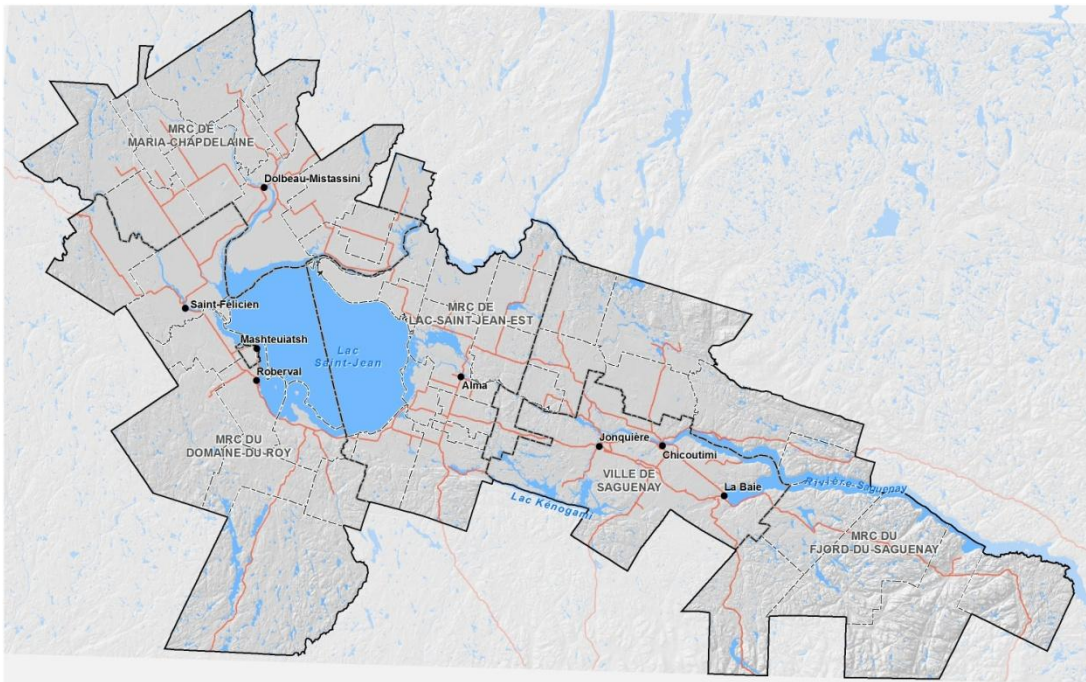


1^{er} atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay – Lac-Saint-Jean

RÉPONSES AUX EXERCICES DU CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,
l'UQAC, l'UQTR et l'Université Laval

Février 2015

Niveau de difficulté des questions

F – facile

M – moyennement facile

D – difficile

Table des matières

Les caractéristiques hydrogéologiques des hautes terres – cas du secteur du Bas-Saguenay.....	3
Limites des milieux aquifères de roc fracturé.....	3
Épaisseur des dépôts meubles.....	3
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	4
Piézométrie	4
Recharge préférentielle et résurgence.....	5
Vulnérabilité	5
Qualité de l'eau – Critères de santé.....	6
Qualité de l'eau – Critères esthétiques.....	6
Les caractéristiques hydrogéologiques des basses terres – cas du secteur Lac-Saint-Jean Est.....	7
Limites des milieux aquifères de roc fracturé.....	7
Épaisseur des dépôts meubles.....	7
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	8
Piézométrie	8
Recharge préférentielle et résurgence.....	9
Vulnérabilité	9
Qualité de l'eau – Critères de santé.....	10
Qualité de l'eau – Critères esthétiques.....	10
Les caractéristiques hydrogéologiques des basses terres – cas du secteur Lac-Saint-Jean Ouest.....	12
Limites des milieux aquifères de roc fracturé.....	12
Épaisseur des dépôts meubles.....	12
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	13
Piézométrie	13
Recharge préférentielle et résurgence.....	14
Vulnérabilité	14
Qualité de l'eau – Critères de santé.....	15
Qualité de l'eau – Critères esthétiques.....	15

Les caractéristiques hydrogéologiques des hautes terres – cas du secteur du Bas-Saguenay

Limites des milieux aquifères de roc fracturé

		Vrai	Faux
F	• Le secteur du Bas-Saguenay contient deux types de milieux aquifères de roc fracturé.		X
F	• Il est possible d'alimenter des systèmes de distributions en eau potable à partir du roc cristallin.	X	
M	• Les failles et linéaments sont liés aux dépressions topographiques dans lesquelles peuvent s'écouler les cours d'eau.	X	

F En quoi les failles et linéaments sont-ils utiles lors des travaux de recherche en eau souterrain?

Ils peuvent constituer des cibles pour la recherche en eau, car les failles (souvent indiquées par des linéaments) peuvent contribuer à un écoulement plus efficace de l'eau souterraine à proximité.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Les dépôts meubles sont peu présents dans le secteur du Bas-Saguenay.	X	
F	• En général, les dépôts meubles sont accumulés dans les vallées.	X	
F	• L'épaisseur des dépôts meubles est la plus faible à l'embouchure des rivières Saint-Jean et Éternité.		X
M	• Les forages virtuels sont répartis aléatoirement sur le territoire.		X

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

L'épaisseur maximale d'environ 80 m est observée dans le village de L'Anse-Saint-Jean, le long de la route 170.

M Pourquoi les dépôts meubles sont-ils peu présents dans le secteur du Bas-Saguenay?

Le secteur du Bas-Saguenay est en majeure partie localisé dans le secteur physiographique des hautes terres, correspondant au massif montagneux des Laurentides et présentant un relief dominé par le roc affleurant en surface. Les hautes terres avec leur relief accidenté n'ont pas favorisé le dépôt des sédiments lors de la fonte des glaciers.

Limites des milieux aquifères de dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Les milieux aquifères de dépôts meubles sont situés dans les vallées.	X	
F	• Les argiles de la mer Laflamme sont limitées aux vallées des rivières Éternité, Saint-Jean et Petit Saguenay.	X	
M	• Il n'y a jamais de milieux imperméables sous les milieux aquifères.		X

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

Ces zones qui dominent le secteur du Bas-Saguenay 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.

M Quel type de dépôt meuble est le plus intéressant pour l'exploitation de l'eau souterraine?

Les sédiments fluvioglaciaires sont ceux composés des sédiments les plus grossiers ayant les pores les plus grandes et interconnectés, et présentant des valeurs de transmissivité les plus élevées. Au SLSJ, un grand nombre de municipalités s'alimentant en eau souterraine exploitent ce milieu aquifère.

Piézométrie

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés dans la municipalité de L'Anse-Saint-Jean.	X	
F	• L'eau souterraine s'écoule généralement du nord vers le sud sur le secteur du Bas-Saguenay.		X
M	• L'eau souterraine qui s'écoule sur le territoire de la municipalité de L'Anse-Saint-Jean provient exclusivement de son propre territoire.		X
M	• Les rivières Éternité, Saint-Jean et Petit-Saguenay constituent des exutoires de l'eau souterraine.	X	

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

Le niveau piézométrique varie d'environ 800 m entre les hautes terres au sud de la municipalité de L'Anse-Saint-Jean et les basses terres en bordure de la rivière Saguenay.

Recharge préférentielle et résurgence

		Vrai	Faux
F	• Les valeurs de recharge les plus élevées sont situées sur le territoire de la municipalité de Petit-Saguenay.	X	
F	• Quelques sources naturelles ponctuelles ont été localisées sur le secteur du Bas-Saguenay lors des travaux du PACES-SLSJ.		X
F	• La zone potentielle de suintement en bordure de la rivière Saguenay correspond à une zone de résurgence de l'eau souterraine.	X	
M	• Les zones de recharge préférentielle correspondent au sommet des collines.		X

M Comment sont délimitées les zones de recharge préférentielles?

Les plus fortes valeurs de recharge sont localisées au droit des milieux aquifères superficiels sablonneux, constitués de sables hétérogènes ou de dépôts d'origine fluvioglaciaire lorsqu'ils affleurent. Ces deux types de milieu aquifère définissent les zones de recharge préférentielle de la région.

Vulnérabilité

		Vrai	Faux
F	• Les zones de vulnérabilité « faible » coïncident avec les vallées et les zones de vulnérabilité « élevée » avec les sommets des collines.		X
F	• La route 170 est érigée majoritairement sur des zones à vulnérabilité « élevée ».		X
M	• Les milieux aquifères ayant un petit indice DRASTIC sont tout de même susceptibles de se voir affecter par une contamination.	X	

F Pourquoi les zones de vulnérabilité « élevée » coïncident-elles avec les vallées?

Les dépôts meubles, tels que les sédiments fluvioglaciaires qui présentent les vulnérabilités les plus élevées, sont accumulés dans les vallées.

M Pourquoi la vulnérabilité est-elle généralement faible sur le secteur du Bas-Saguenay?

Les affleurements rocheux, qui comme l'argile présentent les vulnérabilités les plus faibles, dominant sur le secteur. Leur faible conductivité hydraulique, leur faible recharge et les pentes élevées contribuent entre autres à diminuer l'indice DRASTIC.

Qualité de l'eau – Critères de santé

		Vrai	Faux
F	• Aucun dépassement en baryum n'a été observé dans le secteur du Bas-Saguenay.	X	
F	• Des dépassements en fluorures n'ont été observés que dans la municipalité de Petit-Saguenay.	X	
M	• Les activités humaines seraient responsables des dépassements des normes pour l'eau potable.		X
M	• Globalement, l'eau souterraine du SLSJ est potable et présente peu de risque pour la santé humaine.	X	

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

Il semble que ce sont les eaux souterraines contenues dans les milieux aquifères de roc cristallin qui 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.

M Pourquoi les dépassements en baryum sont-ils problématiques?

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

Qualité de l'eau – Critères esthétiques

		Vrai	Faux
F	• Un seul dépassement d'OE est observé par puits.		X
F	• Tous les paramètres ayant un objectif esthétique ont été mesurés pour chacun des échantillons.		X
F	• L'aluminium n'est pas un paramètre problématique dans le secteur du Bas-Saguenay.	X	
M	• Les dépassements d'OE proviennent tous du milieu aquifère de roc fracturé.		X

M Quel est le nombre maximal de dépassements d'OE pour un seul échantillon parmi tous ceux récoltés?

L'échantillon récolté le long de la route 170 dans la municipalité de Rivière-Éternité présente le nombre maximal de 7 OE dépassés (MDT, sodium, chlorures, dureté, pH, fer et manganèse).

M Pourquoi les dépassements en dureté sont-ils problématiques?

Santé Canada (2014) informe que l'eau douce (dureté faible) peut entraîner un problème de corrosion des canalisations et en conséquence, certains métaux lourds comme le cuivre, le zinc, le plomb et le cadmium peuvent se retrouver dans l'eau du réseau de distribution. Inversement, l'eau dure (dureté élevée) peut causer l'entartrage et le colmatage des canalisations domestiques. L'entartrage des ustensiles de cuisine peut aussi contribuer à augmenter la consommation de savon. L'eau dure est donc à la fois un désagrément et un fardeau économique pour le consommateur. La dureté acceptable par le public varie selon les villes; elle est souvent liée au degré de dureté auquel le consommateur est habitué : dans de nombreuses villes, on tolère une dureté supérieure à 200 mg/L. On prétend qu'une dureté comprise entre 80 et 100 mg/L de CaCO₃ assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage.

Les caractéristiques hydrogéologiques des basses terres – cas du secteur Lac-Saint-Jean Est

Limites des milieux aquifères de roc fracturé

		Vrai	Faux
F	• Le secteur Lac-Saint-Jean Est contient deux types de milieux aquifères de roc fracturé.	X	
F	• Le calcaire domine le secteur Lac-Saint-Jean Est.		X
D	• À l'aide de cette carte, il est possible de déterminer quel type de roche (sédimentaire ou cristallin) constitue le milieu aquifère ayant le meilleur potentiel aquifère?		X

M À quelle structure physiographique est associée la suite de failles orientées ONO-ESE au sud du secteur Lac-Saint-Jean Est?
Il s'agit de la Faille du Lac Kénogami, correspondant à la limite du mur sud du Graben du Saguenay séparant les hautes terres des basses terres.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• On retrouve des dépôts meubles très épais dans la municipalité de Saint-Bruno.		X
F	• La ville d'Alma repose sur peu de dépôts meubles.	X	
D	• Les données de forages virtuels ayant servi à estimer l'épaisseur des dépôts meubles sont réparties uniformément sur le territoire. La fiabilité de l'estimation de l'épaisseur des dépôts meubles est donc partout très bonne.		X

F Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur du Lac-Saint-Jean Est et quelle est cette épaisseur approximative?

L'épaisseur maximale d'environ 120m est observée dans la municipalité d'Hébertville, près de la route 169.

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.

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

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

Limites des milieux aquifères de dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Les argiles de la mer Laflamme recouvrent majoritairement les basses terres et confinent les milieux aquifères sous-jacents.	X	
F	• La municipalité d'Hébertville-Station comprend de vastes aquifères granulaires.		X
M	• On ne retrouve pas de milieux imperméables sous les milieux aquifères de sédiments non différenciés.		X
D	• On retrouve des aquifères doubles contenant deux nappes distinctes dans la municipalité de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix.	X	

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

Il faut entre autres connaître l'épaisseur du milieu aquifère pour savoir s'il contient une quantité appréciable d'eau. Jumeler la carte des limites régionales des milieux aquifères de dépôts meubles à celle de l'épaisseur des dépôts meubles peut donner un premier aperçu sur l'épaisseur du milieu aquifère. Il faut aussi considérer la profondeur de la nappe puisque le milieu aquifère peut comprendre la zone non saturée près de la surface. Dans tous les cas, 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.

D Quelle séquence verticale de dépôts meubles peut-on reconstituer à partir de cette carte?

De la surface jusqu'à la base, on retrouve des sédiments non différenciés (milieu aquifère), des argiles de la mer Laflamme (milieu imperméable), des sédiments fluvioglaciaires (milieu aquifère) et le milieu aquifère de roc fracturé.

Piézométrie

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés dans la municipalité de Saint-Gédéon.		X
F	• L'eau souterraine qui s'écoule sur le territoire de la municipalité de Saint-Bruno provient généralement de la municipalité de Larouche.	X	
F	• Plus on s'approche du lac Saint-Jean et plus les pentes sont fortes.		X
M	• Le lac Saint-Jean, le lac Kénogami et la rivière Saguenay constituent l'exutoire de l'eau souterraine dans le secteur Lac-Saint-Jean Est.	X	

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

Le niveau piézométrique varie d'environ 240 m entre les hautes terres au sud d'Hébertville et Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, et les basses terres en bordure du lac Saint-Jean.

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. Ceci est par exemple similaire à la nécessité de connaître le territoire du bassin versant en amont pour protéger une prise d'eau potable dans une rivière.

Recharge préférentielle et résurgence

		Vrai	Faux
F	• La municipalité de Saint-Bruno repose majoritairement sur des zones préférentielles de recharge.		X
M	• Les mares identifiées en orange sur la carte correspondent à des zones où la recharge est maximale.		X
M	• Les zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont localisées où l'argile marine ou bien le socle rocheux affleurent en surface.	X	
M	• Les zones de suintement sont localisées à la base de pentes fortes, là où il y a rupture de pente.	X	

M Les milieux aquifères situés au droit des zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont-ils tout de même alimentés par l'infiltration de surface?

Oui, car il est faux de considérer que le roc et l'argile ne reçoivent aucune recharge, elle est simplement beaucoup plus faible que celle des milieux aquifères granulaires. D'autre part, les aquifères peuvent être alimentés horizontalement par écoulement souterrain depuis un autre aquifère contigu.

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
F	• La vulnérabilité est très variée pour l'ensemble des municipalités du secteur Lac-Saint-Jean Est.	X	
F	• Les secteurs de vulnérabilité « élevée » sont très rares sur le secteur Lac-Saint-Jean Est.		X
M	• Les zones aux vulnérabilités les plus faibles correspondent exclusivement à des zones ayant une épaisse couverture d'argiles imperméables.		X
D	• Cette carte permet de déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits.		X

M Pourquoi est-ce que la vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé est peu connue sur le secteur Lac-Saint-Jean Est?

L'indice DRASTIC se calcule seulement pour le premier aquifère rencontré, soit celui le plus près de la surface. La vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé n'est alors connue qu'aux droits où le roc affleure en surface. Puisque la majorité du secteur Lac-Saint-Jean Est est recouvert par des dépôts meubles, la vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé est alors peu connue.

D Qu'est-ce qui semble le plus influencer la vulnérabilité sur le secteur Lac-Saint-Jean Est et dans la région en général?

Puisque de façon générale, les zones les plus vulnérables coïncident avec les zones où des dépôts granulaires se retrouvent à la surface du terrain, et à l'inverse, les zones les moins vulnérables correspondent aux dépôts de surface plus fins (argile et silt) et aux affleurements rocheux, la cartographie de la vulnérabilité des aquifères de la région du SLSJ est fortement représentative du type de dépôt meuble et semble fortement influencée par leur conductivité hydraulique.

Qualité de l'eau – Critères de santé

		Vrai	Faux
F	• Aucun dépassement en baryum n'a été observé dans le secteur Lac-Saint-Jean Est.	X	
F	• D'après la carte, l'eau souterraine de la municipalité de Saint-Bruno semble particulièrement de bonne qualité.		X
M	• Les dépassements en fluorures du secteur Lac-Saint-Jean Est proviennent tous des milieux aquifères rocheux.	X	
M	• Les échantillons d'eau analysés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique, de pesticide ou d'hydrocarbure n'existe sur le territoire.		X

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

Oui, l'eau peut normalement être consommée sans danger pour la santé sans subir de traitement au préalable. Toutefois, les objectifs esthétiques devraient être considérés, car leurs effets peuvent être non négligeables et 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. Notez que l'étude du PACES-SLSJ n'a pas analysé les problématiques locales liées aux contaminations bactériologiques, de pesticides ou d'hydrocarbures. Celles-ci doivent impérativement être prises en compte.

D Bien qu'aucune ou très peu de problématiques liées à l'eau potable n'aient été identifiées, est-il approprié de recommander un suivi de la qualité de l'eau potable dans les puits utilisés pour l'alimentation en eau potable?

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

Qualité de l'eau – Critères esthétiques

		Vrai	Faux
F	• Tous les échantillons récoltés présentent un dépassement d'OE.		X
M	• Les aquifères granulaires semblent présenter nettement plus de problématiques d'OE que les aquifères de roc fracturé.		X
M	• Le secteur présente plusieurs dépassements de Fe.	X	
D	• Le secteur présente un échantillon d'eau de type chloruré, à salinité élevée.	X	

D Le quart des échantillons d'eau analysés au SLSJ 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.

D Pourquoi retrouve-t-on parfois des eaux à salinité élevée dans les basses terres, près du lac Saint-Jean?

Quatre hypothèses ont été formulées par le PACES-SLSJ:

- 1) Les eaux de décharge ayant circulé à plus grande profondeur sont connues pour être fortement minéralisées. Dans un contexte de graben, les hautes terres pourraient permettre une infiltration en profondeur de l'eau météoritique, ce qui augmenterait le temps de transit de l'eau souterraine vers sa zone de décharge dans le lac Saint-Jean et donc, tendrait à accroître son contenu en minéraux dissous.*
- 2) On observe aussi une association spatiale entre le roc calcaire de la région et les échantillons à salinité élevée, mais cette corrélation est très peu documentée à ce jour.*
- 3) Les argiles de la mer Laflamme pourraient aussi être à l'origine de la salinité des eaux souterraines retrouvées dans certains aquifères granulaires de la région, affirmation supportée par la présence de sodium (en proportion relative plus grande que le calcium) et de chlorures dans les environnements dominés par d'épais dépôts d'argile, au nord et au nord-ouest du lac Saint-Jean.*
- 4) Des eaux sous-glaciaires pourraient s'être infiltrées dans le socle rocheux au moment de la déglaciation, il y a 10 000 ans. Le temps de résidence serait alors suffisant pour l'évolution de cette eau vers une eau salée.*

Les caractéristiques hydrogéologiques des basses terres – cas du secteur Lac-Saint-Jean Ouest

Limites des milieux aquifères de roc fracturé

		Vrai	Faux
F	• Le secteur Lac-Saint-Jean Ouest contient deux types de milieux aquifères de roc fracturé.	X	
F	• Le territoire de la Ville de Saint-Félicien repose exclusivement sur du roc cristallin.		X
D	• À l'aide de cette carte, il est possible de déterminer quel type de roche (sédimentaire ou cristallin) constitue le milieu aquifère ayant le meilleur potentiel aquifère?		X

M Souvent, le milieu aquifère de roc fracturé n'est suffisamment perméable que pour permettre l'exploitation de l'eau souterraine par des puits domestiques alimentant des résidences privées. Est-ce le cas pour le secteur Lac-Saint-Jean Ouest?
Non, car la Ville de Saint-Félicien possède un puits captif captant l'eau dans les roches calcaires et servant à alimenter un aqueduc pour la distribution de l'eau potable.

Épaisseur des dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• La variabilité de l'épaisseur des dépôts meubles est faible sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.		X
F	• On retrouve les dépôts meubles les plus épais dans la municipalité de La Doré.		X
D	• Les données de forages virtuels ayant servi à estimer l'épaisseur des dépôts meubles sont réparties uniformément sur le territoire. La fiabilité de l'estimation de l'épaisseur des dépôts meubles est donc partout très bonne.		X

F Où retrouve-t-on l'épaisseur maximale de dépôts meubles dans le secteur du Lac-Saint-Jean Ouest et quelle est cette épaisseur approximative?

L'épaisseur maximale d'environ 90 m est observée au sud du secteur Lac-Saint-Jean Ouest, à l'est de la rivière Ashuapmushuan, et à l'est du secteur Lac-Saint-Jean Ouest, des deux côtés de la rivière Mistassini.

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.

D Est-ce que la topographie de surface influence de manière importante l'épaisseur des dépôts meubles dans le secteur du Lac-Saint-Jean Ouest (expliquez votre raisonnement)?

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

Limites des milieux aquifères de dépôts meubles

		Vrai	Faux
F	• Les argiles de la mer Laflamme recouvrent presque totalement le secteur Lac-Saint-Jean Ouest et confinent les milieux aquifères sous-jacents.	X	
F	• Le territoire de la municipalité de Normandin est environ à moitié recouvert par les milieux aquifères de sables deltaïques.	X	
M	• Les milieux aquifères fluvioglaciers sont toujours en nappe libre dans le secteur Lac-Saint-Jean-Ouest.		X
D	• On retrouve des aquifères doubles contenant deux nappes distinctes sur le territoire de la Ville de Saint-Félicien.	X	

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

Il faut entre autres connaître l'épaisseur du milieu aquifère pour savoir s'il contient une quantité appréciable d'eau. Jumeler la carte des limites régionales des milieux aquifères de dépôts meubles à celle de l'épaisseur des dépôts meubles peut donner un premier aperçu sur l'épaisseur du milieu aquifère. Il faut aussi considérer la profondeur de la nappe puisque le milieu aquifère peut comprendre la zone non saturée près de la surface. Dans tous les cas, 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.

D Quelle séquence verticale de dépôts meubles peut-on reconstituer à partir de cette carte?

De la surface jusqu'à la base, on retrouve des sédiments non différenciés (milieu aquifère), des argiles de la mer Laflamme (milieu imperméable), des sédiments fluvioglaciers (milieu aquifère) et le milieu aquifère de roc.

Piézométrie

		Vrai	Faux
F	• On retrouve les niveaux piézométriques les plus élevés dans la municipalité d'Albanel.		X
F	• L'eau souterraine qui s'écoule sur le territoire de la Ville de Saint-Félicien provient de plusieurs municipalités environnantes, dont La Doré, Normandin et Albanel.	X	
F	• Plus on s'approche du lac Saint-Jean et plus les pentes sont fortes.		
M	• Les rivières Ashuapmushuan et Mistassini constituent les exutoires de l'eau souterraine dans le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.	X	

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

Le niveau piézométrique varie d'environ 160 m entre les hautes terres à l'ouest de La Doré et les basses terres à l'embouchure de la rivière Mistassini dans le Lac Saint-Jean.

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. Ceci est par exemple similaire à la nécessité de connaître le territoire du bassin versant en amont pour protéger une prise d'eau potable dans une rivière.

Recharge préférentielle et résurgence

		Vrai	Faux
F	• La portion du territoire de Saint-Edmond-les-Plaines apparaissant sur la carte repose majoritairement sur des zones préférentielles de recharge.		X
M	• Les mares identifiées en orange sur la carte correspondent à des zones où la recharge est maximale.		X
M	• Les zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont localisées où l'argile marine ou bien le socle rocheux affleurent en surface.	X	
M	• Les zones de suintement sont localisées à la base de pentes fortes, là où il y a rupture de pente.	X	

M Les milieux aquifères situés au droit des zones non identifiées comme ayant une recharge préférentielle sont-ils tout de même alimentés par l'infiltration de surface?

Oui, car il est faux de considérer que le roc et l'argile ne reçoivent aucune recharge, elle est simplement beaucoup plus faible que celle des milieux aquifères granulaires. D'autre part, les aquifères peuvent être alimentés horizontalement par écoulement souterrain depuis un autre aquifère contigu.

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
F	• La vulnérabilité est particulièrement élevée sur la portion du territoire de Saint-Edmond-les-Plaines apparaissant sur la carte.		X
F	• Les secteurs de vulnérabilité « élevée » sont très rares sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.		X
M	• Les milieux humides sont toujours associés à des vulnérabilités relativement élevées.	X	
D	• Cette carte permet de déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits.		X

M Pourquoi est-ce que la vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé est peu connue sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest?

L'indice DRASTIC se calcule seulement pour le premier aquifère rencontré, soit celui le plus près de la surface. La vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé n'est alors connue qu'aux droits où le roc affleure en surface. Puisque la majorité du secteur Lac-Saint-Jean Ouest est recouvert par des dépôts meubles, la vulnérabilité du milieu aquifère de roc fracturé est alors peu connue.

D Qu'est-ce qui semble le plus influencer la vulnérabilité sur le secteur Lac-Saint-Jean Ouest et dans la région en général?

Puisque de façon générale, les zones les plus vulnérables coïncident avec les zones où des dépôts granulaires se retrouvent à la surface du terrain, et à l'inverse, les zones les moins vulnérables correspondent aux dépôts de surface plus fins (argile et silt) et aux affleurements rocheux, la cartographie de la vulnérabilité des aquifères de la région du SLSJ est fortement représentative du type de dépôt meuble et semble fortement influencée par leur conductivité hydraulique.

Qualité de l'eau – Critères de santé

		Vrai	Faux
F	• Aucun dépassement en baryum n'a été observé dans le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.	X	
F	• Tous les échantillons de la portion du territoire de la municipalité d'Albanel apparaissant sur la carte semblent présenter un problème de potabilité.	X	
M	• Les dépassements en fluorures du secteur Lac-Saint-Jean Ouest proviennent tous des milieux aquifères rocheux.		X
M	• Les échantillons d'eau analysés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique, de pesticide ou d'hydrocarbure n'existe sur le territoire.		X

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

Oui, l'eau peut normalement être consommée sans danger pour la santé sans subir de traitement au préalable. Toutefois, les objectifs esthétiques devraient être considérés, car leurs effets peuvent être non négligeables et 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. Notez que l'étude du PACES-SLSJ n'a pas analysé les problématiques locales liées aux contaminations bactériologiques, de pesticides ou d'hydrocarbures. Celles-ci doivent impérativement être prises en compte.

D Bien qu'aucune ou très peu de problématiques liées à l'eau potable n'aient été identifiées, est-il approprié de recommander un suivi de la qualité de l'eau potable dans les puits utilisés pour l'alimentation en eau potable?

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

Qualité de l'eau – Critères esthétiques

		Vrai	Faux
F	• Tous les échantillons récoltés présentent un dépassement d'OE.		X
M	• Les aquifères granulaires semblent présenter nettement plus de problématiques d'OE que les aquifères de roc fracturé.		X
M	• Le secteur présente au moins un dépassement de température.	X	
D	• Un seul échantillon d'eau de type chloruré, à salinité élevée, a été observé dans le secteur Lac-Saint-Jean Ouest.		X

D Le quart des échantillons d'eau analysés au SLSJ 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.

D Pourquoi retrouve-t-on parfois des eaux à salinité élevée dans les basses terres, près du lac Saint-Jean?

Quatre hypothèses ont été formulées par le PACES-SLSJ:

- 1) Les eaux de décharge ayant circulé à plus grande profondeur sont connues pour être fortement minéralisées. Dans un contexte de graben, les hautes terres pourraient permettre une infiltration en profondeur de l'eau météoritique, ce qui augmenterait le temps de transit de l'eau souterraine vers sa zone de décharge dans le lac Saint-Jean et donc, tendrait à accroître son contenu en minéraux dissous.*
- 2) On observe aussi une association spatiale entre le roc calcaire de la région et les échantillons à salinité élevée, mais cette corrélation est très peu documentée à ce jour.*
- 3) Les argiles de la mer Laflamme pourraient aussi être à l'origine de la salinité des eaux souterraines retrouvées dans certains aquifères granulaires de la région, affirmation supportée par la présence de sodium (en proportion relative plus grande que le calcium) et de chlorures dans les environnements dominés par d'épais dépôts d'argile, au nord et au nord-ouest du lac Saint-Jean.*
- 4) Des eaux sous-glaciaires pourraient s'être infiltrées dans le socle rocheux au moment de la déglaciation, il y a 10 000 ans. Le temps de résidence serait alors suffisant pour l'évolution de cette eau vers une eau salée.*