

# ATELIER A

## Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques

Nord-est du Bas-Saint-Laurent

RÉPONSES AUX EXERCICES DU  
CAHIER DU PARTICIPANT

Avril 2017





## Niveau de difficulté des questions

**F** facile

**M** moyennement facile

**D** difficile

## Table des matières

<b>Le contexte hydrogéologique des Hautes-Terres .....</b>	<b>4</b>
<i>Épaisseur des dépôts meubles</i> .....	4
<i>Contextes hydrostratigraphiques</i> .....	4
<i>Conditions de confinement</i> .....	5
<i>Piézométrie</i> .....	5
<i>Recharge et résurgence</i> .....	5
<i>Vulnérabilité</i> .....	6
<i>Qualité de l'eau – critères de santé</i> .....	6
<i>Qualité de l'eau – critères esthétiques</i> .....	7
<i>Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux</i> .....	7
<i>Exercice de synthèse 1</i> .....	8
<i>Exercice de synthèse 2</i> .....	10
<i>Exercice de synthèse 3</i> .....	12
<b>Le contexte hydrogéologique de la Plaine Côtière .....</b>	<b>14</b>
<i>Épaisseur des dépôts meubles</i> .....	14
<i>Contextes hydrostratigraphiques</i> .....	14
<i>Conditions de confinement</i> .....	15
<i>Piézométrie</i> .....	15
<i>Recharge et résurgence</i> .....	15
<i>Vulnérabilité</i> .....	16
<i>Qualité de l'eau – critères de santé</i> .....	16
<i>Qualité de l'eau – critères esthétiques</i> .....	17
<i>Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux</i> .....	17
<i>Exercice de synthèse 1</i> .....	18
<i>Exercice de synthèse 2</i> .....	20
<i>Exercice de synthèse 3</i> .....	22

# Le contexte hydrogéologique des Hautes-Terres

## Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	De manière générale, les dépôts meubles sont épais dans le contexte des Hautes-Terres.		X
F	On retrouve les dépôts meubles les plus épais sur les hauts topographiques.		X

**D** Pourquoi retrouve-t-on les épaisseurs de dépôts meubles 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. On peut donc retrouver des épaisseurs significatives de sédiments glaciaires fins (tills) dans les vallées. Les rivières anciennes et actuelles ont par la suite déposé des sédiments alluviaux dans leurs plaines inondables.*

## Contextes hydrostratigraphiques

		Vrai	Faux
F	Le contexte hydrogéologique des Hautes-Terres est dominé par des sédiments argileux reposant directement sur le roc.		X
F	L'unité hydrostratigraphique de roc se retrouve partout sur le territoire.	X	

**M** Comment reconnaît-on les endroits où les dépôts meubles seraient peut-être suffisamment perméables pour pouvoir constituer un aquifère sur la carte des contextes hydrostratigraphiques?

*Les sédiments granulaires sont ceux pouvant constituer un aquifère de dépôts meubles. Ils sont numérotés « 1 » dans la légende de la carte. Dans le contexte des Hautes-Terres, les séquences hydrostratigraphiques qui en contiennent sont de couleur grise ou rouge. Ces sédiments sont donc ici toujours situés en surface. Par contre, la séquence hydrostratigraphique n'indique pas si l'épaisseur du dépôt meuble est suffisante pour permettre son exploitation.*

**M** Est-il préférable, pour une municipalité, de viser d'alimenter sa population en eau souterraine à partir d'aquifères de roc ou de dépôts meubles? Pourquoi?

*Lorsqu'un débit d'exploitation important est souhaité, comme c'est le cas pour une municipalité qui veut alimenter sa population en eau potable, il est préférable de viser des aquifères de dépôts meubles. Pour le même volume que la roche, les dépôts meubles contiennent généralement beaucoup plus d'eau. Un aquifère de dépôt meuble peut en effet souvent contenir plus de 25% de son volume en eau tandis que la plupart des types de roc que l'on retrouve au Québec et au nord-est du Bas-Saint-Laurent en contiennent rarement plus de quelques unités de %. De plus, l'eau souterraine contenue dans les dépôts meubles granulaires (sable et gravier) peut être généralement captée plus facilement, car la conductivité hydraulique de ces matériaux est plus élevée que celle de la roche, parfois de plusieurs ordres de grandeur. La roche peut localement être relativement perméable si elle est très fracturée, mais il est difficile de prévoir où ces secteurs sont localisés sur le territoire et à quelle profondeur. Finalement, l'eau souterraine des aquifères granulaires est parfois de meilleure qualité que celle des aquifères au roc, avec une eau plus récente, moins minéralisée et évoluée.*

## Conditions de confinement

		Vrai	Faux
F	Le contexte des Hautes-Terres est dominé par des conditions à nappe libre.	X	
F	Sur toute la longueur de la vallée de la rivière Trois-Pistoles, l'aquifère de roc fracturé est bien protégé de la contamination provenant directement de la surface.		X
M	La carte de l'Indice de confinement du roc indique aussi l'indice de confinement des aquifères granulaires.		X

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

*Non, la méthode utilisée lors de l'étude indique que des conditions de nappe captive ont été attribuées lorsque l'épaisseur des sédiments argileux était de plus de 3 m et aussi lorsque l'épaisseur de sédiments fins était de plus de 5 m. Ces sédiments fins non argileux sont souvent constitués de till, soit des grains de toutes tailles dans une matrice fine.*

## Piézométrie

		Vrai	Faux
F	Le centre villageois de Sainte-Françoise reçoit son eau souterraine majoritairement depuis l'est.	X	
M	La piézométrie montre que les rivières alimentent l'aquifère régional.		X

F Quelle est la variation maximale du niveau piézométrique observé dans cette portion cartographiée du contexte des Hautes-Terres?

*Le niveau piézométrique varie d'au moins 350 m au sommet à l'est de Sainte-Françoise jusqu'à 0 m à l'embouchure de la rivière Trois-Pistoles.*

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

*En condition d'aquifère à nappe libre, l'eau souterraine jaillira naturellement en surface, sous forme de source, de suintement ou en formant des lacs ou des milieux humides. En condition d'aquifère à nappe captive, l'eau jaillira d'un forage si la couche confinante est transpercée comme dans le cas d'un puits.*

## Recharge et résurgence

		Vrai	Faux
F	La recharge est faible sur toute la longueur de la vallée de la rivière Trois-Pistoles.		X
F	On retrouve rarement des zones de recharge significative à élevée dans ce secteur d'étude.	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.*

**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
<b>F</b>	Dans les Hautes-Terres, on retrouve en majorité des zones à vulnérabilité « moyenne ».	X	
<b>M</b>	Les zones où la vulnérabilité est « significative » correspondent à des secteurs où la recharge est plus importante.	X	
<b>D</b>	Cette carte permet de déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits.		X

**M** Quels facteurs principaux font en sorte que les Hautes-Terres constituent le contexte hydrogéologique le plus sensible de tout le territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent face à des contaminations potentielles depuis la surface?

*La faible épaisseur de dépôt, le taux de recharge annuelle élevée et le niveau de nappe très près de la surface sont les facteurs prépondérants qui rendent les aquifères des Hautes-Terres relativement vulnérables.*

## Qualité de l'eau – critères de santé

		Vrai	Faux
<b>F</b>	L'eau souterraine dans le secteur cartographié du contexte des Hautes-Terres présente peu de risque pour la santé humaine.	X	
<b>M</b>	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** Pourquoi les dépassements en nitrites-nitrates sont-ils problématiques?

*Santé Canada (2014) informe que les nitrites-nitrates sont responsables de la méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu) et peuvent causer des effets sur la fonction de la glande thyroïde chez les nourrissons alimentés au biberon.*

**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 devrait être effectué pour tous les puits d'alimentation en eau potable. Les résultats 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 ne s'est pas intéressée aux problématiques locales reliées par exemple aux contaminations bactériologiques, de pesticides ou d'hydrocarbures qui peuvent affecter la santé humaine.

## Qualité de l'eau – critères esthétiques

		Vrai	Faux
F	L'eau souterraine présente rarement une odeur d'œufs pourris dans le contexte des Hautes-Terres.	X	
M	Puisque l'eau souterraine des Hautes-Terres provient d'une recharge récente, elle est évoluée et minéralisée.		X

**D** Le quart des échantillons d'eau analysés au nord-est du Bas-Saint-Laurent présentent 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 microorganismes. 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.

## Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux

		Vrai	Faux
F	Les dépôts meubles sont partout présents en surface sur les Hautes-Terres.		X
F	Les types de dépôts meubles sont variés sur les Hautes-Terres.		X

**F** Quel est l'aquifère principal des Hautes-Terres?

L'aquifère principal est l'aquifère rocheux. Il est tout de même possible de retrouver localement des aquifères granulaires de surface de faibles dimensions et de faible puissance saturée qui sont souvent utilisés comme sources d'approvisionnement individuelles par l'aménagement de puits de surface (fontaines).

**F** Sur cette coupe, l'écoulement régional de l'eau souterraine s'écoule d'où et vers où?

Les Hautes-Terres sont la principale zone de recharge du territoire à l'étude. L'écoulement régional qui y provient s'écoule vers le sud, sous la Plaine Côtière.

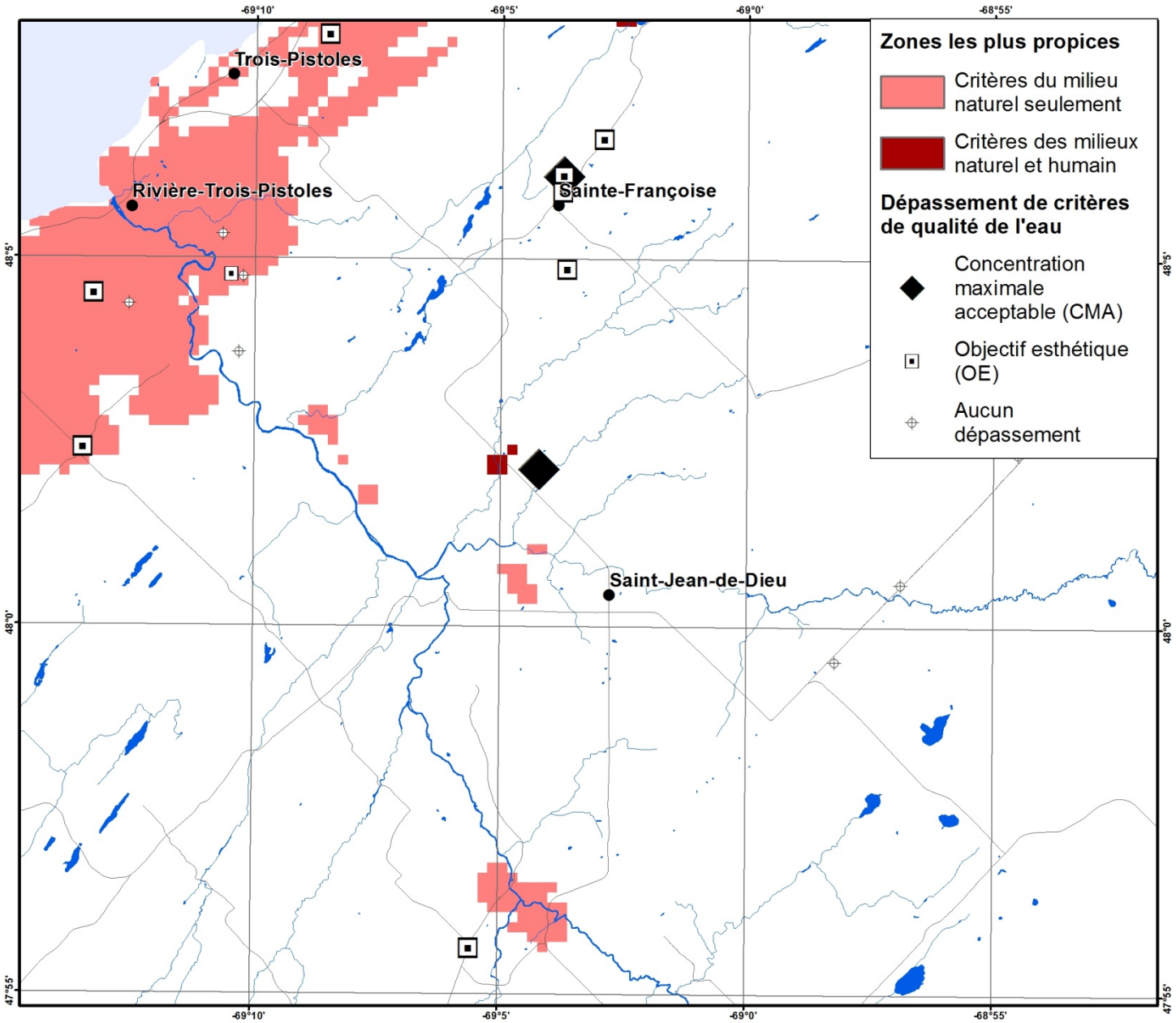
## Exercice de synthèse 1

**Si demain une municipalité du contexte 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
<b>Milieu naturel</b> (voir p. 28 à 44)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; 5 m d'épaisseur</li></ul>
Contextes hydrostratigraphiques	<ul style="list-style-type: none"><li>Présence de sédiments granulaires dans la séquence (1/4 ; 1/3/1/4 ; 1/3/4 ; 1/2/4 ; 3/1/4)</li></ul>
Conditions de confinement	
Piézométrie	
Recharge et résurgence	
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"><li>Très faible : indice de moins de 60</li><li>Faible : indice entre 60 et 100</li><li>Moyen : indice entre 100 et 140</li><li>Significative : indice entre 140 et 180</li></ul>
Qualité de l'eau – Critères de santé	<ul style="list-style-type: none"><li>Moins de dépassement de CMA possible à proximité</li></ul>
Qualité de l'eau – Critères esthétiques	<ul style="list-style-type: none"><li>Moins de dépassement d'OE possible à proximité</li></ul>
<b>Milieu humain</b> (voir p. 48 et 49)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>Forestier</li><li>Milieu non perturbé par l'activité humaine (boisé)</li><li>Non forestier</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>Agroforestière</li><li>Forestière</li><li>Récréative</li><li>Conservation</li></ul>





### Exercice de synthèse 1

#### LES HAUTES-TERRES

0 1 2 4 6 8 Km

1 / 150 000

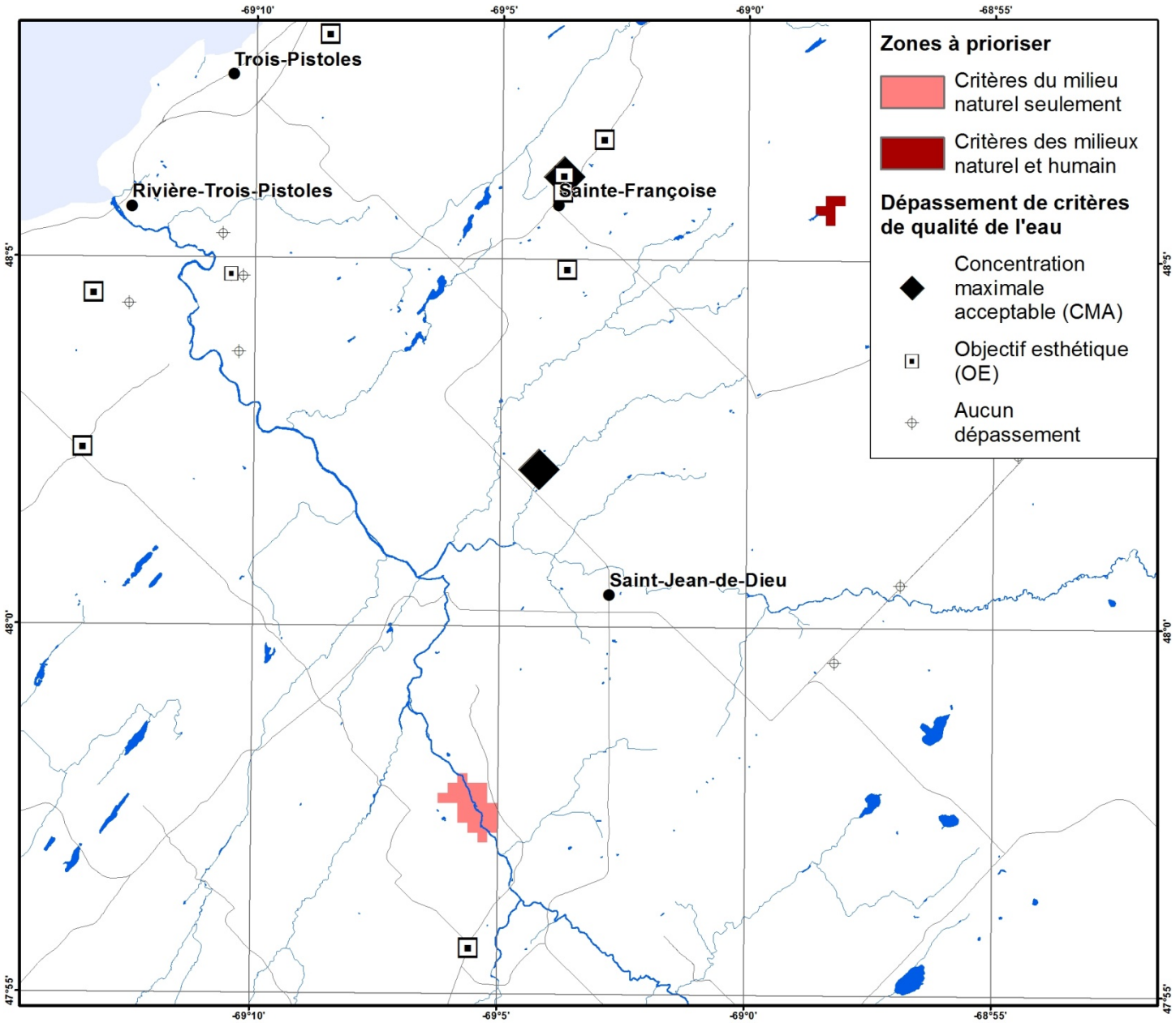


## Exercice de synthèse 2

### Dans le contexte des Hautes-Terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
<b>Milieu naturel</b> (voir p. 28 à 44)	
Épaisseur des dépôts meubles	
Contextes hydrostratigraphiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de sédiments argileux et fins dans la séquence (1/4 ; 4)</li> </ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libre</li> <li>• Semi-captif</li> </ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recharge préférentielle (&gt; 200 mm/an)</li> </ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen : indice entre 100 et 140</li> <li>• Significative : indice entre 140 et 180</li> <li>• Élevé : indice de 180 ou plus</li> </ul>
Qualité de l'eau – Critères de santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de dépassement de CMA possible à proximité</li> </ul>
Qualité de l'eau – Critères esthétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de dépassement d'OE possible à proximité</li> </ul>
<b>Milieu humain</b> (voir p. 48 et 49)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forestier</li> <li>• Milieu non perturbé par l'activité humaine (boisé)</li> <li>• Non forestier</li> </ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroforestière</li> <li>• Forestière</li> <li>• Récréative</li> <li>• Conservation</li> </ul>



## Exercice de synthèse 2

LES HAUTES-TERRES

0 1 2 4 6 8 Km

1 / 150 000

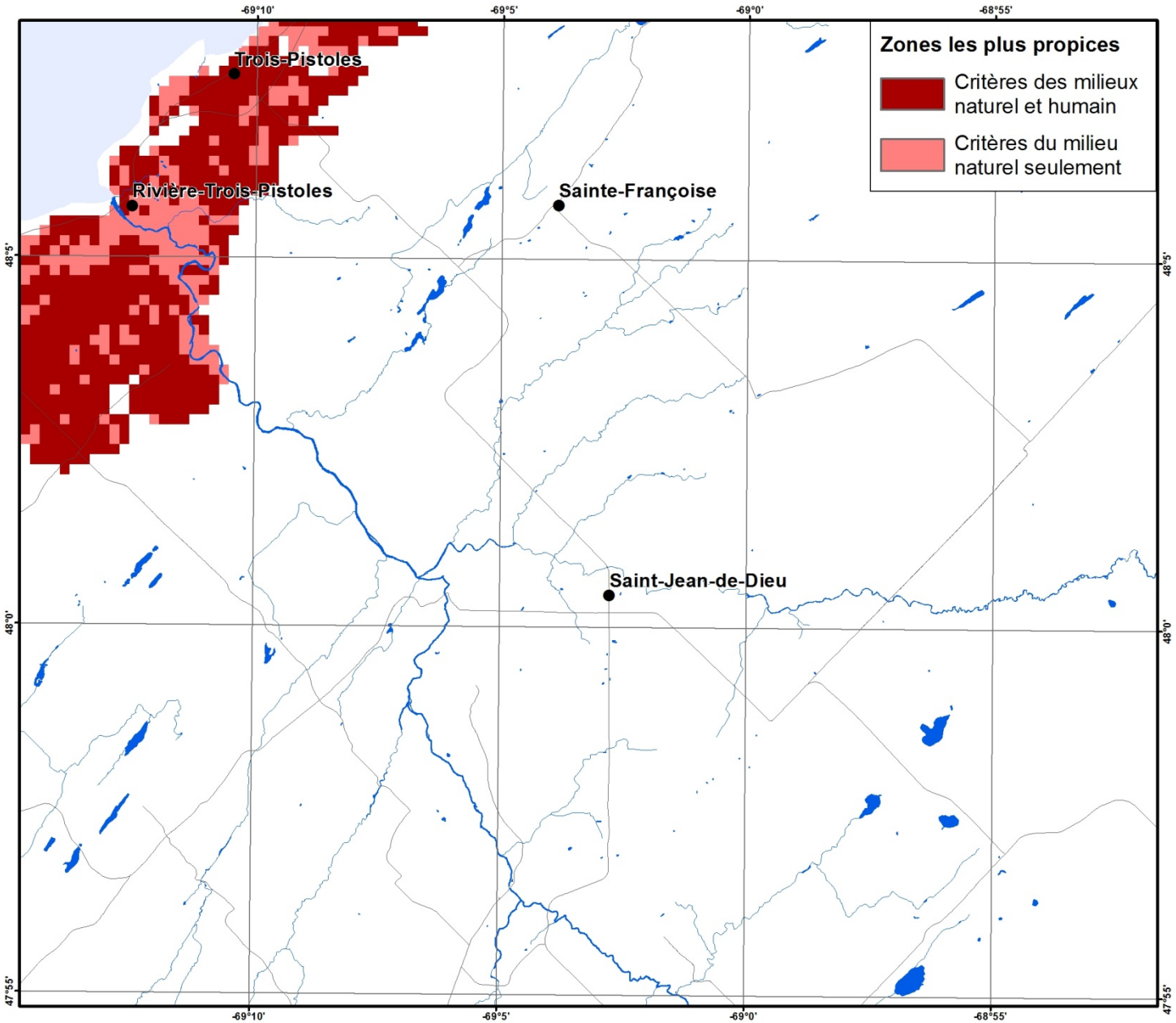


### Exercice de synthèse 3

**Dans le contexte 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
<b>Milieu naturel</b> (voir p. 28 à 44)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 3 m d'épaisseur</li> </ul>
Contextes hydrostratigraphiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de sédiments argileux ou fins dans la séquence (1/3/1/4 ; 1/3/4 ; 1/2/4 ; 2/4 ; 3/1/4 ; 3/4)</li> </ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Captif</li> </ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge &lt; 50 mm/an</li> </ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Très faible : indice de moins de 60</li> <li>Faible : indice entre 60 et 100</li> </ul>
Qualité de l'eau – Critères de santé	
Qualité de l'eau – Critères esthétiques	
<b>Milieu humain</b> (voir p. 48 et 49)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agricole</li> <li>Agricole avec potentiel forestier</li> <li>Anthropisé</li> </ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Urbaine</li> <li>Résidentielle</li> <li>Commerciale</li> <li>Industrielle</li> <li>Agricole</li> </ul>



**Zones les plus propices**

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



**Exercice de synthèse 3**

**LES HAUTES-TERRES**



1 / 150 000



# Le contexte hydrogéologique de la Plaine Côtière

## Épaisseur des dépôts meubles

	Vrai	Faux
<b>M</b> Moins l'épaisseur des dépôts meubles est importante, et moins il y a de chance que l'aquifère de dépôts meubles soit productif.	<b>X</b>	

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

*Selon l'échelle de la carte, les dépôts meubles atteignent plus de 40 m d'épaisseur dans les vallées des rivières Mitis et Neigette. En fait, on retrouve localement une épaisseur de plus de 60 m à Sainte-Angèle-de-Mérici à la confluence des deux rivières.*

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

*Non, car 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 de sédiments fins et ne constituent pas un milieu aquifère.*

## Contextes hydrostratigraphiques

	Vrai	Faux
<b>F</b> On retrouve des sédiments argileux en bordure de l'estuaire du Saint-Laurent.	<b>X</b>	
<b>M</b> Dans la vallée de la rivière Mitis, les sédiments granulaires se retrouvent toujours par-dessus les sédiments argileux.		<b>X</b>

**M** Sur la Plaine Côtière, la séquence hydrostratigraphique dominante est celle du matériau granulaire sur matériau argileux sur roc. Comment ces sédiments ont-ils été mis en place?

*Tout d'abord, lors du dernier épisode glaciaire, le passage du glacier a pris en charge les anciens sédiments et les a transportés plus loin. Ensuite, durant la déglaciation, l'invasion de la mer de Goldthwait a permis la déposition d'argile marine. À cette époque, la Plaine Côtière se retrouvait en eau profonde. Enfin, lors du retrait graduel de la mer, des sédiments granulaires littoraux ont été mis en place.*

**D** Pourquoi la présence d'un dépôt meuble perméable 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. Ensuite, il faut considérer l'extension latérale de l'aquifère. Si sa superficie est faible, le potentiel d'exploitation sera limité. Enfin, 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.*

## Conditions de confinement

		Vrai	Faux
F	Le centre-ville de Rimouski repose sur une nappe captive.		X
M	Partout où il y a de l'argile, les conditions sont à nappe captive.		X
M	Une nappe captive est alimentée par l'eau des précipitations.	X	

**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 contexte de la Plaine Côtière, l'écoulement souterrain régional s'effectue de manière générale depuis les Hautes-Terres vers l'estuaire du Saint-Laurent.	X	
D	La surface piézométrique étant relativement plane sur la Plaine Côtière, l'écoulement est probablement rapide et le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère est probablement court.		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 et résurgence

		Vrai	Faux
F	L'aquifère sous le centre villageois de Luceville reçoit moins de recharge que celui sous le centre villageois de Sainte-Blandine.	X	
M	Les zones de résurgence cartographiées correspondent toutes à des tronçons de rivière coulant directement sur le roc.		X

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

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

**D** Comment les eaux souterraines sont-elles en lien 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'exfiltration de l'eau souterraine. Ces zones de résurgence constituent des environnements de transition entre les systèmes aquifères et le réseau hydrographique de surface. Leur protection apparaît fondamentale au maintien du rôle écologique des eaux souterraines sur les écosystèmes associés aux milieux humides et aux plans d'eau de surface.*

## Vulnérabilité

		Vrai	Faux
<b>F</b>	Le centre-ville de Mont-Joli repose sur un aquifère dont la vulnérabilité est considérée comme « faible ».		<b>X</b>
<b>M</b>	Les dépôts meubles granulaires présents dans les vallées des rivières Neigette et Mitis sont responsables des indices DRASTIC relativement faibles.		<b>X</b>

**M** Quels sont les facteurs qui influencent le plus le résultat des indices DRASTIC dans le contexte de la Plaine Côtière?

*La profondeur élevée du toit de la nappe (sous les argiles), le faible taux de recharge annuelle et la zone vadose peu perméable sont les facteurs qui diminuent le plus la vulnérabilité des aquifères dans ce contexte.*

**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 ayant un indice DRASTIC faible. Une contamination potentielle pourrait aussi survenir via l'infiltration préférentielle autour d'un puits mal scellé. Même dans une zone à nappe captive à faible vulnérabilité, il est donc important de bien aménager et entretenir les puits d'alimentation.*

## Qualité de l'eau – critères de santé

		Vrai	Faux
<b>F</b>	Dans le secteur cartographié du contexte de la Plaine Côtière, les dépassements en fluorures excèdent de plus de 10 fois la CMA.		<b>X</b>
<b>M</b>	Les contaminations en azote sous forme de nitrites et nitrates (NO <sub>2</sub> -NO <sub>3</sub> ) pourraient être d'origine anthropique, associées à l'agriculture ou aux traitements des eaux usées.	<b>X</b>	

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

*Les eaux souterraines contenues dans le roc fracturé sont les plus propices à présenter ce type de problématique. Les concentrations importantes en fluorures seraient d'origine naturelle, liée à la dissolution des minéraux présents dans la roche.*

**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 à*



*l'installation et l'entretien du puits 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.*

## Qualité de l'eau – critères esthétiques

		Vrai	Faux
F	Un puits présente un dépassement en fer qui excède de plus de 25 fois l'OE.	X	
D	Les dépassements en chlorures et en sodium sont attribuables à l'eau salée de l'estuaire du Saint-Laurent.		X

M Pourquoi les dépassements en pH sont-ils problématiques?

*Santé Canada (2014) informe que le pH peut influencer sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement. Un pH acide ou alcalin peut avoir une incidence sur les concentrations des autres paramètres ainsi que sur la formation de différents composés, comme le sulfure d'hydrogène gazeux formé lorsqu'une eau est contaminée par le soufre en présence d'un pH acide, donc l'eau dégagera une odeur d'œufs pourris.*

## Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux

		Vrai	Faux
M	L'argile se retrouve partout sous la limite d'invasion marine de la mer de Goldthwait, soit l'élévation moyenne de 150 m.		X
M	Les aquifères constitués des dépôts marins littoraux que l'on retrouve au droit des plaines côtières organisées en terrasses sont parfois en condition de nappe captive ou semi-captive.		X

M 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 sédiments fluvioglaciaires composé de graviers, cailloux et blocs, d'environ 30 m d'épais, situé entre les km 15 et 16.5 de la coupe, est l'aquifère qui semble avoir le plus grand potentiel d'exploitation.*

D 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?

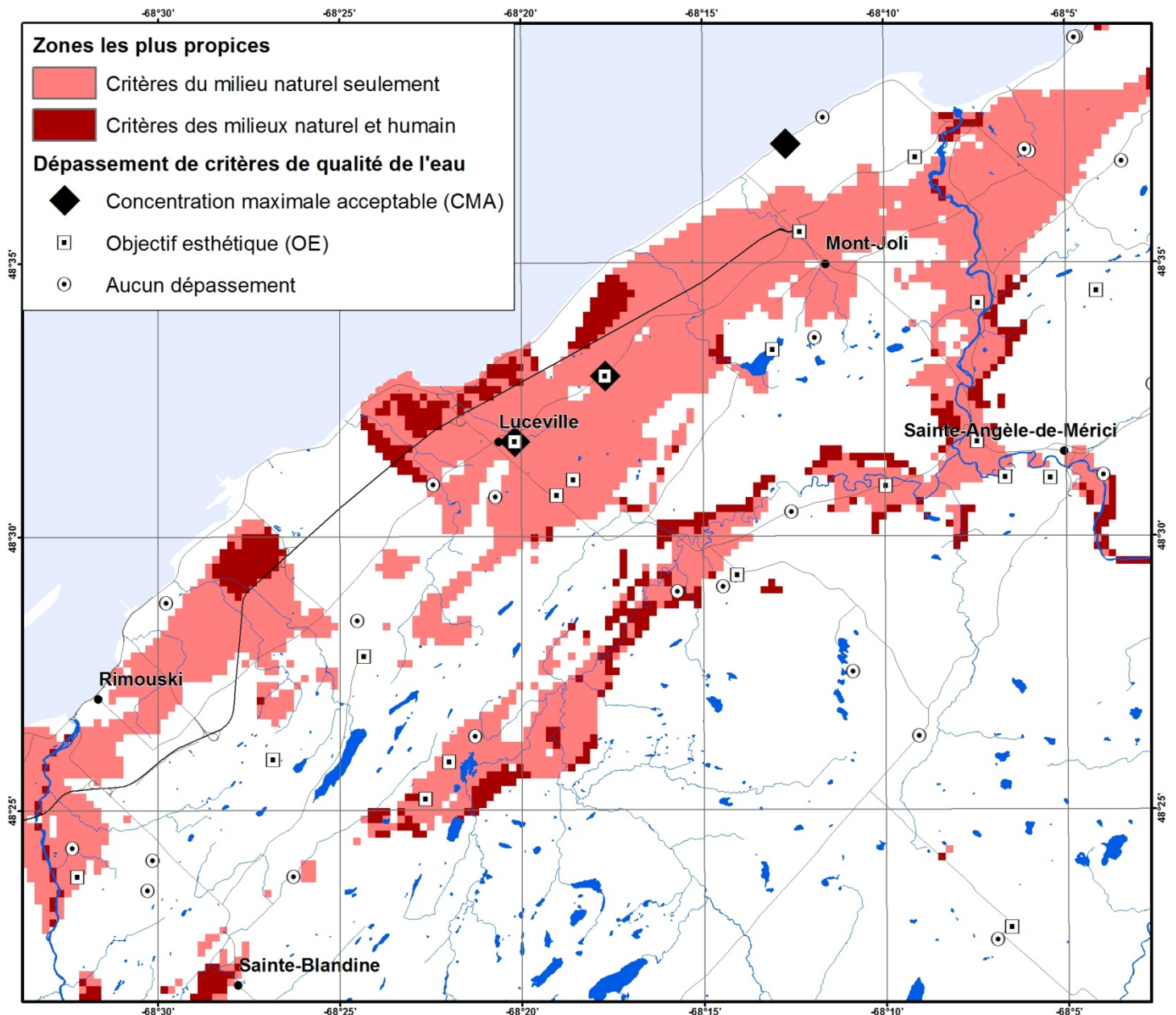
*La séquence la plus complète est composée de la base vers la surface du socle rocheux, de sédiments fluvioglaciaires, de sédiments marins d'eau profonde et de sédiments deltaïques. Elle se retrouve entre les km 15 et 16.5 de la coupe. À cet endroit, on a donc un aquifère de roc fracturé constitué de shist à la base, surmonté d'un aquifère très productif de graviers, cailloux et blocs, 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. Malgré leur épaisseur pouvant dépasser plus de 30 m, le potentiel aquifère de ces derniers s'est avéré, dans bien des cas, relativement pauvre en raison de leur faible puissance saturée.*

## Exercice de synthèse 1

**Si demain une municipalité du contexte de la Plaine Côtière devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?**

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
<b>Milieu naturel</b> (voir p. 52 à 68)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; 5 m d'épaisseur</li></ul>
Contextes hydrostratigraphiques	<ul style="list-style-type: none"><li>Présence de sédiments granulaires dans la séquence (1/4 ; 1/3/1/4 ; 1/3/4 ; 1/2/4 ; 3/1/4)</li></ul>
Conditions de confinement	
Piézométrie	
Recharge et résurgence	
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"><li>Très faible : indice de moins de 60</li><li>Faible : indice entre 60 et 100</li><li>Moyen : indice entre 100 et 140</li><li>Significative : indice entre 140 et 180</li></ul>
Qualité de l'eau – Critères de santé	<ul style="list-style-type: none"><li>Moins de dépassement de CMA possible à proximité</li></ul>
Qualité de l'eau – Critères esthétiques	<ul style="list-style-type: none"><li>Moins de dépassement d'OE possible à proximité</li></ul>
<b>Milieu humain</b> (voir p. 72 et 73)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>Forestier</li><li>Milieu non perturbé par l'activité humaine (boisé)</li><li>Non forestier</li></ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"><li>Agroforestière</li><li>Forestière</li><li>Récréative</li><li>Conservation</li></ul>



### Exercice de synthèse 1

#### LA PLAINE CÔTIÈRE

0 1 2 4 6 8 10 Km

1 / 200 000

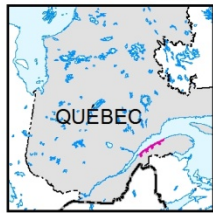
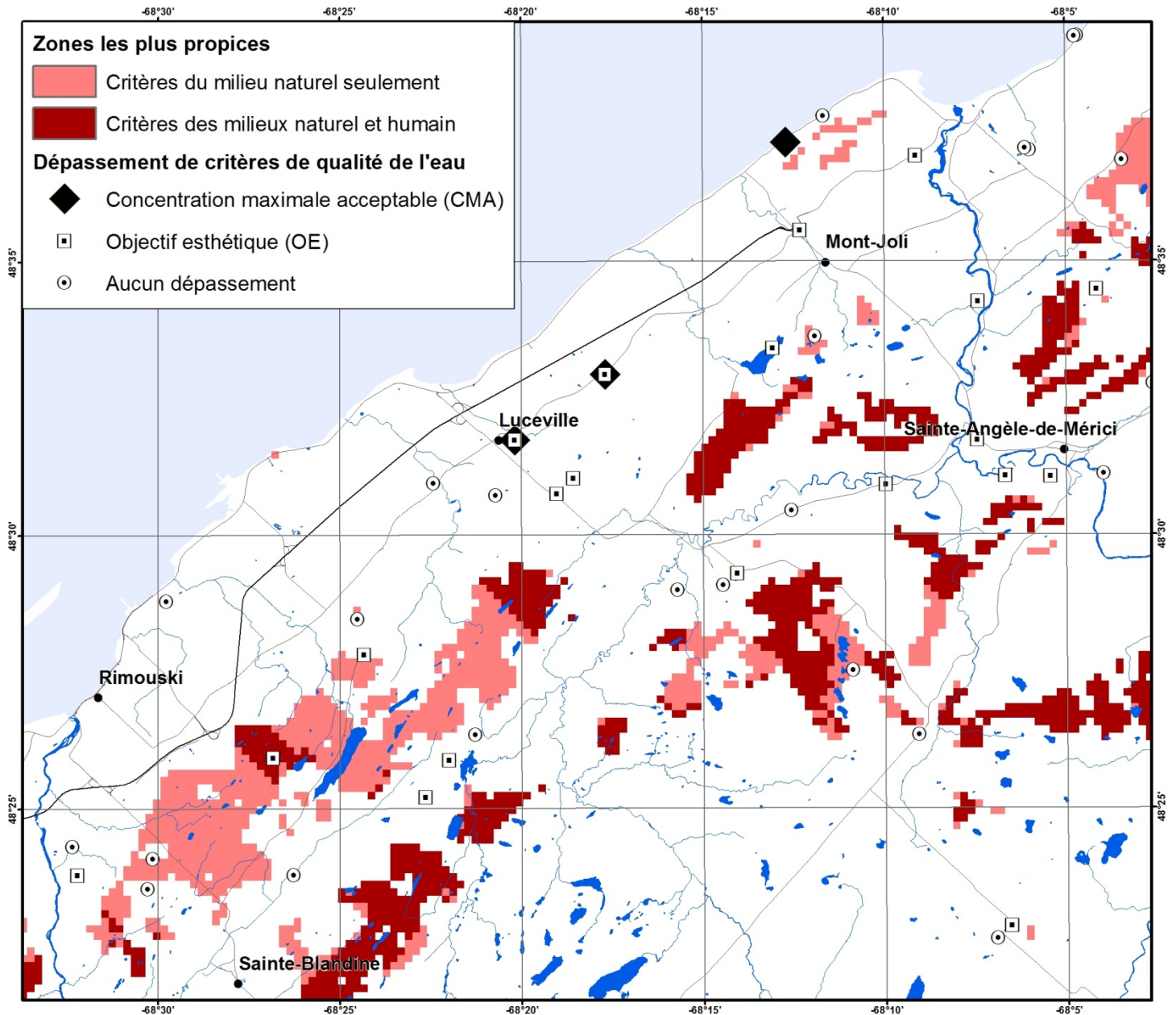


## Exercice de synthèse 2

### Dans le contexte de la Plaine Côtière, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exemple d'un cheminement d'expert :

Cartographie	Critère
<b>Milieu naturel</b> (voir p. 52 à 68)	
Épaisseur des dépôts meubles	
Contextes hydrostratigraphiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de sédiments argileux et fins dans la séquence (1/4 ; 4)</li> </ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libre</li> <li>• Semi-captif</li> </ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recharge préférentielle (&gt; 200 mm/an)</li> </ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyen : indice entre 100 et 140</li> <li>• Significative : indice entre 140 et 180</li> <li>• Élevé : indice de 180 ou plus</li> </ul>
Qualité de l'eau – Critères de santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de dépassement de CMA possible à proximité</li> </ul>
Qualité de l'eau – Critères esthétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de dépassement d'OE possible à proximité</li> </ul>
<b>Milieu humain</b> (voir p. 72 et 73)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forestier</li> <li>• Milieu non perturbé par l'activité humaine (boisé)</li> <li>• Non forestier</li> </ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroforestière</li> <li>• Forestière</li> <li>• Récréative</li> <li>• Conservation</li> </ul>



**Exercice de synthèse 2**

**LA PLAINE CÔTIÈRE**

0 1 2 4 6 8 10 Km

1 / 200 000

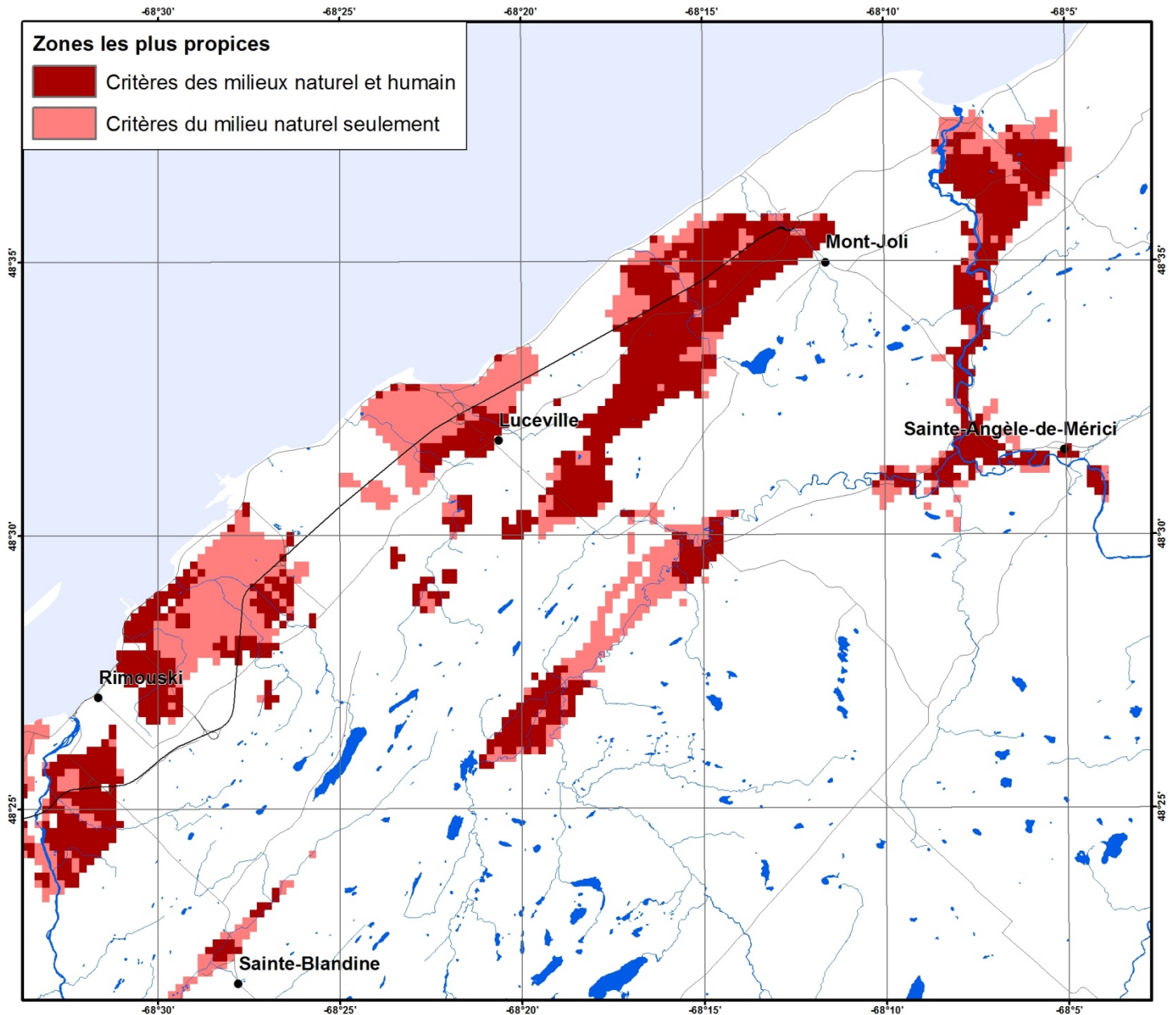


### Exercice de synthèse 3

**Dans le contexte de la Plaine Côtière, 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
<b>Milieu naturel</b> (voir p. 52 à 68)	
Épaisseur des dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 3 m d'épaisseur</li> </ul>
Contextes hydrostratigraphiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de sédiments argileux ou fins dans la séquence (1/3/1/4 ; 1/3/4 ; 1/2/4 ; 2/4 ; 3/1/4 ; 3/4)</li> </ul>
Conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Captif</li> </ul>
Piézométrie	
Recharge et résurgence	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge &lt; 50 mm/an</li> </ul>
Vulnérabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Très faible : indice de moins de 60</li> <li>Faible : indice entre 60 et 100</li> </ul>
Qualité de l'eau – Critères de santé	
Qualité de l'eau – Critères esthétiques	
<b>Milieu humain</b> (voir p. 72 et 73)	
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agricole</li> <li>Agricole avec potentiel forestier</li> <li>Anthropisé</li> </ul>
Affectation du territoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Urbaine</li> <li>Résidentielle</li> <li>Commerciale</li> <li>Industrielle</li> <li>Agricole</li> </ul>



### Exercice de synthèse 3

#### LA PLAINE CÔTIÈRE

0 1 2 4 6 8 10 Km

1 / 200 000

