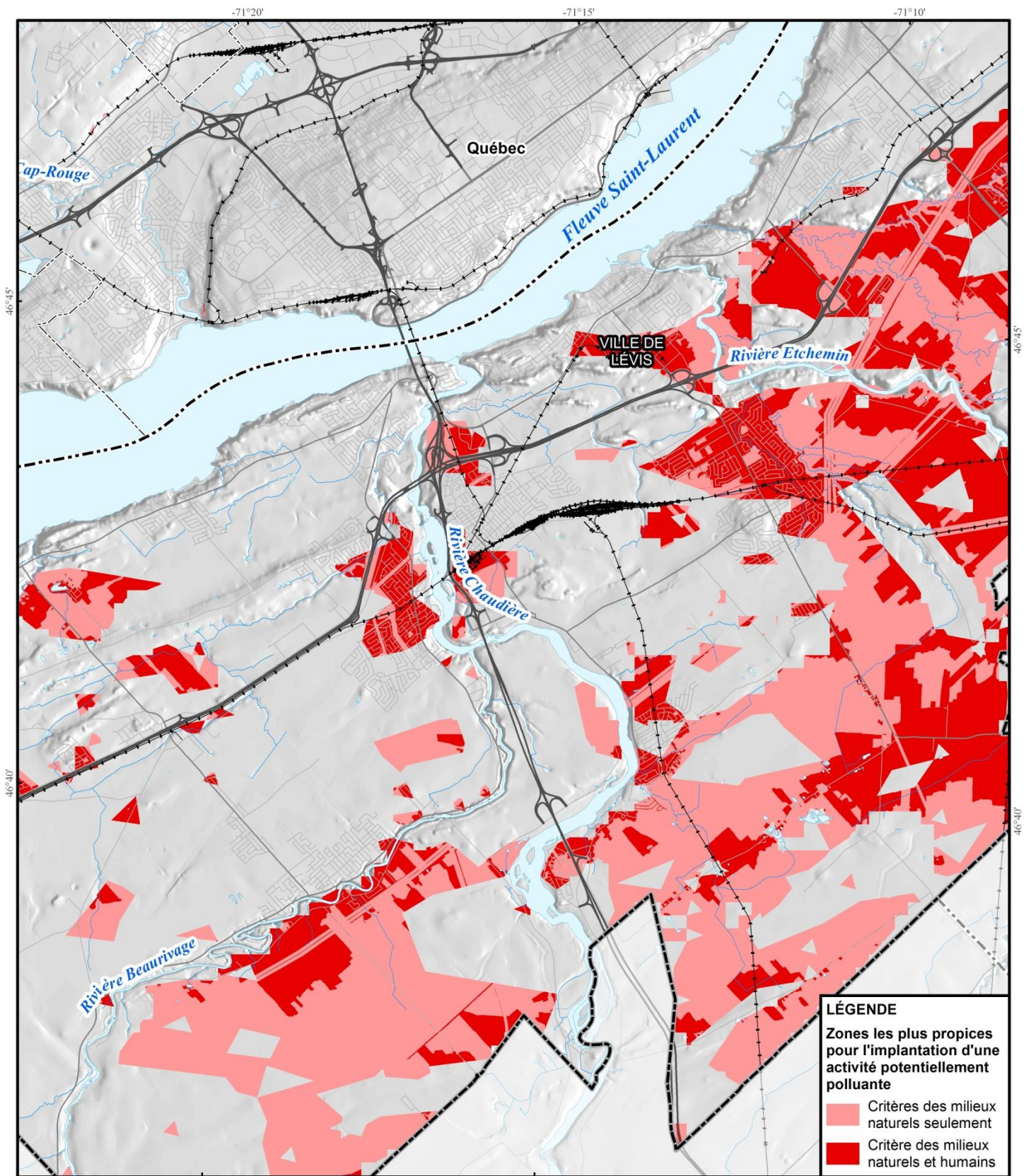
Un suivi de la qualité de l'eau à la source devrait être effectué dans tous les puits d'alimentation en eau potable. Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Il est donc possible qu'une contamination ait lieu dans d'autres puits 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-CMQ 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.

Exercice de synthèse

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 :

Cartographie	Critère
<i>Milieu naturel</i>	
Épaisseur des dépôts meubles	
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none">• < 5 m
Confinement	<ul style="list-style-type: none">• Confiné
Piézométrie	
Recharge	<ul style="list-style-type: none">• < 100 mm/an
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none">• « Faible » : indice DRASTIC de 100 ou moins
Qualité de l'eau	
<i>Milieu humain</i>	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none">• Milieu urbanisé• Agricole
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none">• Agricole• Industrielle• Urbaine• Péri-urbaine• Militaire• À l'extérieur d'une aire protégée



Exercice de synthèse
 COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE QUÉBEC
Les Appalaches

