

Réponses aux exercices des contextes hydrogéologiques des Hautes-terres – secteur Papineau

Coupe hydrostratigraphique

		Vrai	Faux
F	La surface du roc enfouie sous les sédiments est plane.		X
M	Les sédiments marins deltaïques ont une granulométrie hétérogène.	X	
M	L'aquifère de sable et gravier fluvioglaciers est partout entièrement confiné sous une couche d'argile marine.		X

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

Les sédiments fluvioglaciers, les sédiments marins deltaïques et les alluvions, constitués de sable ou de gravier, peuvent constituer des aquifères de dépôts meubles potentiellement exploitables. Les roches de la Province de Grenville peuvent aussi former un aquifère exploitable si leur réseau de fractures est suffisamment développé. Par contre, les débits qu'on pourra y extraire sont souvent plus faibles que dans les sables et graviers.

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?

L'aquifère de sables fluvioglaciers, d'environ 70 m d'épais, situé au centre entre les km 7 et 8, est l'aquifère ayant le plus grand potentiel d'exploitation 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?

La séquence la plus complète est composée de la base vers la surface de la roche de la Province de Grenville, de sédiments fluvioglaciers, de sédiments marins d'eau profonde et de sédiments marins deltaïques. Elle se retrouve à deux endroits sur la coupe, soit au pied de la colline rocheuse au nord, autour du km 1, puis autour du lac Charlebois au sud, entre les km 9 et 12. À ces endroits, on a donc un aquifère de roc fracturé à la base, surmonté d'un aquifère de sable et gravier, tous deux à nappe captive, car confinés sous une couche d'argile constituant un aquitard. Un aquifère à nappe libre de sable est présent en surface, mais d'épaisseur limitée.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	On retrouve les sédiments les plus épais sur le sommet des collines.		X
F	Le centre villageois de Notre-Dame-de-la-Paix repose sur plus de 30 m d'épaisseur de dépôts meubles.	X	
M	Le centre-ville de Saint-André-Avellin repose sur une épaisseur de sédiments pouvant varier entre 0 et 87 m.	X	
M	En moyenne, l'épaisseur de dépôts meubles aux endroits recouverts en surface par des sédiments fluvioglaciers est de 19,6 m.		X

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.

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. On peut aussi retrouver des épaisseurs significatives de sédiments fins sous la limite d'invasion de la mer de Champlain variant entre 177 et 265 m d'altitude. Finalement, les rivières anciennes et actuelles ont pu déposer des sédiments alluviaux dans leurs plaines inondables.

Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	Les aquifères de dépôts meubles sont généralement localisés dans les vallées.	X	
F	Les aquifères de dépôts meubles dans ce secteur d'étude ont des envergures régionales.		X
F	Les centres villageois de Lac-Simon et de Chénéville reposent sur un aquifère de dépôts meubles de plus de 10 m d'épaisseur.	X	
F	Les aquifères de dépôts meubles ne dépassent jamais 30 m d'épaisseur dans le secteur d'étude.		X

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 meubles?

Les sédiments les plus grossiers, soit le sable (moyen et grossier) et le gravier, sont considérés et correspondent aux dépôts d'origine fluvioglaciaire et marine deltaïque.

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)?

Certaines zones n'ont pas de sédiments grossiers d'épaisseur suffisante. Les dépôts meubles y sont dominés par des sédiments plus fins n'étant pas suffisamment perméables pour être considérés comme aquifère.

Confinement

		Vrai	Faux
F	La vallée de la rivière de la Petite-Nation est généralement bien protégée de la contamination provenant directement de la surface.	X	
M	Le silt sableux ou graveleux est moins confinant que l'argile ou le silt argileux.	X	
M	L'aquifère de roc situé au sommet des collines est généralement confiné.		X

M

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

X**F**

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

Certaines zones n'ont pas de sédiments fins d'épaisseur suffisante. Les dépôts meubles y sont dominés par des sédiments plus grossiers étant suffisamment perméables pour ne pas être considérés comme aquitard.

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?

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. Il est difficile de définir les couches de silt et d'argile en profondeur. On ne peut donc pas considérer avec suffisamment de certitude une épaisseur faible de ces sédiments 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**

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.

X**F**

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

X**M**

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

X**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.

X**F**

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.

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**

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

X**F**

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

X**F**

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

X

F	Les dépôts de sables et graviers fluvioglaciers sont responsables de la faible recharge dans les vallées.		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. Outre les précipitations, quel est le facteur ayant généralement le plus d'influence?

La perméabilité des matériaux depuis la surface jusqu'à 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.

Vulnérabilité

		Vrai	Faux
F	La vulnérabilité varie peu sur le territoire d'étude.		X
F	Le niveau de vulnérabilité « moyenne » est prédominant dans les Hautes-terres.	X	
F	Le niveau de vulnérabilité « élevée » est rare sur le secteur d'étude.	X	
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.	X	

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

Sur les collines, le contexte hydrogéologique présente un aquifère de roc fracturé recouvert par des dépôts de till. La vulnérabilité y est inférieure comparativement aux aquifères de dépôts meubles situés dans les vallées puisque le roc est moins perméable que des sédiments grossiers. Le till, bien que sableux, est aussi considéré comme étant moyennement perméable, moins que les sables et graviers fluvioglaciers, par exemple. La percolation d'un contaminant qui proviendrait directement de la surface serait donc retardée par la couche de till puis circulerait lentement dans l'aquifère rocheux. La forte pente du terrain favorisant le ruissellement des précipitations en surface plutôt que leur infiltration, de même que la nappe un peu plus profonde sur le sommet des collines, participe aussi à la diminution de la vulnérabilité.

Qualité de l'eau

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

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?

L'eau de ce puits contient une concentration élevée en fer et en manganèse entraînant un mauvais goût à l'eau et de taches couleur rouille (pour le fer) et brune (pour le manganèse) sur la lessive et les appareils de plomberie. Santé Canada (2014) ne reconnaît aucun effet néfaste reconnu sur la santé humaine de ces paramètres lorsqu'ils sont ingérés via l'eau de consommation. 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.

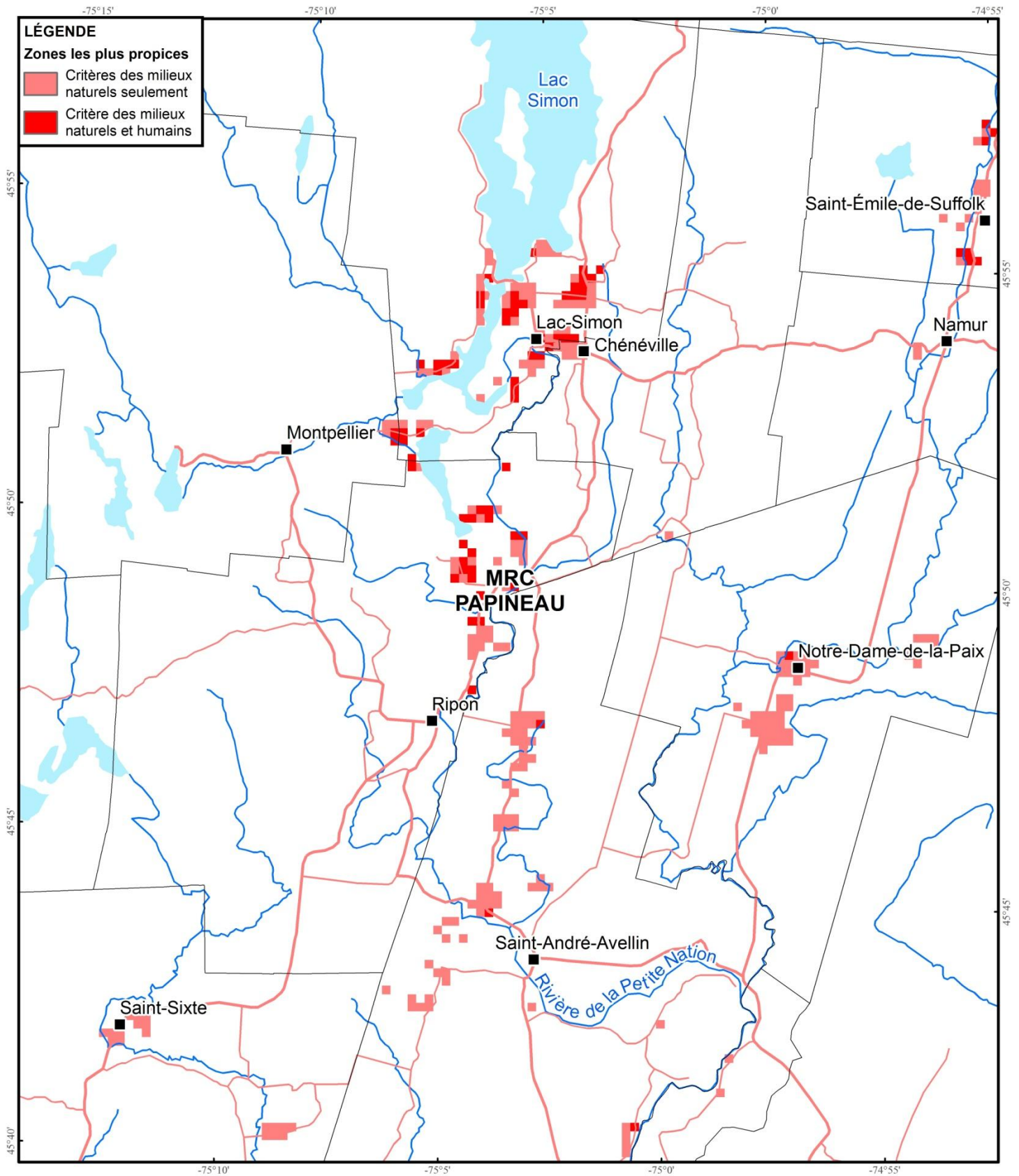
D Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits échantillonné dans le cadre du PACES, est-ce que l'eau peut être consommée sans traitement (expliquez votre raisonnement)?

Non, pas nécessairement, puisque la qualité bactériologique n'a pas été testée (bactéries totales et e-coli), bien qu'elle puisse causer des effets sur la santé. Cet aspect n'a pas été couvert par le PACES 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 n'a pas analysé les pesticides et les hydrocarbures.

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?

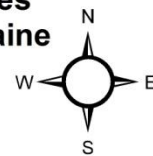
Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 24 à 39)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 m d'épaisseur
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 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	
Milieu humain (voir p. 43 et 44)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



Exercice de synthèse 1 - Zones les plus propices pour une nouvelle source d'eau potable souterraine

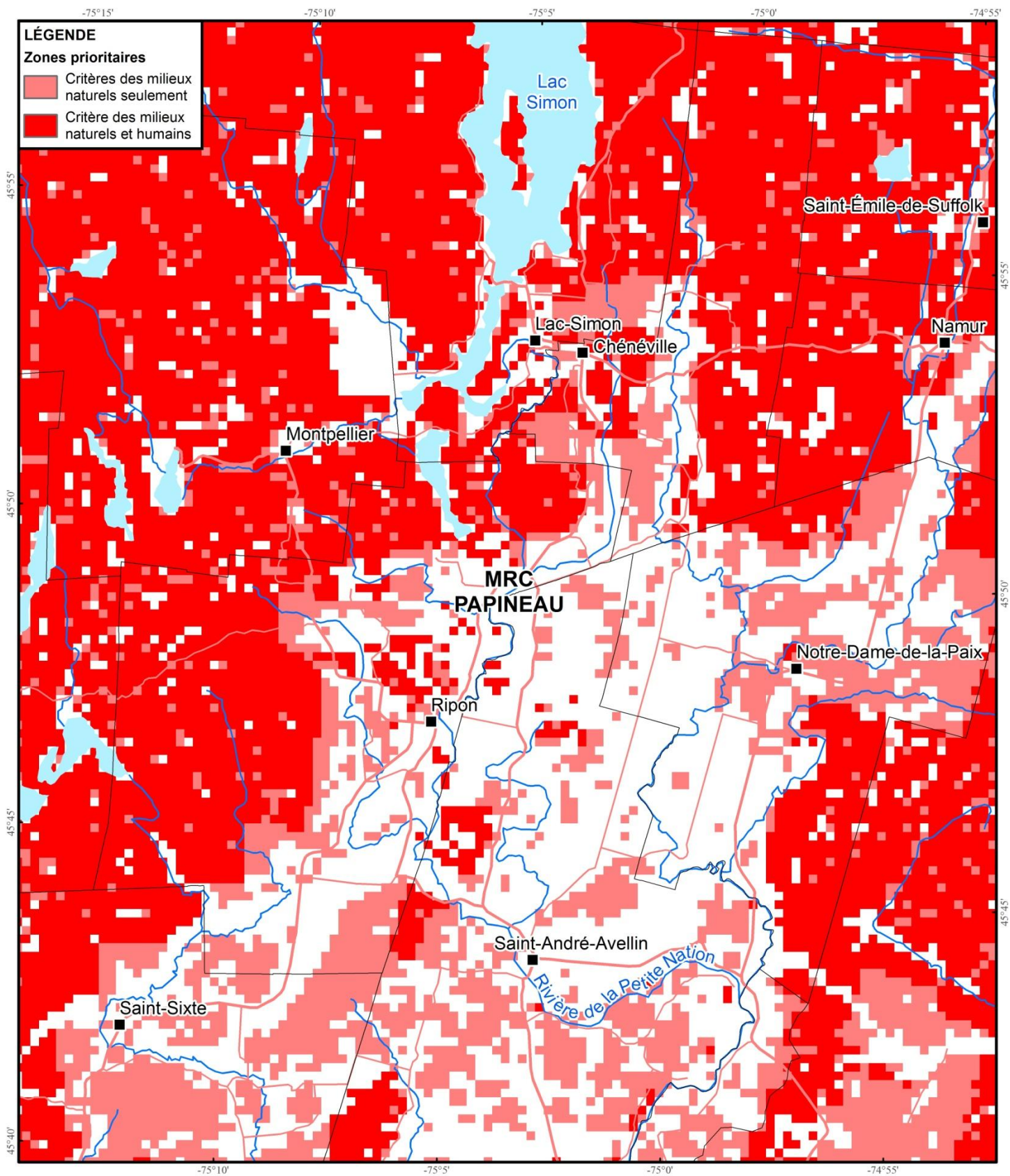
Les Hautes-terres - secteur Papineau



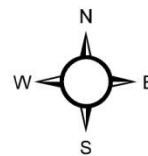
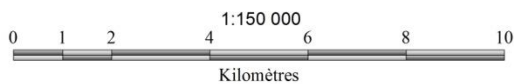
Exercice de synthèse 2 : Dans le secteur des Hautes-terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 24 à 39)	
Épaisseur des dépôts meubles	
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	
Confinement	<ul style="list-style-type: none"> • Non confiné
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	
Milieu humain (voir p. 43 et 44)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



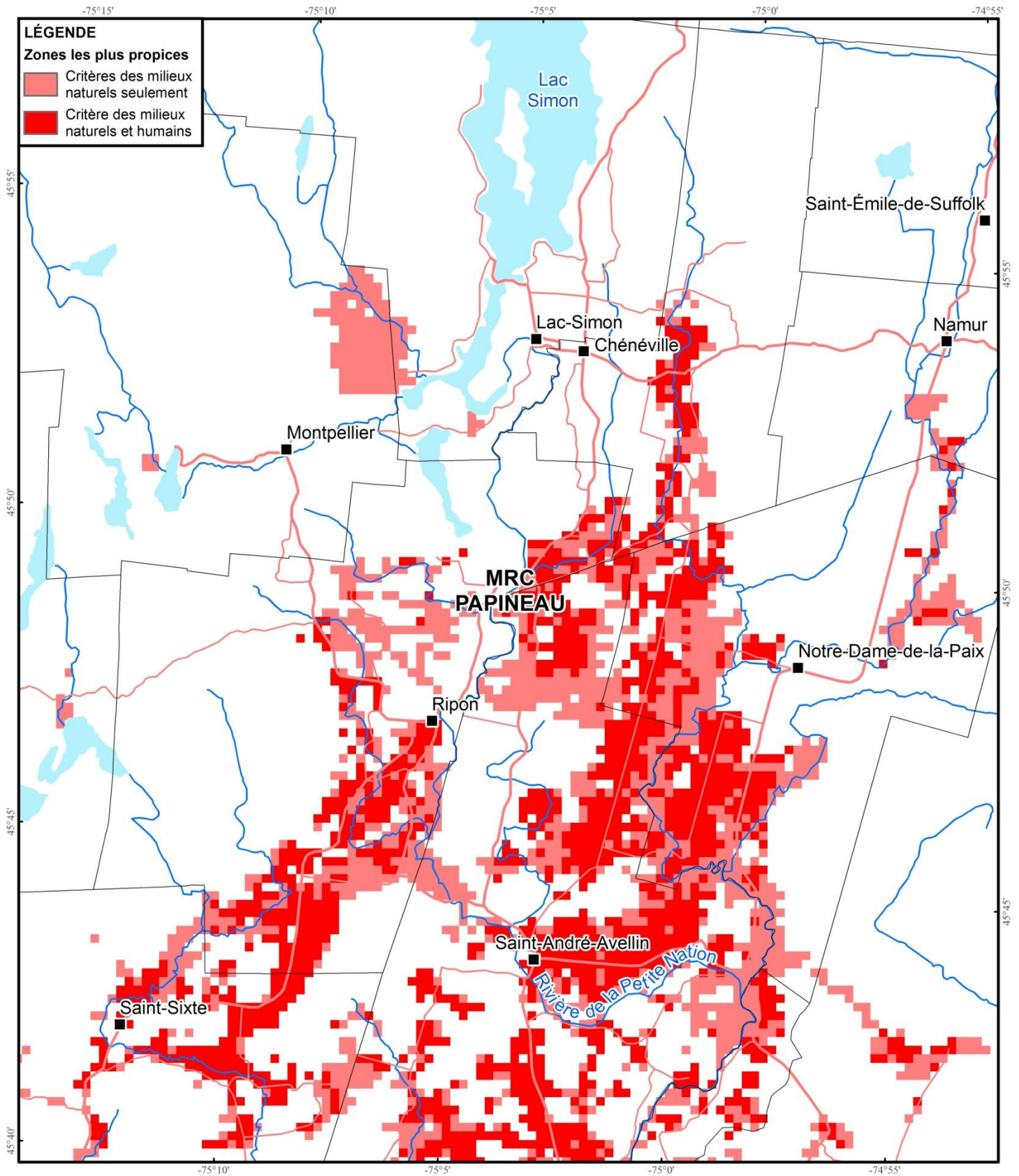
**Exercice de synthèse 2 - Zones prioritaires
pour la protection de la recharge
Les Hautes-terres - secteur Papineau**



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?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 24 à 39)	
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	
Milieu humain (voir p. 43 et 44)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Anthropique
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Industrielle • Commerciale • Résidentielle • Urbaine



Réponses aux exercices des contextes hydrogéologiques des Hautes-terres – *secteur de la Vallée*

Coupe hydrostratigraphique

		Vrai	Faux
F	La surface du roc enfouie sous les sédiments est plane.		X
M	Les sédiments marins deltaïques ont une granulométrie hétérogène.	X	
M	L'aquifère de roc fracturé est parfois confiné sous une couche d'argile car l'altitude est sous la limite d'invasion marine.		X

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

Les sédiments fluvioglaciaires et les sédiments marins deltaïques, constitués de sable ou de gravier, peuvent constituer des aquifères de dépôts meubles potentiellement exploitables. Les roches de la Province de Grenville peuvent aussi former un aquifère exploitable si leur réseau de fractures est suffisamment développé. Par contre, les débits qu'on pourra y extraire sont souvent plus faibles que dans les sables et graviers.

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?

L'aquifère de sables et graviers fluvioglaciaires, d'environ 70 m d'épais, situé au pied de la colline à l'ouest de la coupe, entre les km 1 et 3, est l'aquifère ayant le plus grand potentiel d'exploitation 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?

La séquence la plus complète est composée de la base vers la surface de la roche de la Province de Grenville, de sédiments fluvioglaciaires et de sédiments marins deltaïques. Elle se retrouve entre les km 3 et 5 de la coupe. À ces endroits, on a donc un aquifère de roc fracturé à la base, surmonté d'un aquifère de sable et gravier, puis d'un aquifère superficiel de sable. Ces trois aquifères sont en lien hydraulique et sont à nappe libre.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	On retrouve les sédiments les plus épais sur le sommet des collines.		X
F	Le centre villageois de Kazabazua repose sur une plus grande épaisseur de dépôts meubles que le centre villageois de Lac-Sainte-Marie.	X	
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.	X	
M	En moyenne, l'épaisseur de dépôts meubles aux endroits recouverts en surface par des sédiments fluvioglaciaires est de 16,2 m		X

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.

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. On peut aussi retrouver des épaisseurs significatives de sédiments fins sous la limite d'invasion de la mer de Champlain variant entre 177 et 265 m d'altitude. Finalement, les rivières anciennes et actuelles ont pu déposer des sédiments alluviaux dans leurs plaines inondables.

Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	Les aquifères de dépôts meubles sont généralement localisés dans les vallées.	X	
F	La municipalité de Lac-Sainte-Marie contient des aquifères de dépôts meubles d'envergure régionale.		X
F	Le centre villageois de Kazabazua repose sur un aquifère de dépôts meubles de plus de 5 m d'épaisseur.		X
F	Les aquifères de dépôts meubles ne dépassent jamais 30 m d'épaisseur dans le secteur d'étude.		X

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 meubles?

Les sédiments les plus grossiers, soit le sable (moyen et grossier) et le gravier, sont considérés et correspondent aux dépôts d'origine fluvioglaciaire et marine deltaïque.

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)?

Certaines zones n'ont pas de sédiments grossiers d'épaisseur suffisante. Les dépôts meubles y sont dominés par des sédiments plus fins n'étant pas suffisamment perméables pour être considérés comme aquifère.

Confinement

		Vrai	Faux
F	La vallée de la rivière Gatineau est protégée de manière discontinue de la contamination provenant directement de la surface.	X	
M	Le silt sableux ou graveleux est moins confinant que l'argile ou le silt argileux.	X	
M	L'aquifère de roc situé au sommet des collines est généralement confiné.		X

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.

X**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)?

Certaines zones n'ont pas de sédiments fins d'épaisseur suffisante. Les dépôts meubles y sont dominés par des sédiments plus grossiers étant suffisamment perméables pour ne pas être considérés comme aquitard.

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?

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. Il est difficile de définir les couches de silt et d'argile en profondeur. On ne peut donc pas considérer avec suffisamment de certitude une épaisseur faible de ces sédiments 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**

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.

X**F**

La municipalité de Kazabazua reçoit une bonne part de son eau souterraine depuis la municipalité de Lac-Sainte-Marie.

X**M**

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

X**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.

X**F**

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.

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**

La recharge est généralement plus faible dans la vallée que sur les hauts topographiques.

X**F**

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

X**F**

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

X

F	Les dépôts de sables et graviers fluvioglaciers sont responsables de la faible recharge dans les vallées.		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. Outre les précipitations, quel est le facteur ayant généralement le plus d'influence?

La perméabilité des matériaux depuis la surface jusqu'à 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.

Vulnérabilité

		Vrai	Faux
F	La vulnérabilité varie peu sur le territoire d'étude.		X
F	Le niveau de vulnérabilité « moyenne » est prédominant dans les Hautes-terres.	X	
F	Le niveau de vulnérabilité « élevée » est rare sur le secteur d'étude.	X	
M	Les aquifères identifiés sur la carte d'épaisseur de l'aquifère des aquifères de dépôts meubles (p. 28) sont de manière générale les plus vulnérables.	X	

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

Sur les collines, le contexte hydrogéologique présente un aquifère de roc fracturé recouvert par des dépôts de till. La vulnérabilité y est inférieure comparativement aux aquifères de dépôts meubles situés dans les vallées puisque le roc est moins perméable que des sédiments grossiers. Le till, bien que sableux, est aussi considéré comme étant moyennement perméable, moins que les sables et graviers fluvioglaciers, par exemple. La percolation d'un contaminant qui proviendrait directement de la surface serait donc retardée par la couche de till puis circulerait lentement dans l'aquifère rocheux. La forte pente du terrain favorisant le ruissellement des précipitations en surface plutôt que leur infiltration, de même que la nappe un peu plus profonde sur le sommet des collines, participe aussi à la diminution de la vulnérabilité.

Qualité de l'eau

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

M Quels sont les effets sur la santé et les désagréments esthétiques reliés à l'eau du puits situé à la croisée des routes 105 et 301, au centre du secteur de la Vallée?

L'eau de ce puits contient une concentration élevée en manganèse entraînant un mauvais goût à l'eau et de taches couleur brune sur la lessive et les appareils de plomberie. Les objectifs pour les chlorures, le sodium, la matière dissoute totale et le pH ne sont pas non plus respectés, affectant aussi le goût de l'eau, favorisant la corrosion du réseau de distribution et l'entartrage des appareils de plomberie, et influençant la formation de sous-produits de désinfection et l'efficacité du traitement. Santé Canada (2014) ne reconnaît aucun effet néfaste reconnu sur la santé humaine de ces paramètres lorsqu'ils sont ingérés via l'eau de consommation. 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.

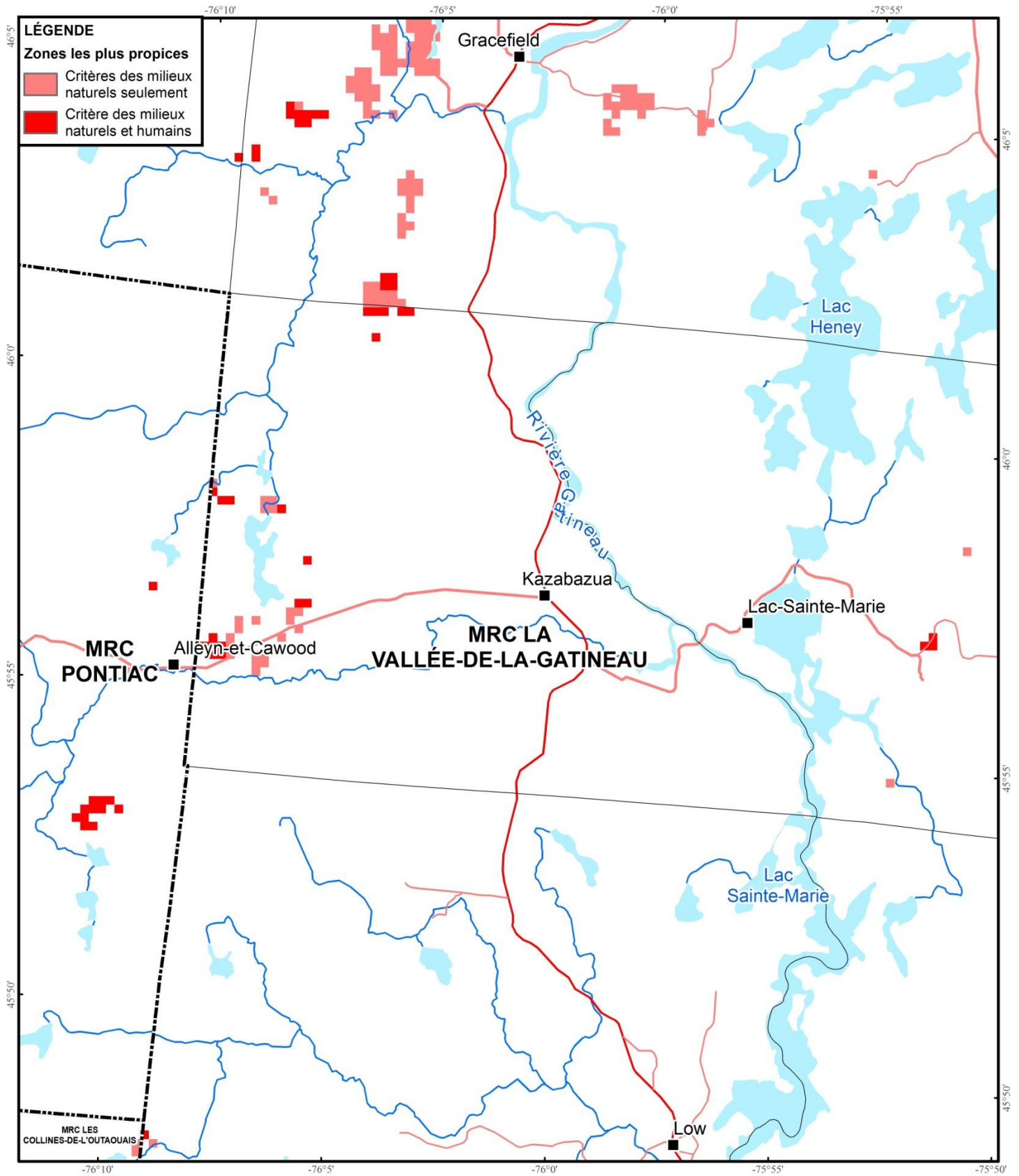
D Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits échantillonné dans le cadre du PACES, est-ce que l'eau peut être consommée sans traitement (expliquez votre raisonnement)?

Non, pas nécessairement, puisque la qualité bactériologique n'a pas été testée (bactéries totales et e-coli), bien qu'elle puisse causer des effets sur la santé. Cet aspect n'a pas été couvert par le PACES 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 n'a pas analysé les pesticides et les hydrocarbures.

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?

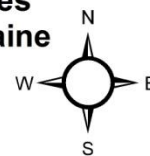
Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 24 à 39)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 m d'épaisseur
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 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	
Milieu humain (voir p. 43 et 44)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



Exercice de synthèse 1 - Zones les plus propices pour une nouvelle source d'eau potable souterraine

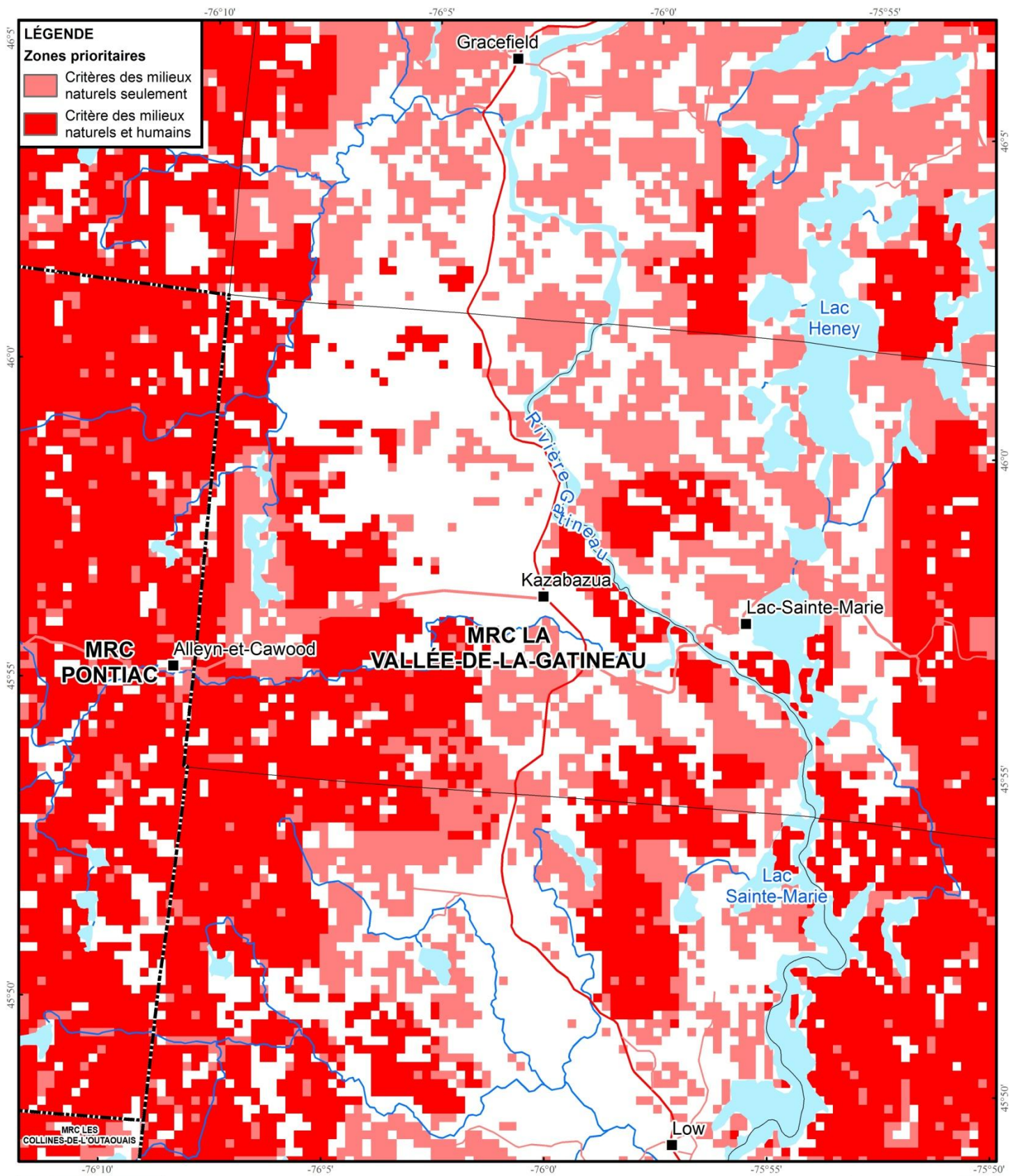
Les Hautes-terres - secteur de la Vallée



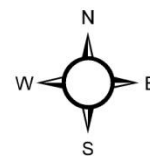
Exercice de synthèse 2 : Dans le secteur des Hautes-terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 24 à 39)	
Épaisseur des dépôts meubles	
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	
Confinement	<ul style="list-style-type: none"> • Non confiné
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	
Milieu humain (voir p. 43 et 44)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



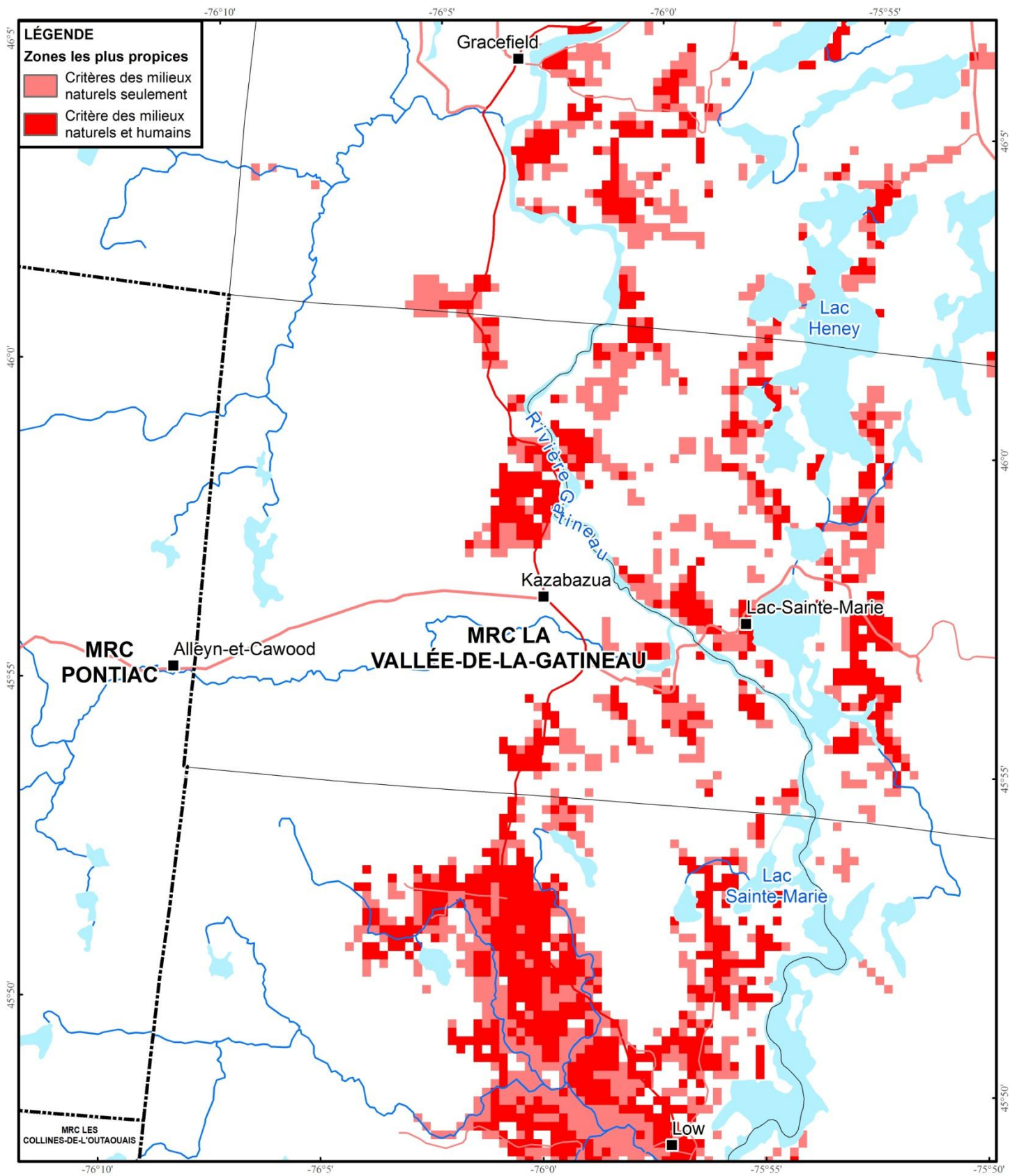
Exercice de synthèse 2 - Zones prioritaires pour la protection de la recharge
Les Hautes-terres - secteur de la Vallée



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?

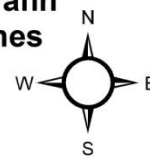
Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 24 à 39)	
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	
Milieu humain (voir p. 43 et 44)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Anthropique
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Industrielle • Commerciale • Résidentielle • Urbaine



Ex. 3 - Zones où implanter une activité polluante afin de minimiser son impact sur les eaux souterraines

Les Hautes-terres - secteur de la Vallée



Réponses aux exercices des contextes hydrogéologiques des Basses-terres – secteur Gatineau

Coupe hydrostratigraphique

		Vrai	Faux
F	L'aquifère de roc fracturé de la Plate-forme du Saint-Laurent est partout confiné par les argiles marine.		X
F	On retrouve par endroit des amas de dépôts fluvioglaciaires de sable et gravier enfouis sous les sédiments fins.	X	
F	On retrouve près des rivières Gatineau et des Outaouais de minces couches d'alluvions qui peuvent constituer des aquifères superficiels de sable.	X	
D	Les aquifères de dépôts meubles sont toujours en lien hydraulique avec ceux du roc fracturé.		X

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

Tel qu'illustré par le niveau piézométrique, l'eau souterraine s'écoule régionalement depuis la colline du Parc de la Gatineau vers les rivières des Outaouais et de la Gatineau.

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?

Cette zone a été envahie par la mer de Champlain et a reçu une accumulation de sédiments fins, comme ailleurs dans les Basses-terres. Après le retrait de la mer de Champlain, l'écoulement des Grands Lacs supérieurs, des vastes lacs glaciaires du nord de l'Ontario et des Prairies canadiennes passait par la vallée des Outaouais. Les débits élevés du Proto-Outaouais ont donc érodé les sédiments glaciaires et marins.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	Le secteur le plus densément habité de Cantley repose sur d'importantes épaisseurs de dépôts meubles.		X
F	À proximité de l'embouchure de la rivière Gatineau, la vallée de la rivière est caractérisée par de grandes épaisseurs de sédiments.	X	
M	Aux endroits identifiés par le substrat rocheux affleurant en surface, la moyenne d'épaisseur de dépôts meubles est nulle.		X
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).		X

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

Les dépôts meubles atteignent près de 90 m d'épaisseur au pied de l'escarpement d'Eardly à l'extrémité ouest de la carte.

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, 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 aquifères de dépôts meubles relativement épais se situent au pied de l'escarpement d'Eardley.	X	
F	La municipalité de Chelsea est bien fournie en aquifères de dépôts meubles.		X
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.		X

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

Ces zones correspondent à des zones d'affleurement rocheux ou à des couvertures de dépôts de till reposant directement sur le roc. Le seul milieu aquifère d'intérêt dans ces zones est celui du roc fracturé.

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?

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.

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?

Il faut prendre en compte les propriétés hydrauliques de l'aquifère pour quantifier la capacité du matériau à permettre l'écoulement de l'eau souterraine. Une étude hydrogéologique locale est nécessaire afin de calculer entre autres la transmissivité (le produit de la conductivité hydraulique par l'épaisseur de l'aquifère saturé) et déterminer le potentiel d'exploitation d'un aquifère. Aussi, le pompage de l'eau par un puits induit un rabattement de la nappe autour du puits, soit une baisse de son niveau, qui est proportionnel au débit d'eau pompé. Une épaisseur trop faible (ex. : < 5 m) ferait en sorte que l'aquifère serait rapidement dénoyé.

Confinement

		Vrai	Faux
F	L'incertitude du modèle hydrostratigraphique 3D est faible dans le secteur le plus densément habité de Cantley.	X	
F	Le centre-ville de Hull repose sur une nappe libre.	X	
M	Une nappe captive est alimentée par l'eau des précipitations qui provient directement de la surface.		X
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.		X

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?

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 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 directement 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	Dans le secteur Gatineau, l'estimation du niveau piézométrique est partout très fiable.		X
F	La rivière des Outaouais constitue la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de toute la région.	X	
M	La Ville de Gatineau reçoit une bonne part de son eau souterraine depuis le territoire des municipalités voisines.	X	
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.	X	

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

En condition d'aquifère non confiné, l'eau souterraine jaillira naturellement en surface, sous forme de source ou en formant des lacs ou des milieux humides. En condition d'aquifère confiné, l'eau jaillira d'un forage lorsqu'on transpercera la couche confinante.

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

La nappe est généralement peu profonde, en moyenne de 6 m, et ne dépasse que très rarement 20 m. La variation de la topographie du sol varie de plus de 500 m, passant de 555 m au sommet du Mont Sainte-Marie (massif le plus élevé des Hautes-terres) à 20 m au niveau le plus bas en bordure de la rivière des Outaouais. Le niveau piézométrique varie aussi conséquemment de plus de 500 m et dépend ainsi 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	En général, le secteur des Basses-terres reçoit relativement beaucoup de recharge.		X
F	À Cantley, les taux de recharge varient peu sur le territoire.		X
F	L'absence d'argile, tel qu'en bordure de la rivière des Outaouais, est responsable des taux de recharge significatifs.	X	

M Comment les aquifères à nappe captive des Basses-terres 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. Cette zone amont est située parfois dans les Hautes-terres, par exemple sur les collines du Parc de la Gatineau.

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	Le secteur d'Aylmer de la Ville de Gatineau est parfois très sensible à la contamination qui pourrait provenir de la surface.	X	
F	Il existe peu de corrélation entre la faible vulnérabilité et le confinement des aquifères.		X
F	Les zones à vulnérabilité faible coïncident avec les zones où la recharge est faible.	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'infiltration d'un polluant en amont hydraulique où la vulnérabilité serait plus élevée. L'écoulement latéral pourrait ensuite acheminer l'eau souterraine contaminée vers la portion de l'aquifère, même s'il a un indice DRASTIC faible.

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	Les dépassements en fluorures et en uranium en Outaouais sont de causes naturelles, liés à la nature de la roche.	X	
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.		X
M	Les dépassements en salinité sont très rares dans le secteur Gatineau.		X
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.	X	
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.	X	

M Pourquoi les dépassements en uranium sont-ils problématiques?

Selon Santé Canada (2014), l'uranium peut causer des lésions sur les reins, mais qu'étant peu radioactif, l'uranium est rapidement éliminé du corps et que l'effet néfaste peut être rapidement réversible après arrêt de l'exposition. Il existe des problèmes de contamination par l'uranium connus en Outaouais, par exemple dans la réserve indienne de Kitigan Zibi Anishinabeg, bien que les résultats du PACES ne les ont pas mis en évidence. Les dépassements en uranium proviennent surtout des puits d'aquifères fracturés, assez profonds, ayant des conditions oxydantes et des pH proches de la neutralité, conditions favorables à la formation de complexes avec les carbonates, contribuant à une augmentation de la dissolution de l'uranium.

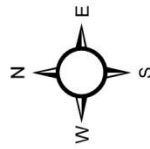
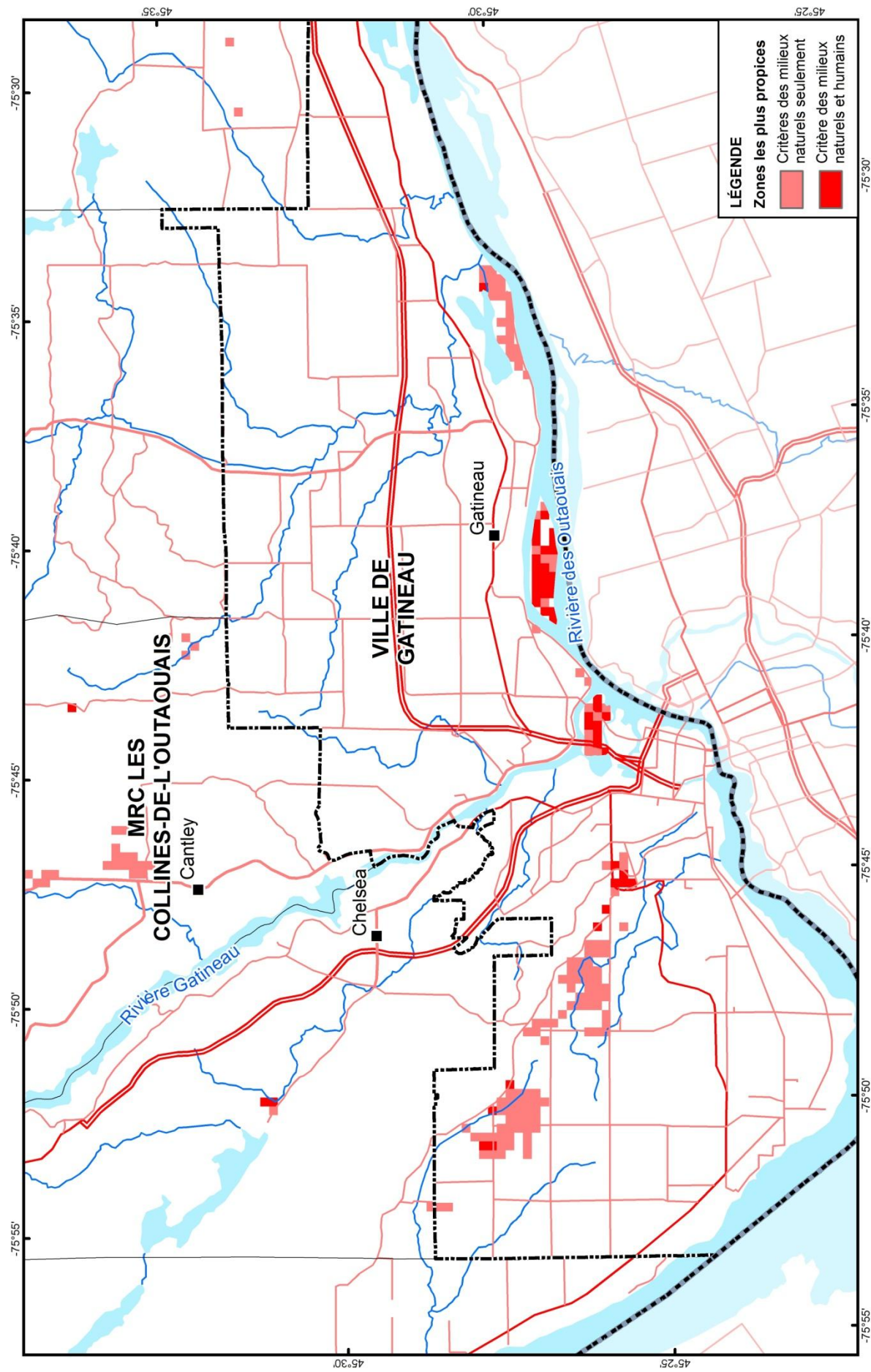
D Pour les puits d'alimentation où aucun problème lié à la qualité de l'eau n'a été identifié, pourquoi est-il tout de même recommandé de faire un suivi de la qualité de l'eau?

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 et le moment 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 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 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?

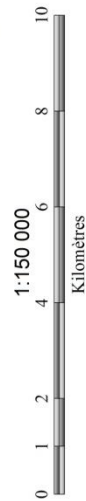
Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 46 à 61)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 m d'épaisseur
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 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	
Milieu humain (voir p. 65 et 66)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



Exercice de synthèse 1 - Zones les plus propices pour une nouvelle source d'eau potable souterraine

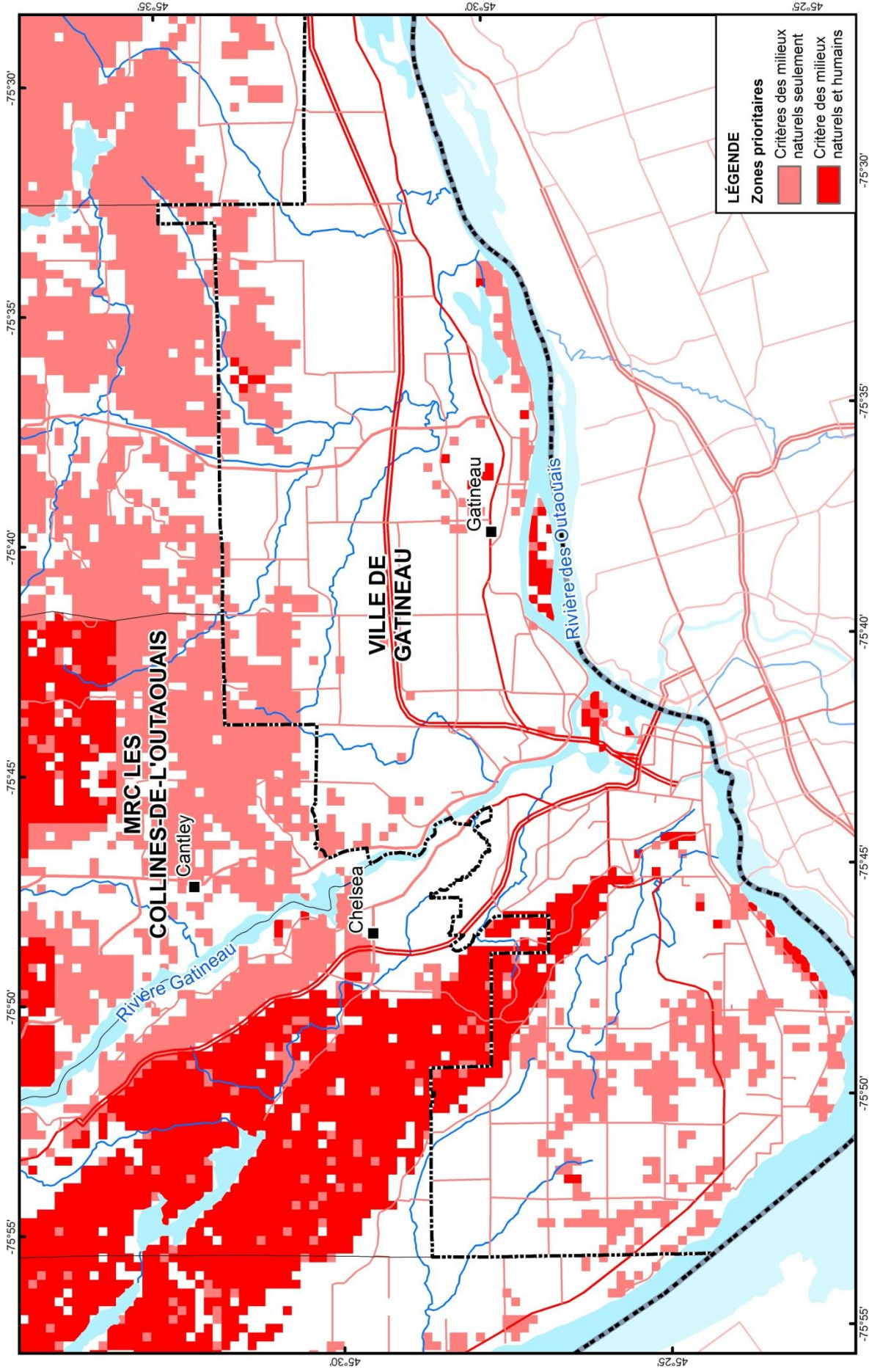
Les Basses-terres - secteur Gatineau



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 :

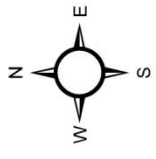
Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 46 à 61)	
Épaisseur des dépôts meubles	
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	
Confinement	<ul style="list-style-type: none"> • Non confiné
Piézométrie	
Recharge	<ul style="list-style-type: none"> • > 300 mm/an
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"> • « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180 • « Élevé » : indice de 180 ou plus
Qualité de l'eau	
Milieu humain (voir p. 65 et 66)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



LÉGENDE

Zones prioritaires

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



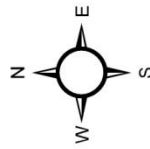
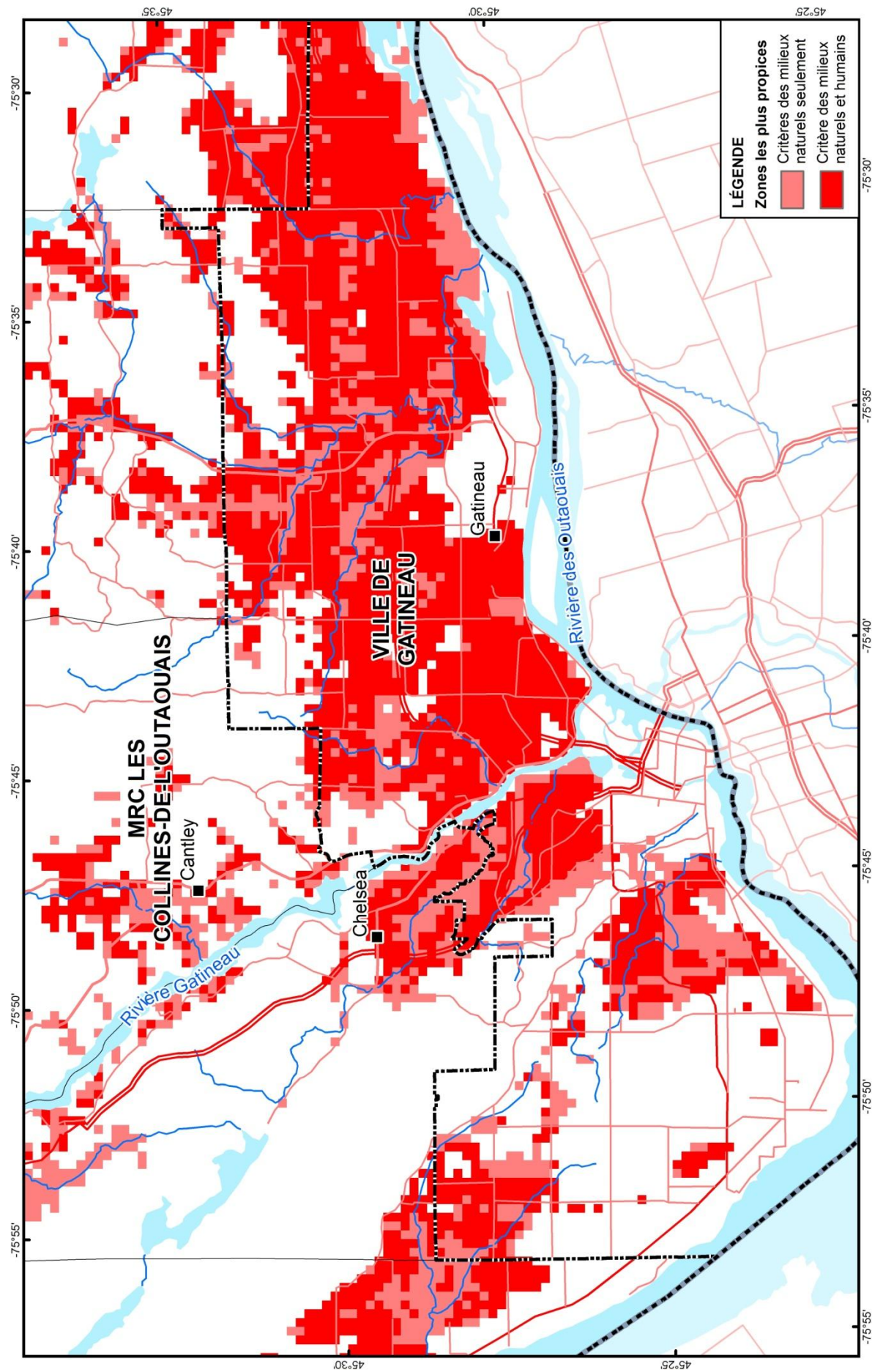
Exercice de synthèse 2 - Zones prioritaires pour la protection de la recharge
Les Basses-terres - secteur Gatineau



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?

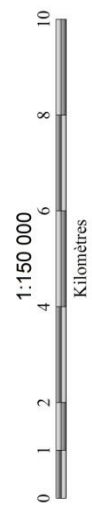
Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 46 à 61)	
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	
Milieu humain (voir p. 65 et 66)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Anthropique
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Industrielle • Commerciale • Résidentielle • Urbaine



Exercice de synthèse 3 - Zones où implanter une activité polluante afin de minimiser son impact sur les eaux souterraines

Les Basses-terres - secteur Gatineau



Réponses aux exercices des contextes hydrogéologiques des Basses-terres – secteur Pontiac

Coupe hydrostratigraphique

	Vrai	Faux
F L'aquifère de roc fracturé de la Plate-forme du Saint-Laurent est partout présent sur la coupe.		X
F On retrouve localement un amas de dépôts fluvioglaciaires de sable et gravier enfouis sous les sédiments fins.	X	
F On retrouve près de la rivière des Outaouais une mince couche d'alluvions qui pourrait constituer un aquifère superficiel de sable.	X	
D Les sédiments marins d'eau profonde sont les seuls matériaux de la coupe pouvant confiner ou semi confiner les aquifères sous-jacents.		X

F

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

Faux

X

F

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

X

F

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

X

D

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

X

F

Sur cette coupe, l'eau souterraine s'écoule d'où et vers quoi?

Tel qu'illustré par le niveau piézométrique, l'eau souterraine s'écoule régionalement depuis le nord-est vers la rivière des Outaouais au sud-ouest.

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?

Cette zone a été envahie par la mer de Champlain et a reçu une accumulation de sédiments fins, comme ailleurs dans les Basses-terres. Après le retrait de la mer de Champlain, l'écoulement des Grands Lacs supérieurs, des vastes lacs glaciaires du nord de l'Ontario et des Prairies canadiennes passait par la vallée des Outaouais. Les débits élevés du Proto-Outaouais ont donc érodé les sédiments glaciaires et marins.

Épaisseur des dépôts meubles

	Vrai	Faux
F Les centres-villes de Clarendon et Shawville reposent sur au moins 20 m d'épaisseur de dépôts meubles.	X	
F La bordure de la rivière des Outaouais est généralement caractérisée par d'épaisses couches de sédiments.		X
M Aux endroits identifiés par le substrat rocheux affleurant en surface, la moyenne d'épaisseur de dépôts meubles est nulle.		X
M L'estimation de l'épaisseur des dépôts est fiable à proximité du centre villageois de La Pêche.	X	

F

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

X

F

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

X

M

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

X

M

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

X

F

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

Les dépôts meubles atteignent près de 90 m d'épaisseur tout près du centre villageois de Pontiac.

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, 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	La municipalité de Pontiac contient des aquifères de dépôts meubles de grande étendue et de grande épaisseur.		X
F	La limite entre les Basses-terres et les Hautes-terres est caractérisée par la présence d'aquifères de dépôts meubles importants.	X	
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.		X

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

Ces zones correspondent à des zones d'affleurement rocheux ou à des couvertures de dépôts de till reposant directement sur le roc. Le seul milieu aquifère d'intérêt dans ces zones est celui du roc fracturé.

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?

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.

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?

Il faut prendre en compte les propriétés hydrauliques de l'aquifère pour quantifier la capacité du matériau à permettre l'écoulement de l'eau souterraine. Une étude hydrogéologique locale est nécessaire afin de calculer entre autres la transmissivité (le produit de la conductivité hydraulique par l'épaisseur de l'aquifère saturé) et déterminer le potentiel d'exploitation d'un aquifère. Aussi, le pompage de l'eau par un puits induit un rabattement de la nappe autour du puits, soit une baisse de son niveau, qui est proportionnel au débit d'eau pompé. Une épaisseur trop faible (ex. : < 5 m) ferait en sorte que l'aquifère serait rapidement dénoyé.

Confinement

		Vrai	Faux
F	L'incertitude du modèle hydrostratigraphique 3D est faible autour du centre villageois de La Pêche.	X	
F	Le centre villageois de Pontiac repose sur une nappe captive.	X	
M	Une nappe captive est alimentée par l'eau des précipitations qui provient directement de la surface.		X
M	Les aquifères de dépôts meubles (voir p. 50) sont toujours non confinés.		X

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?

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 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 directement 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	Dans le secteur Pontiac, l'estimation du niveau piézométrique est partout très fiable.		X
F	La rivière des Outaouais constitue la zone de résurgence principale de l'eau souterraine de toute la région.	X	
M	Le centre villageois de La Pêche reçoit son eau souterraine exclusivement depuis le nord.		X
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.	X	

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

En condition d'aquifère non confiné, l'eau souterraine jaillira naturellement en surface, sous forme de source ou en formant des lacs ou des milieux humides. En condition d'aquifère confiné, l'eau jaillira d'un forage lorsqu'on transpercera la couche confinante.

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

La nappe est généralement peu profonde, en moyenne de 6 m, et ne dépasse que très rarement 20 m. La variation de la topographie du sol varie pour sa part de plus de 500 m, passant de 555 m au sommet du Mont Sainte-Marie (massif le plus élevé des Hautes-terres) à 20 m au niveau le plus bas en bordure de la rivière des Outaouais. Le niveau piézométrique varie aussi conséquemment de plus de 500 m et dépend ainsi 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	Dans les Basses-terres du secteur Pontiac, la recharge est faible partout.		X
F	Les taux de recharge varient beaucoup sur le territoire de la municipalité de Bristol.	X	
F	L'absence d'argile, tel qu'en bordure de la rivière des Outaouais, est responsable des taux de recharge significatifs.	X	

M Comment les aquifères à nappe captive des Basses-terres 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. Cette zone amont est située parfois dans les Hautes-terres, par exemple sur les collines du Parc de la Gatineau.

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	Les amas de sables et graviers fluvioglaciers au nord de Shawville et Clarendon sont parfois très sensibles à la contamination qui pourrait provenir de la surface.	X	
F	Il existe peu de corrélation entre la faible vulnérabilité et le confinement des aquifères.		X
F	Les zones à vulnérabilité faible coïncident avec les zones où la recharge est faible.	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'infiltration d'un polluant en amont hydraulique où la vulnérabilité serait plus élevée. L'écoulement latéral pourrait ensuite acheminer l'eau souterraine contaminée vers la portion de l'aquifère, même s'il a un indice DRASTIC faible.

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	Les dépassements en fluorures et en uranium en Outaouais sont de causes naturelles, liés à la nature de la roche.	X	
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.		X
M	Les dépassements en salinité sont très rares dans le secteur Pontiac.		X
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.	X	
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.	X	

M Pourquoi les dépassements en uranium sont-ils problématiques?

Selon Santé Canada (2014), l'uranium peut causer des lésions sur les reins, mais qu'étant peu radioactif, l'uranium est rapidement éliminé du corps et que l'effet néfaste peut être rapidement réversible après arrêt de l'exposition. Il existe des problèmes de contamination par l'uranium connus en Outaouais, par exemple dans la réserve indienne de Kitigan Zibi Anishinabeg, bien que les résultats du PACES ne les ont pas mis en évidence. Les dépassements en uranium proviennent surtout des puits d'aquifères fracturés, assez profonds, ayant des conditions oxydantes et des pH proches de la neutralité, conditions favorables à la formation de complexes avec les carbonates, contribuant à une augmentation de la dissolution de l'uranium.

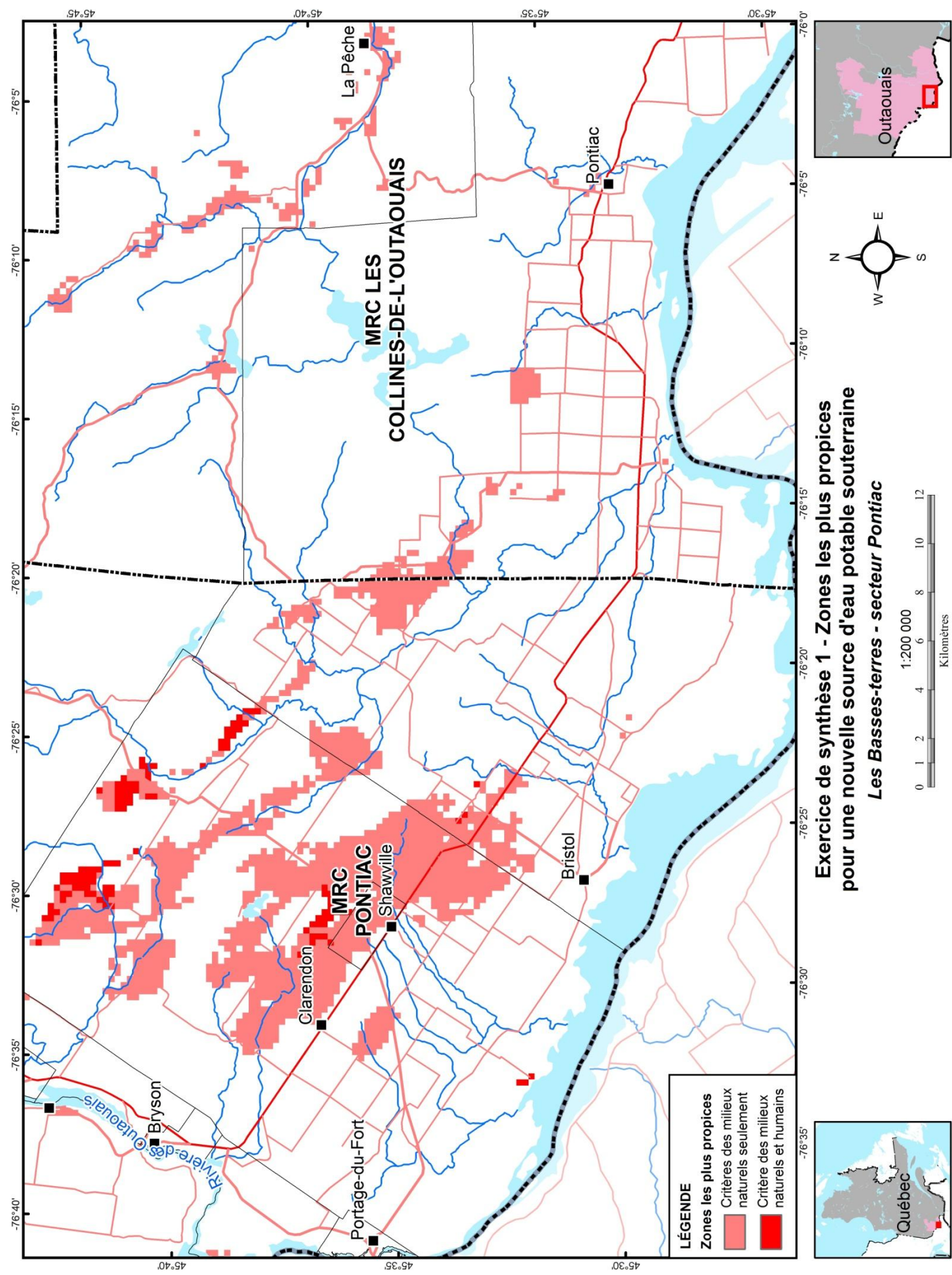
D Pour les puits d'alimentation où aucun problème lié à la qualité de l'eau n'a été identifié, pourquoi est-il tout de même recommandé de faire un suivi de la qualité de l'eau?

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 et le moment 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 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 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 :

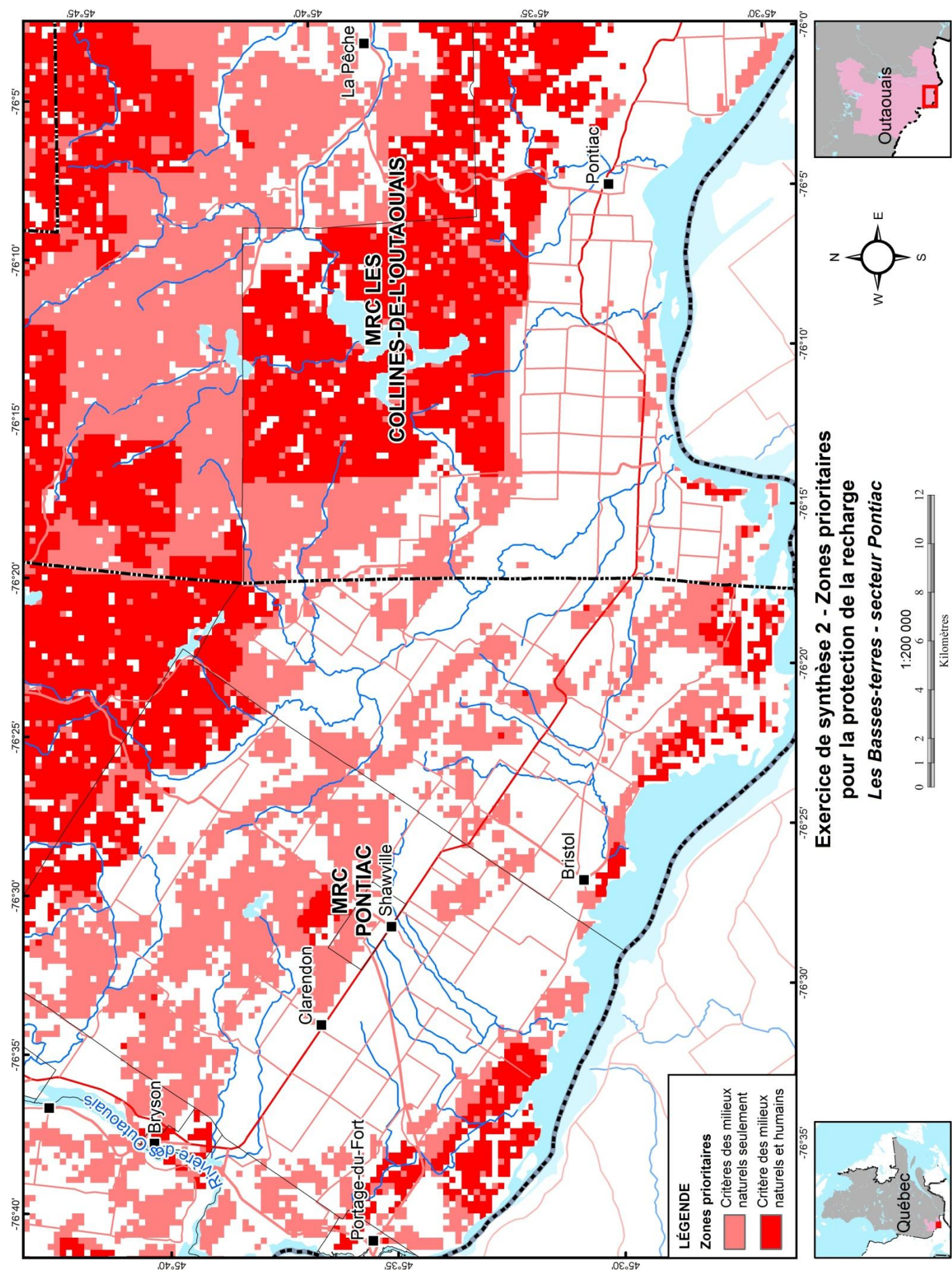
Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 46 à 61)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 m d'épaisseur
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> • > 5 m d'épaisseur
Confinement	
Piézométrie	
Recharge	
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"> • « Faible » : indice DRASTIC de 100 ou moins • « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180
Qualité de l'eau	
Milieu humain (voir p. 65 et 66)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



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 :

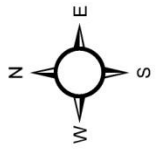
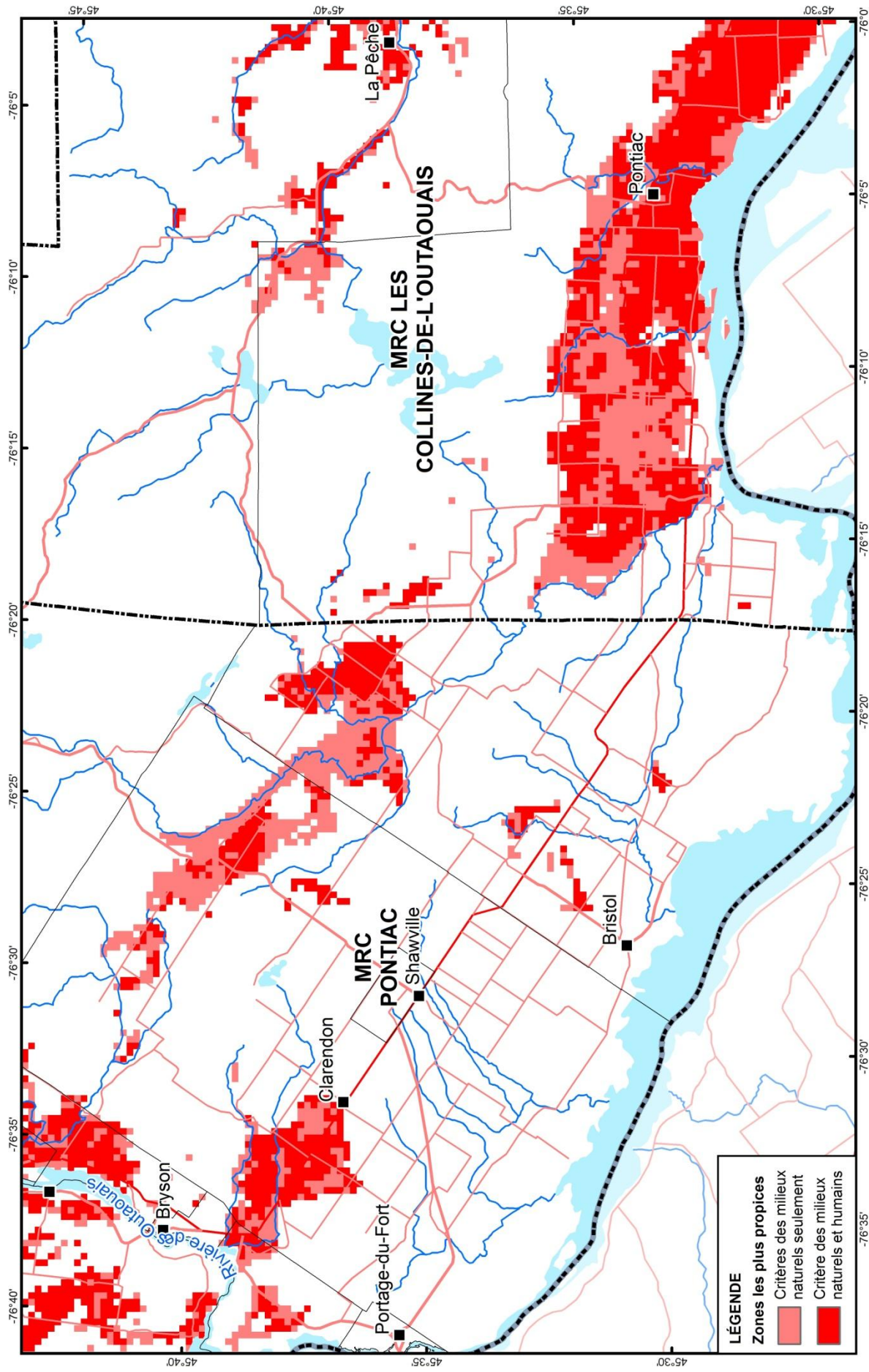
Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 46 à 61)	
Épaisseur des dépôts meubles	
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	
Confinement	<ul style="list-style-type: none"> • Non confiné
Piézométrie	
Recharge	<ul style="list-style-type: none"> • > 300 mm/an
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"> • « Moyen » : indice de plus de 100 et de moins de 180 • « Élevé » : indice de 180 ou plus
Qualité de l'eau	
Milieu humain (voir p. 65 et 66)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Forestière • Sol dénudé
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agro-forestières • Conservation • Forestière • Publique • Récréative



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?

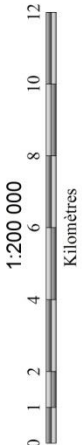
Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
Milieu naturel (voir p. 46 à 61)	
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	
Milieu humain (voir p. 65 et 66)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Anthropique
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Agricole • Industrielle • Commerciale • Résidentielle • Urbaine



Exercice de synthèse 3 - Zones où implanter une activité polluante afin de minimiser son impact sur les eaux souterraines

Les Basses-terres - secteur Pontiac



- LÉGENDE**
- Zones les plus propices**
- Critères des milieux naturels seulement
 - Critère des milieux naturels et humains

