Rapport de caractérisation de l'eau des puits privés des bassins versants des prises d'eau situées dans la rivière Saint-Charles et la rivière Montmorency

Présenté à la Communauté métropolitaine de Québec

François Proulx, Ph.D., chimiste
Directeur de la Division de la qualité de l'eau
Service du traitement des eaux
Ville de Québec

Avril 2017

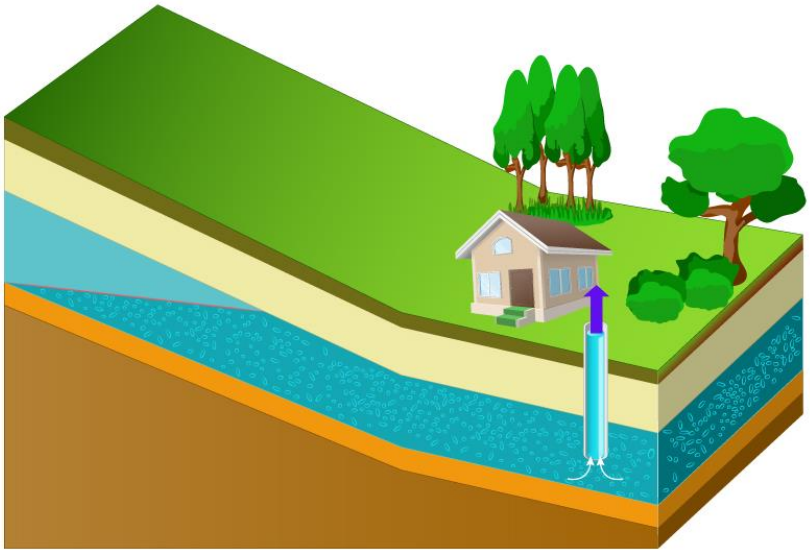


TABLE DES MATIÈRES

MISE EN CONTEXTE 1

MANDAT 3

TERRITOIRE À L'ÉTUDE 3

PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS ET ANALYSE 6

Protocole de prélèvement 6

Réception des échantillons et analyses 8

Résultats d'analyse 11

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS 16

Influence potentielle des installations septiques autonomes 19

Influence des activités de déglaçage hivernal 20

CONCLUSION 22

RÉFÉRENCES 24

ANNEXE 1 25

FAITS SAILLANTS

La campagne d'échantillonnage et d'analyse de l'eau des puits privés des bassins versants des prises d'eau des rivières Saint-Charles et Montmorency s'est déroulée au printemps (du 17 mai au 7 juillet) et à l'automne (du 17 octobre au 14 décembre) 2016. Lors de cette campagne, 985 échantillons ont été prélevés dans 900 puits privés.

Bien que la participation à cette campagne ait été établie sur une base volontaire, la distribution géographique des puits échantillonnés est représentative des différents environnements.

Dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (BVSC), 139 des 709 puits échantillonnés, soit 20 %, démontrent une non-conformité aux paramètres microbiologiques. Cette proportion monte à 28 % (54 des 191 puits) dans le bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency (BVM). Environ 5 % des puits échantillonnés sont contaminés au *Escherichia coli* (*E. coli*).

Outre les normes de potabilité, divers paramètres physicochimiques ont été analysés. Les paramètres dont le seuil établi a été dépassé sont :

- le phosphore total (37 % des puits échantillonnés dans le BVSC et 36 % dans le BVM) ;
- l'azote ammoniacal (35 % des puits échantillonnés dans le BVSC et 60 % dans le BVM);
- l'azote total (55 % des puits échantillonnés dans le BVSC et 54 % dans le BVM);
- les nitrites et nitrates (59 % des puits échantillonnés dans le BVSC et 57 % dans le BVM);
- la conductivité (51 % des puits échantillonnés dans le BVSC et 47 % dans le BVM);
- l'ion chlorure (56 % des puits échantillonnés dans le BVSC et 46 % dans le BVM).

Il est important de noter que ces dépassements n'entraînent pas de risque pour la santé publique.

Rappelons que les nutriments, notamment l'azote et le phosphore, enrichissent les eaux et accélèrent le vieillissement des lacs et des cours d'eau; un phénomène connu sous le nom d'eutrophisation. La prolifération de plantes et d'algues qui en résulte peut dégrader l'eau pour ses autres utilisations, comme la consommation et les activités récréatives.

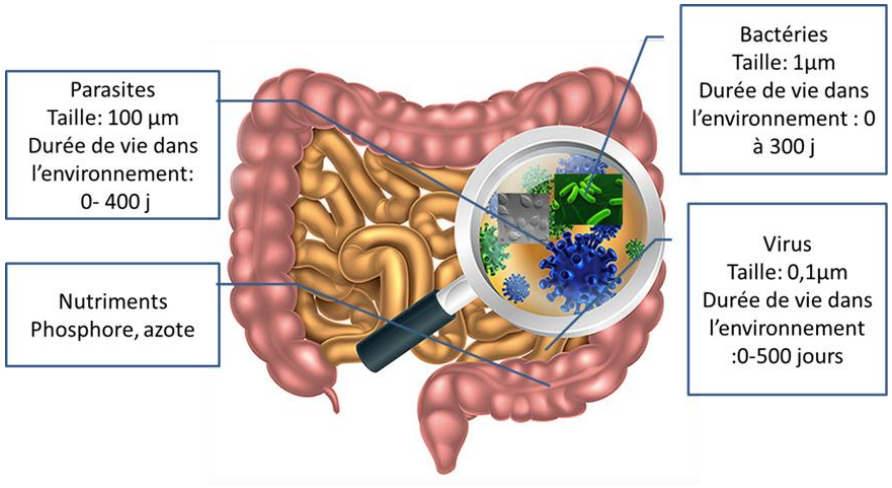
De façon générale, 9 % des puits échantillonnés dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (BVSC) et 6 % des puits échantillonnés dans le bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency (BVM) ne présentent aucun dépassement des critères à l'étude et contiennent une eau qui n'est influencée par aucune activité anthropique.

MISE EN CONTEXTE

De façon générale, l'eau souterraine provient de l'eau de pluie (ou de la neige) qui s'infiltre dans le sol pour atteindre des zones plus ou moins profondes. Lors de son passage dans le sol, l'eau interagit avec les différents composés présents (métaux, ions et molécules) et ses caractéristiques physicochimiques sont modifiées (Manahan 1994). Ainsi, lorsque le sol contient des contaminants, ces derniers influencent indéniablement la qualité physicochimique de l'eau souterraine et la dégradent (Taylor 2004, Krauss 2011).

Le même principe s'applique aux micro-organismes présents dans l'environnement. Lorsque l'eau traverse une zone chargée en contamination microbiologique (installation sanitaire autonome, aire d'épandage de fumier), le risque de contamination augmente. Cependant, il est à noter que les indicateurs utilisés (*E. coli*) pour estimer la présence de bactéries d'origine entérique (provenant de l'intestin des animaux à sang chaud notamment) n'ont pas une grande viabilité temporelle dans les sols. Une absence de contamination dans un puits ne signifie donc pas que l'eau n'a pas été en contact avec une contamination microbiologique. D'autres micro-organismes comme certaines bactéries pathogènes, les virus et les protozoaires, qui sont difficilement mesurables, ont une viabilité plus grande et peuvent être présents et altérer la qualité sanitaire de l'eau (Payment 2006, Krauss 2011, Murphy 2016). Mentionnons que certaines bactéries pathogènes, les virus, les parasites et les bactéries d'origine entérique les plus infectieuses pour l'humain proviennent des humains eux-mêmes (figure 1).

Figure 1 **Type, taille et durée de vie des organismes microbiologiques et nutriments dans l'environnement**



En plus de l'aspect qualitatif, une attention particulière doit être apportée à la quantité de l'eau souterraine disponible. La facilité avec laquelle une eau s'infiltre dans le sol dépend de la nature du sol et de la topographie du terrain. L'endroit où l'eau s'infiltre dans le sol est appelé « zone de recharge ». Ainsi, la quantité d'eau souterraine dans une nappe donnée dépend de la capacité de ces zones de recharge. Elle dépendra aussi de la quantité d'eau qui atteint le sol, c'est-à-dire la pluviométrie. L'imperméabilisation du sol des zones de recharge aura pour effet de réduire la quantité d'eau infiltrée dans la nappe et augmentera le ruissellement de l'eau en surface. Cette eau sera acheminée rapidement par le réseau pluvial vers les cours d'eau à proximité. Cette eau se chargera au passage des contaminants présents incluant des matières en suspension.

En résumé, la gestion de l'eau souterraine sur un territoire donné consiste à :

- réduire les risques associés à la contamination de l'eau;
- protéger les zones de recharge afin d'assurer la pérennité de la ressource.

MANDAT

En mai 2016, la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) a lancé une vaste étude sur la qualité de l'eau des puits individuels répartis sur l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. À l'automne 2016, cette campagne d'échantillonnage s'est étendue au territoire du bassin versant des prises d'eau situées dans la rivière Montmorency. Les objectifs de cette étude sont :

- connaître la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau consommée par les propriétaires de puits individuels;
- évaluer l'influence des activités anthropiques du territoire sur la qualité et la quantité de l'eau souterraine.

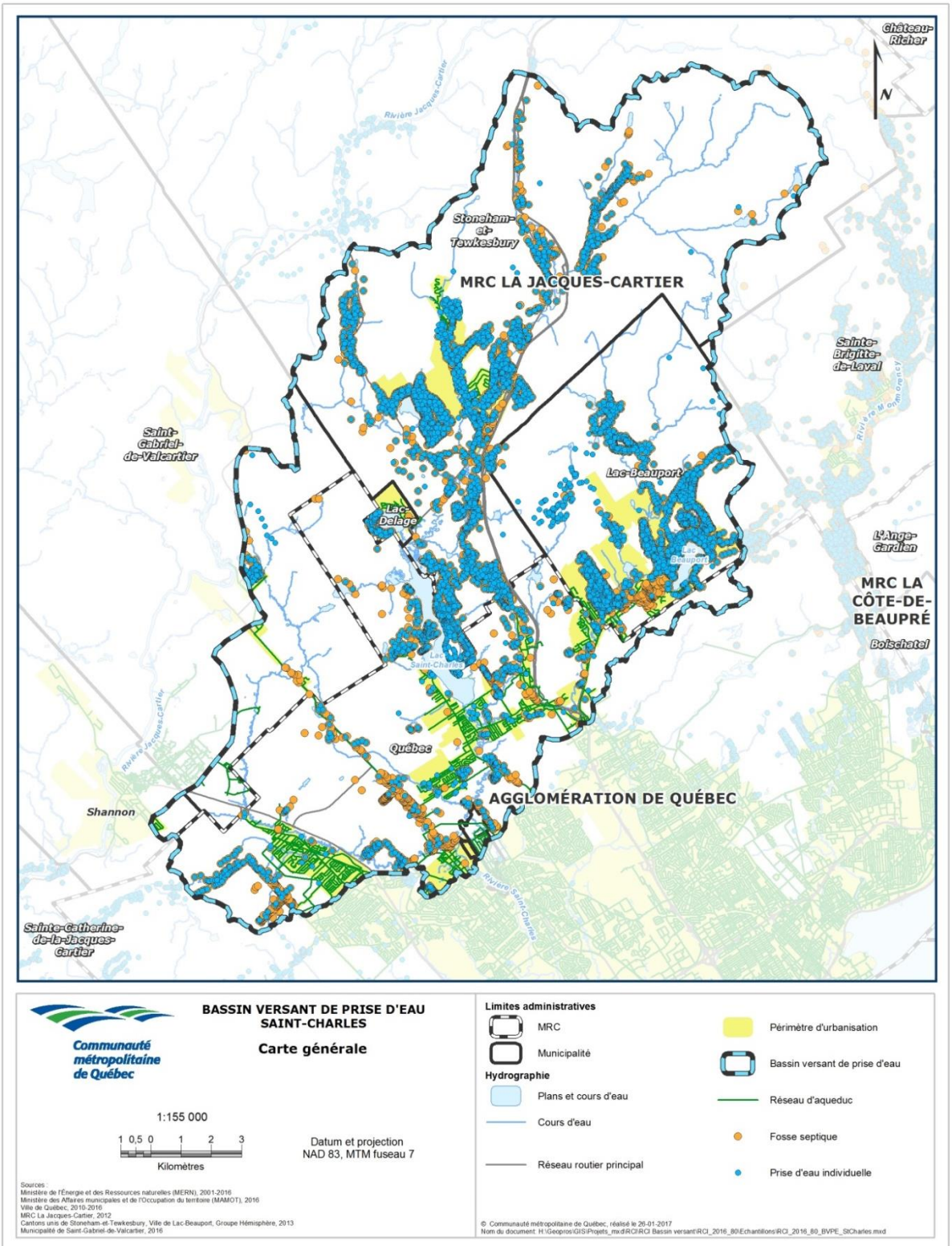
Pour mener à bien ce projet, la CMQ s'est associée à la Ville de Québec (Division de la qualité de l'eau, Service du traitement des eaux) pour son expertise dans les domaines de l'eau et des laboratoires, et aux Organismes de bassins versants (OBV) en charge du territoire à l'étude soit, l'OBV de la Capitale (rivière Saint-Charles) et l'OBV Charlevoix-Montmorency (rivière Montmorency), pour les activités de prélèvement. Le Département de géologie de l'Université Laval a été consulté pour le choix des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques à analyser ainsi que pour le protocole de prélèvement et des métadonnées nécessaires aux analyses subséquentes des résultats de laboratoire.

TERRITOIRE À L'ÉTUDE

Le territoire couvert par la présente étude est :

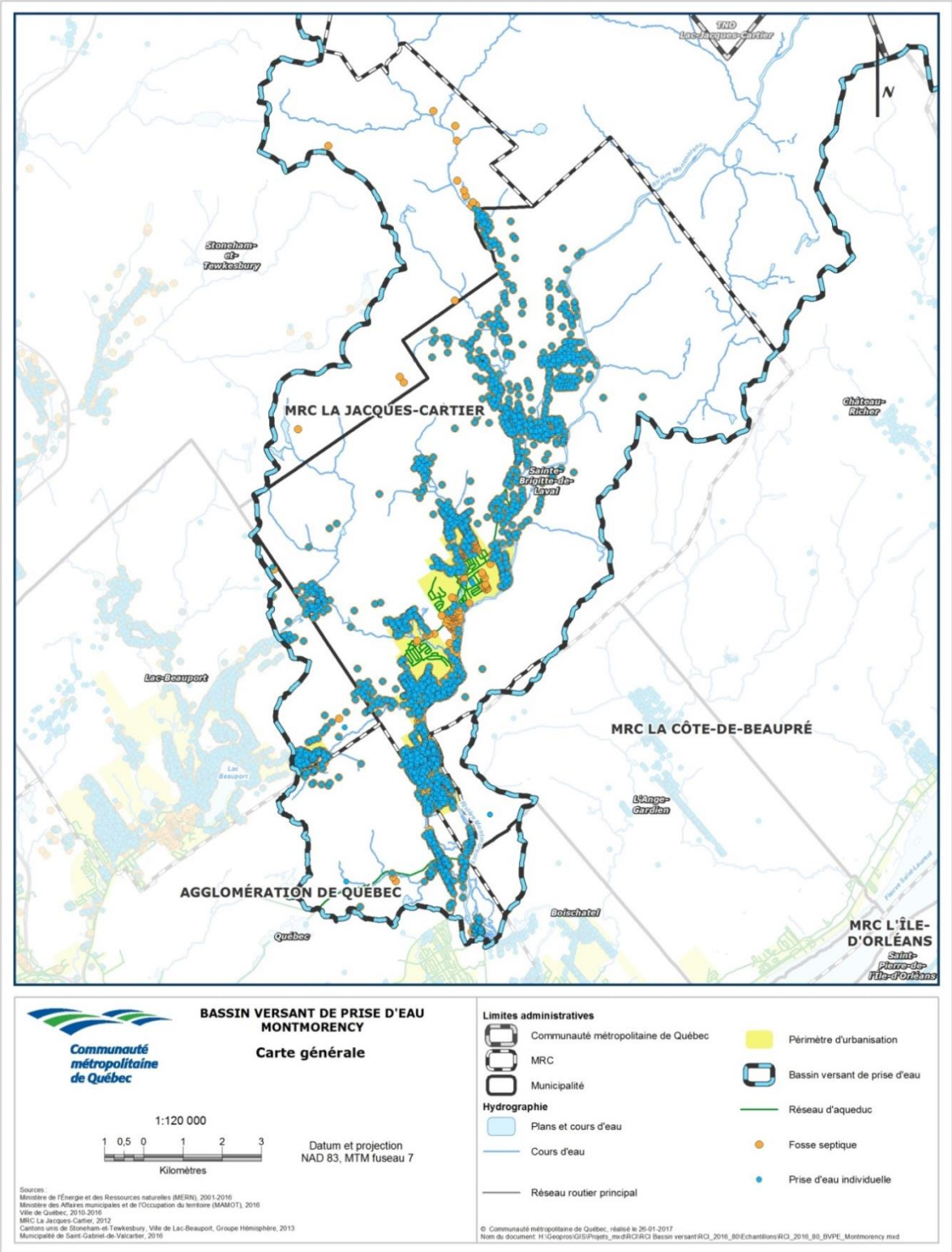
- le bassin versant de la prise d'eau située dans la rivière Saint-Charles (figure 2). Ce bassin, d'une superficie de 348 km^2 (OBV de la Capitale 2010), est alimenté principalement par la rivière des Hurons qui se déverse dans la partie nord du lac Saint-Charles. Deux autres rivières se jettent en amont de la prise d'eau et en aval du lac Saint-Charles : la Jaune et la Nelson.
- le bassin versant des prises d'eau situées dans la rivière Montmorency (figure 3). Ce bassin occupe un territoire de près de 1 150 km^2 (OBV Charlevoix-Montmorency 2014). Il traverse les municipalités de Québec, Boischatel, Sainte-Brigitte-de-Laval, Lac-Beauport, L'Ange-Gardien, Château-Richer, Stoneham-et-Tewkesbury. Environ 83 % du territoire du bassin versant est sous couvert forestier.

Figure 2 Carte du bassin versant de la prise d'eau située dans la rivière Saint-Charles



Dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, on dénombre 5 228 installations septiques et 4 925 puits individuels.

Figure 3 Carte du bassin versant des prises d'eau situées dans la rivière Montmorency



Dans le bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency, on dénombre 1 982 installations septiques et 1 808 puits individuels.

PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS ET ANALYSE

Protocole de prélèvement

Sélection des puits échantillonnés

Un envoi postal aléatoire a permis d'informer les citoyens résidant sur le territoire à l'étude de la possibilité d'obtenir gratuitement une analyse de la qualité de l'eau de leur puits. Les informations relatives à cette campagne ont également été diffusées sur les médias sociaux ainsi que sur les sites Internet des municipalités admissibles. Les citoyens désirant faire partie du programme s'inscrivaient alors auprès de l'OBV responsable de leur territoire. La prise de rendez-vous pour réaliser le prélèvement de l'eau de puits était sous la responsabilité de l'OBV.

Prélèvements

Des prélèvements ont été réalisés entre le 17 mai et le 7 juillet 2016 sur le territoire du bassin versant de la prise d'eau située dans la rivière Saint-Charles. Une autre campagne de prélèvements s'est déroulée du 17 octobre au 14 décembre 2016 dans les bassins versants des prises d'eau situées dans la rivière Saint-Charles et la rivière Montmorency.

Au total, 985 prélèvements dans 900 puits ont été réalisés en 2016 :

- 763 échantillons dans 709 puits sur le territoire du bassin versant de la prise d'eau située dans la rivière Saint-Charles ;
- 222 échantillons dans 191 puits sur le territoire du bassin versant des prises d'eau situées dans la rivière Montmorency.

Figure 4 Nombre de puits échantillonnés dans le bassin versant de prise d'eau de la rivière Saint-Charles

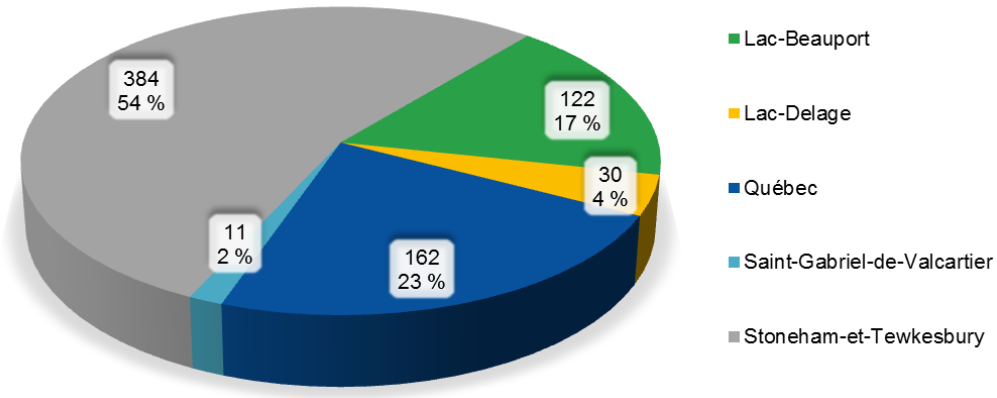
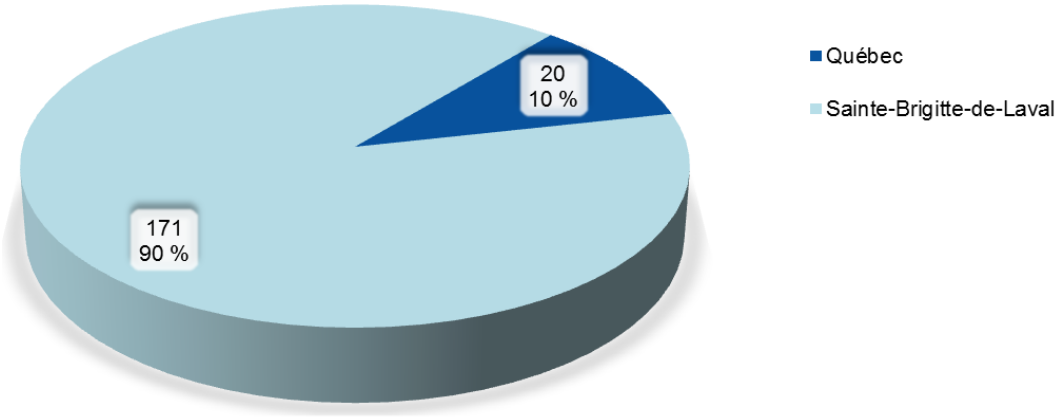


Figure 5 Nombre de puits échantillonnés dans le bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency



Pour chacun des prélèvements effectués, des données relatives aux puits échantillonnés étaient documentées (métadonnées). Le tableau 1 résume les données recueillies.

Tableau 1 Données recueillies lors d'un échantillonnage de puits individuel

INFORMATION	DONNÉES
Champs d'épuration du propriétaire du puits et ceux des voisins, s'il y a lieu	Distance approximative par rapport au puits Topographie
Traitement de l'eau, s'il y a lieu	Aucun, adoucisseur, particules, sel, manganèse, uv, sable, fer, pH, soufre, charbon actif
Usage	Consommation, bétail, autre, inutilisée
Qualité de l'eau perçue par le propriétaire	Quantité, transparence, goût, odeur
Niveau piézométrique	Hauteur (m)
Profondeur du puits	Hauteur (m)
Tubulure du puits	Hauteur (m)

Chacun des échantillons prélevés recevait un code pour assurer la confidentialité du propriétaire du puits. Ce code a été utilisé durant tout le processus analytique aux laboratoires de la Ville de Québec. Il est à noter que 10 % des échantillons ont été prélevés en duplicata pour assurer la qualité du prélèvement.

Réception des échantillons et analyses

Les laboratoires de la Ville de Québec sont accrédités par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et possèdent un système de qualité conforme à la norme ISO CEI 17025. Ils sont audités à l'externe au deux ans et à l'interne annuellement. Ils reçoivent, tout au long de l'année, des échantillons de contrôle de l'organisme accréditeur et doivent atteindre un niveau supérieur de qualité pour maintenir leur accréditation. De plus, chaque lot d'analyse est vérifié par des échantillons de contrôle afin d'assurer l'excellence des résultats. Le tableau 2 résume les activités de contrôle de qualité entourant le processus analytique des laboratoires de la Ville de Québec. L'ensemble des limites de détection méthodologiques ont été établies conformément aux directives du MDDELCC (CEAEQ 2011, CEAEQ 2014).

Tableau 2 Activités de contrôle des échantillons analysés aux laboratoires de la Ville de Québec

TYPE DE CONTRÔLE DE QUALITÉ	FRÉQUENCE	DOMAINE DE VALIDITÉ	SIGNIFICATION
Blanc méthodologique	1 à tous les 15 échantillons	Inférieur à la limite de détection de la méthode d'analyse	Permet de vérifier la pureté des réactifs utilisés
Échantillon fortifié	1 à tous les 15 échantillons	Entre 85 et 115 %	Évalue la présence d'interférences dans les échantillons
Contrôle A	1 par série d'analyse	±10 % de la valeur attendue	Vérifie l'exactitude des résultats situés en haut de courbe
Contrôle B	1 par série d'analyse	±15 % de la valeur attendue	Vérifie l'exactitude des résultats situés en bas de courbe
Contrôle C	1 à tous les 15 échantillons	±15 % de la valeur attendue	Vérifie la performance de l'analyse
Contrôle HC	1 à tous les 15 échantillons	±15 % de la valeur attendue	Vérifie la performance des autodilutions
Duplicata	1 à tous les 15 échantillons	±10 % d'écart à la moyenne	Vérifie la reproductibilité des analyses
Coefficient de linéarité	1 par série d'analyse	R^2>0,998	Vérifie la sensibilité et la performance de l'étalonnage des instruments

Réception

Les échantillons ont été reçus aux laboratoires le jour de leur prélèvement. Ils ont été enregistrés dans la base de données des laboratoires de la Ville de Québec (LabPlus^{MD}) et ont reçu un numéro de laboratoire. L'intégrité des échantillons (bris, remplissage du contenant, type de contenant, stérilité,

etc.) a été vérifiée à la réception et un préservatif de conservation a été ajouté lorsque nécessaire. Chacun des échantillons a été conservé à la température requise par les normes relatives aux protocoles analytiques.

Analyses des échantillons

Chacun des échantillons a été analysé pour les paramètres énumérés au tableau 3. Pour chacun de ces paramètres, la limite de détection méthodologique est donnée de même que la référence à la méthode analytique utilisée.

Tableau 3 Paramètres analysés dans les échantillons d'eau des puits individuels (Rice 2012)

PARAMÈTRES	LIMITES DE DÉTECTION	MÉTHODES D'ANALYSE
Physicochimie		
Alcalinité	0,4 mg $CaCO_3$/l	Std Met 2320
Conductivité	0,6 µS/cm	Std Met 2510
Dureté	0,01 mg $CaCO_3$/l	Std Met 2340
pH	S/O	Std Met 4500
Microbiologie		
Bactéries atypiques	0 UFC/100 ml	Std Met 9222 C
Coliformes totaux	0 UFC/100 ml	Std Met 9222 C
Escherichia coli	0 UFC/100 ml	Std Met 9222 I
Anions majeurs		
Bromures	0,002 mg/l	Std Met 4110
Chlorures	0,2 mg/l	Std Met 4110
Fluorures	0,005 mg/l	Std Met 4110
Sulfates	3 mg/l	Std Met 4500 SO4F
Autres		
Carbone organique total	0,05 mg/l	Std Met 5310 C
Nutriments		
Azote ammoniacal	8 µg /L	Std Met 4500 NH3H
Azote total	0,08 mg/l	Std Met 4500 NC
Nitrites et nitrates	0,01 mg n/l	Std Met 4500 NO3F
Phosphore total	2 µg/l	Std Met 4500 PH
Métaux		
Aluminium	0.00026 mg/l	Std Met 3030C et 3125
Baryum	0,00001 mg/l	
Cadmium	0,000004 mg/l	
Chrome	0,00001 mg/l	
Cobalt	0,000004 mg/l	
Cuivre	0,00002 mg/l	
Fer	0,0003 mg/l	
Manganèse	0,000005 mg/l	
Molybdène	0,00003 mg/l	
Nickel	0,00003 mg/l	
Plomb	0,00002 mg/l	
Zinc	0,0001 mg/l	
Cations majeurs		
Calcium	0,003 mg/l	Std Met 3030C et 3125
Magnésium	0,00014 mg/l	
Potassium	0,0016 mg/l	
Sodium	0,0006 mg/l	

Résultats d'analyse

Les résultats d'analyse des échantillons d'eau des puits individuels des bassins versants des prises d'eau des rivières Saint-Charles et Montmorency sont présentés aux tableaux 4 et 5 respectivement.

La plupart des échantillons analysés respectent les normes et les critères en vigueur. Toutefois, certaines non-conformités ont été observées. Elles sont résumées aux tableaux 6 et 7 pour les échantillons prélevés dans les bassins versants des rivières Saint-Charles et Montmorency respectivement.

En matière d'eau potable, une norme correspond à une valeur fixée en vertu d'un règlement ou d'une loi. Elle est habituellement basée sur des études épidémiologique ou toxicologique. Au Canada, le gouvernement fédéral (Santé Canada), en collaboration avec les ministères provinciaux correspondants, est responsable d'émettre des recommandations que les provinces traduisent dans leurs règlementations. Un critère est une valeur qui fait l'objet d'un consensus scientifique. Il est habituellement basé sur des aspects d'ordre organoleptique (goût, odeur, apparence). Il sert de balise dans le suivi et la gestion de la qualité de l'eau.

Il est à noter que toutes les non-conformités microbiologiques et physicochimiques ont fait l'objet d'une communication avec le résidant consommant l'eau du puits. Des conseils lui étaient fournis sur la désinfection à faire et un deuxième prélèvement était réalisé pour s'assurer du retour à la conformité. Le rapport final a été acheminé à l'ensemble des propriétaires des puits individuels.

Tableau 4 Résultats d'analyses des puits individuels du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles

PARAMÈTRES	VALEUR MINIMALE	MOYENNE GÉOMÉTRIQUE	VALEUR MAXIMALE	CRITÈRE/ NORME
Physicochimie de base				
Alcalinité (mg/l $CaCO_3$)	0,2	45,6	295	---
Conductivité (µmhos/cm)	12,5	167	2410	---
Dureté (métaux) (mg/l $CaCO_3$)	<5	57,1	1350	---
pH	5,7	7,2	9,5	6,5-8,5
Microbiologie				
Bactéries atypiques (UFC/100 ml)	0	25	>200	200
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	0	11	>80	<=10
Escherichia coli (UFC/100 ml)	0	0	64	0
Anions majeurs				
Bromures (mg/l)	<0,002	0,0096	12,7	---
Chlorures (mg/l)	<0,2	12,1	1390	<250
Fluorures (mg/l)	<0,005	0,134	7,13	1,5
Sulfates (mg/l)	<3	8,87	210	500
Carbone organique total (mg c/l)	0,15	1,4	14	---
Nutriments				
Azote ammoniacal (µg n/l)	<8	17,2	1620	15
Azote total (mg n/l)	<0,08	0,465	6,35	---
Nitrites et nitrates (mg n/l)	<0,01	0,41	21	10
Phosphore total (µg p/l)	<2	4,0	361	---
Métaux[1]				
Aluminium (mg/l)	0,0006	0,0068	0,485	0,220
Baryum (mg/l)	0,00022	0,0035	0,156	1,0
Cadmium (µg/l)	<0,004	0,0091	1,62	<5
Chrome (µg/l)	<0,01	0,112	7,80	<50
Cobalt (µg/l)	<0,004	0,023	12,0	---
Cuivre (µg/l)	0,14	13,9	3390	<1000
Fer (mg/l)	0,0007	0,0239	32,4	<0,3
Manganèse (mg/l)	0,000025	0,0026	1,81	<0,05
Molybdène (µg/l)	<0,03	0,546	233	---
Nickel (µg/l)	<0,03	0,332	37,8	---
Plomb (µg/l)	<0,02	0,764	1620	<10
Zinc (µg/l)	<0,2	11,4	3720	<5000
Cations majeurs				
Calcium (mg/l)	0,041	16,8	480	---
Magnésium (mg/l)	0,00014	2,71	35,8	---
Potassium (mg/l)	0,098	1,04	6,64	---
Sodium (mg/l)	0,051	10,6	605	<200

1 L'unité « mg/l » indique 1 milligramme par litre, en considérant la densité de l'eau à 1,00, cette unité équivaut à une partie par million (système américain). Pour certains métaux, les unités de mesure ont été converties en µg/l (microgramme par litre ou partie par milliard) afin de rendre les résultats plus lisibles.

Tableau 5 Résultats d'analyses des puits individuels du bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency

PARAMÈTRES	VALEUR MINIMALE	MOYENNE GÉOMÉTRIQUE	VALEUR MAXIMALE	CRITÈRE/ NORME
Physicochimie de base				
Alcalinité (mg/l $CaCO_3$)	3,9	33,1	154	---
Conductivité (µmhos/cm)	20,6	122	1850	---
Dureté (métaux) (mg/l $CaCO_3$)	<5	41,7	444	---
pH	5,8	7,0	9,3	6,5-8,5
Microbiologie				
Bactéries atypiques (UFC/100 ml)	0	32	>200	200
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	0	14	>80	<=10
Escherichia coli (UFC/100 ml)	0	0	>80	0
Anions majeurs				
Bromures (mg/l)	<0,002	0,0078	0,28	---
Chlorures (mg/l)	<2	8,5	537	<250
Fluorures (mg/l)	<0,005	0,07	2.03	1,5
Sulfates (mg/l)	<3	6,77	40	500
Carbone organique total (mg c/l)	0,15	0,80	9,2	---
Nutriments				
Azote ammoniacal (µg n/l)	<8	26,8	415	15
Azote total (mg n/l)	<0,08	0,433	11,7	---
Nitrites et nitrates (mg n/l)	<0,01	0,335	11	10
Phosphore total (µg p/l)	<2	3,78	181	---
Métaux[1]				
Aluminium (mg/l)	0,00042	0,0036	0,221	0,220
Baryum (mg/l)	0,00014	0,0021	0,121	1,0
Cadmium (µg/l)	<0,004	0,0094	0,111	<5
Chrome (µg/l)	<0,01	0,092	1,41	<50
Cobalt (µg/l)	<0,004	0,017	0,26	---
Cuivre (µg/l)	0,11	15,0	510	<1000
Fer (mg/l)	0,0009	0,0166	2,92	<0,3
Manganèse (mg/l)	0,000025	0,0029	1,81	<0,05
Molybdène (µg/l)	<0,03	0,378	21,8	---
Nickel (µg/l)	<0,03	0,187	4,27	---
Plomb (µg/l)	<0,02	0,612	26,0	<10
Zinc (µg/l)	0,3	8,82	111	<5000
Cations majeurs				
Calcium (mg/l)	0,014	12,0	133	---
Magnésium (mg/l)	0,0013	1,75	27,2	---
Potassium (mg/l)	0,008	0,397	2,58	---
Sodium (mg/l)	0,66	6,24	305	<200

1 L'unité « mg/l » indique 1 milligramme par litre, en considérant la densité de l'eau à 1,00, cette unité équivaut à une partie par million (système américain). Pour certains métaux, les unités de mesure ont été converties en µg/l (microgramme par litre ou partie par milliard) afin de rendre les résultats plus lisibles.

Tableau 6 Nombre de non-conformités observées lors de la campagne d'échantillonnage des puits individuels du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles

PARAMÈTRES	NOMBRE DE NON-CONFORMITÉ	COMMENTAIRES
Paramètres physicochimiques		
pH	99	Un pH non conforme peut indiquer que l'eau est sous l'influence d'une contamination anthropique. À long terme, il peut causer des problèmes de corrosion à la plomberie domestique
Paramètres microbiologiques[1]		
Escherichia coli	29	Eau non potable
Coliformes totaux	131	Eau douteuse
Bactéries atypiques	69	La présence de bactéries atypiques peut indiquer une sous-évaluation de la contamination microbiologique
Anions majeurs		
Chlorures	9	Affecte le goût de l'eau et favorise l'émergence de problèmes de corrosion
Fluorures	30	Peut entraîner des problèmes de fluorose dentaire ou osseuse
Nutriments		
Azote ammoniacal	247	Perturbe la vie aquatique
Nitrites et nitrates	1	Peut engendrer des problèmes de méthémoglobinémie (particulièrement chez les nourrissons) et est suspecté être cancérigène
Métaux		
Fer	72	Problème d'ordre esthétique
Manganèse	64	Problème d'ordre esthétique
Plomb	28	Effets neurologiques chez les jeunes enfants lors d'une exposition prolongée (chronique)
Sodium	4	Peut causer des problèmes cardiovasculaires chez les personnes vulnérables

1 Quinze échantillons sont non conformes aux trois paramètres microbiologiques. 48 échantillons sont non conformes aux paramètres coliformes totaux et bactéries atypiques uniquement. Dix échantillons sont non conformes aux bactéries *E. coli* et coliformes totaux uniquement. Aucun échantillon n'est conforme aux bactéries *E. coli* et aux bactéries atypiques uniquement. En résumé, 139 puits (20 %) sont non conformes en ce qui a trait aux paramètres microbiologiques.

Tableau 7 Nombre de non-conformités observées lors de la campagne d'échantillonnage des puits individuels du bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency

PARAMÈTRES	NOMBRE DE NON-CONFORMITÉ	COMMENTAIRES
Paramètres physicochimiques		
pH	44	Un pH non conforme peut indiquer que l'eau est sous l'influence d'une contamination anthropique. À long terme, il peut causer des problèmes de corrosion à la plomberie domestique.
Paramètres microbiologiques[1]		
Escherichia coli	10	Eau non potable
Coliformes totaux	51	Eau douteuse
Bactéries atypiques	23	La présence de bactéries atypiques peut indiquer une sous-évaluation de la contamination microbiologique
Anions majeurs		
Chlorures	2	Affecte le goût de l'eau et favorise l'émergence de problèmes de corrosion
Fluorures	3	Peut entraîner des problèmes de fluorose dentaire ou osseuse
Nutriments		
Azote ammoniacal	117	Perturbe la vie aquatique
Nitrites et nitrates	1	Peut engendrer des problèmes de méthémoglobinémie (particulièrement chez les nourrissons) et est suspecté être cancérigène
Métaux		
Fer	12	Problème d'ordre esthétique
Manganèse	3	Problème d'ordre esthétique
Plomb	3	Effets neurologiques chez les jeunes enfants lors d'une exposition prolongée (chronique)
Sodium	1	Peut causer des problèmes cardiovasculaires chez les personnes vulnérables

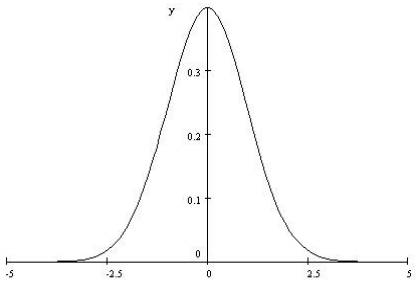
1 Sept échantillons sont non conformes aux trois paramètres microbiologiques. Quinze échantillons sont non conformes aux paramètres coliformes totaux et bactéries atypiques uniquement. Trois échantillons sont non conformes aux bactéries *E. coli* et coliformes totaux uniquement. Aucun échantillon n'est conforme aux bactéries *E. coli* et aux bactéries atypiques uniquement. En résumé, 54 puits (28 %) sont non conformes en ce qui a trait aux paramètres microbiologiques.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

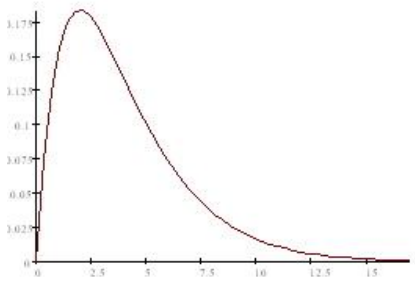
Un des objectifs de la présente étude est d'évaluer l'influence des activités anthropiques du territoire sur la qualité et la quantité de l'eau souterraine. Pour ce faire, nous avons retenu les paramètres physicochimiques reliés à la présence d'installations septiques autonomes et aux activités de déglaçage hivernal (utilisation de sels, principalement le chlorure de sodium). Les normes et les critères de certains paramètres ont été établis pour des raisons sanitaires ou esthétiques (goût, couleur, apparence). Pour certains autres paramètres, aucun critère n'a été défini par la littérature.

Après analyse des résultats, nous avons constaté que la distribution des résultats ne suivait pas la *Loi Normale* mais qu'elle était plutôt de type Khi carré (χ^2). En présence d'une distribution normale, une grande partie des échantillons se situe près la moyenne. L'écart-type nous permet d'évaluer l'étendue de cette moyenne. Lorsque nous sommes en présence d'une distribution χ^2, la plupart des échantillons se situe dans de faibles valeurs. Dans ce cas, la moyenne ne peut pas être utilisée pour établir une valeur seuil puisqu'elle aurait pour effet de surévaluer le problème. La moyenne géométrique, quant à elle, permet de diminuer l'effet des valeurs extrêmes dans le calcul de la moyenne d'une série de valeurs. Nous avons donc posé l'hypothèse que les puits dont les résultats sont situés sous les valeurs moyennes géométriques ne sont pas significativement influencés par les activités anthropiques. En ce sens, la moyenne géométrique nous permet d'évaluer la valeur qui serait retrouvée dans un puits peu influencé par une contamination externe. Cette valeur est considérée plus conservatrice et réaliste que la concentration minimale retrouvée, par exemple. Le tableau 8 indique les paramètres retenus pour évaluer l'influence des activités anthropiques sur la qualité de l'eau des puits individuels évalués au cours de la présente étude. Il est à noter que pour les paramètres microbiologiques, les critères et les normes gouvernementales ont été utilisés. Pour les paramètres nitrites, nitrates et chlorures, nous avons utilisé, à l'instar des autres paramètres sans critères, la moyenne géométrique afin d'évaluer des tendances à la contamination.

Figure 6 Exemples de distributions statistiques



Exemple d'une distribution selon la Loi Normale

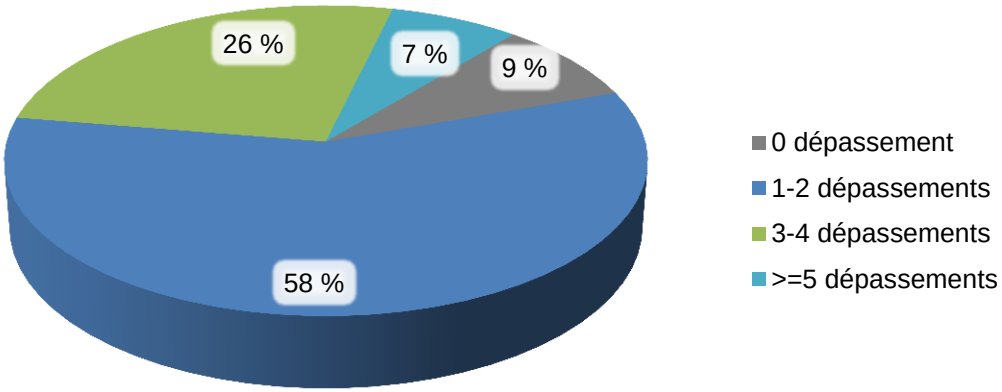


Exemple d'une distribution selon la Loi du Khi carré

Tableau 8 **Paramètres retenus pour évaluer l'influence des activités anthropiques sur la qualité de l'eau des puits individuels des bassins versants des prises d'eau situées dans la rivière Saint-Charles et la rivière Montmorency**

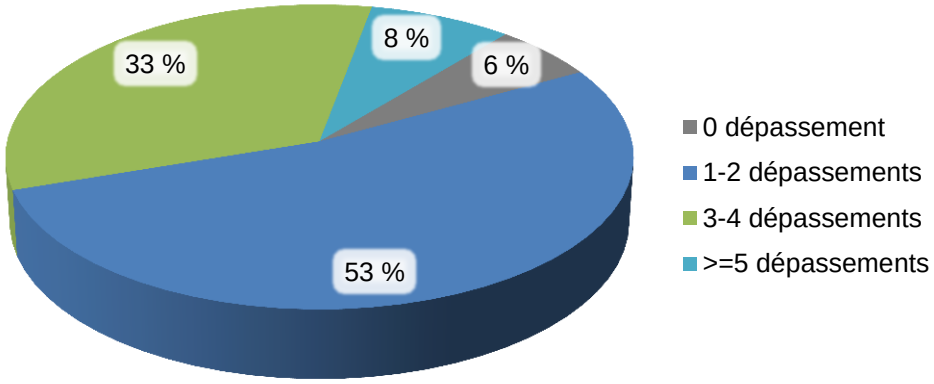
PARAMÈTRES RETENUS	VALEURS SEUILS (BVSC)	VALEURS SEUILS (BVM)	JUSTIFICATION
Reliés à l'influence potentielle des installations septiques autonomes			
Coliformes totaux	0 UFC/100 ml 1 à 10 UFC/100 ml >10 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml 1 à 10 UFC/100 ml >10 UFC/100 ml	Non contaminé Peu contaminé Contaminés
Escherichia coli	0 UFC/100 ml >0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml >0 UFC/100 ml	Non contaminé Contaminé
Azote ammoniacal	0-20 µg n/l >20 µg n/l	0-20 µg N/L >20 µg N/L	Conforme Non conforme
Azote total	0-0,47 mg n/l >0,47 mg n/l	0-0,43 mg n/l >0,43 mg n/l	Bruit de fond Influencé
Phosphore total	0-4,4 µg p/l >4,4 µg p/l	0-3,8 µg p/l >3,8 µg p/l	Bruit de fond Influencé
Nitrites et nitrates	0-0,34 mg n/l >0,34 mg n/l	0-0,33 mg n/l >0,33 mg n/l	Bruit de fond Influencé
Reliés aux activités de déglaçage			
Chlorures	0-10 mg/l 10-90 mg/l >90 mg/l	0-10 mg/l 10-90 mg/l >90 mg/l	Bruit de fond Moyennement influencé Influencé
Conductivité	0-166 µS/cm 167-254 µS/cm >254 µS/cm	0-122 µS/cm 122-254 µS/cm >254 µS/cm	Bruit de fond Moyennement influencé Influencé

Figure 7 **Proportion des puits affectés par un dépassement de critère ou de seuil dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles**



709 puits

Figure 8 **Proportion des puits affectés par un dépassement de critère ou de seuil dans le bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency**

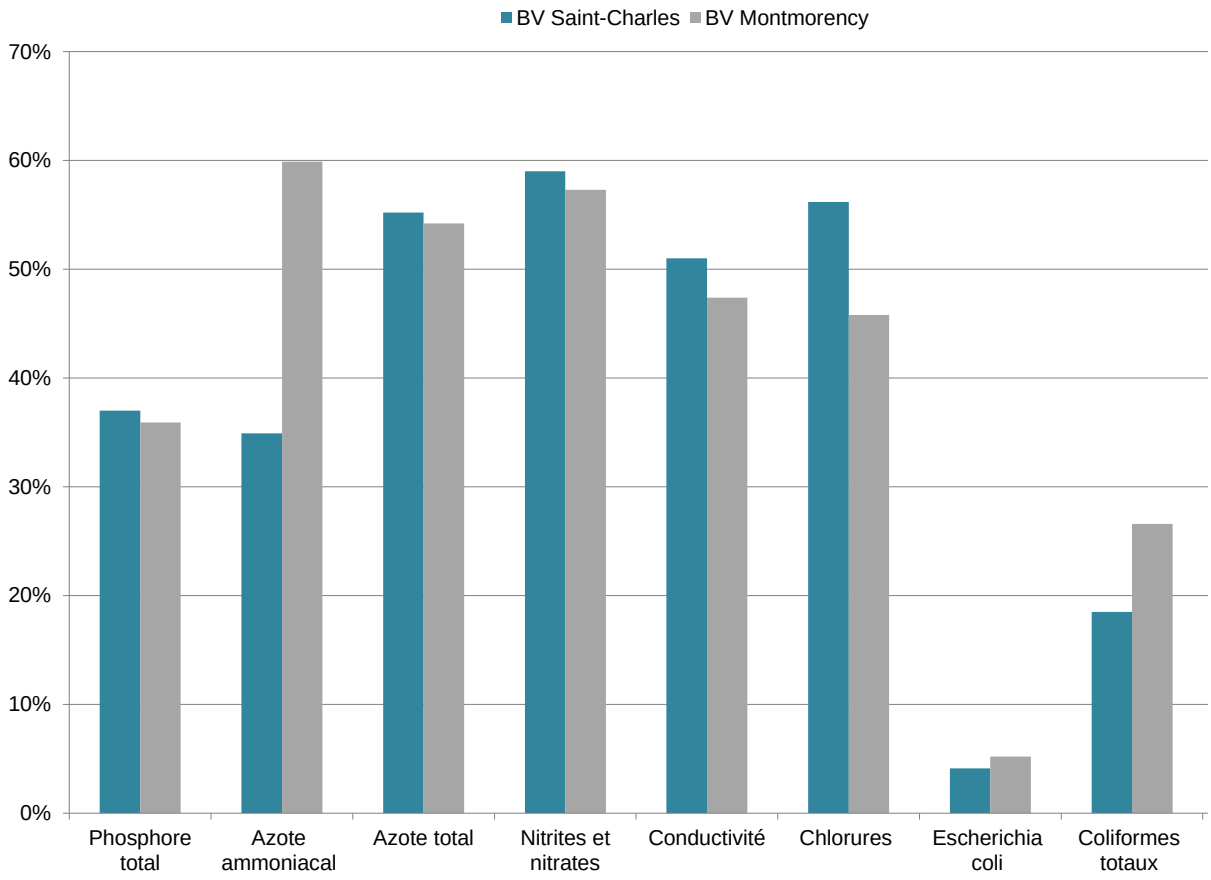


191 puits

Les figures 7 et 8 mettent en évidence que 9 % des puits pour le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (BVSC) et 6 % des puits pour le bassin versant des prises d'eau de la rivière Montmorency (BVM) ne présentent aucun dépassement des critères à l'étude et contiennent une eau qui n'est affectée par aucune activité anthropique. À l'opposé, 7 % (pour le BVSC) et 8 % (pour le BVM) des puits montrent un dépassement pour cinq à dix des critères retenus ce qui semble démontrer une grande influence des activités anthropiques sur ces puits. Finalement, 84 % (pour le BVSC) et 86 % (BVM) des puits sont affectés par au moins un critère et au maximum quatre critères ce qui nous indique une certaine influence des activités anthropiques sur la qualité de l'eau. La répartition géographique des résultats d'analyse est présentée pour chacun des paramètres retenus aux cartes A1-1 à A1-8 en annexe. Le tableau 8 résume les valeurs seuils retenues pour évaluer le niveau de contamination des puits individuels.

La figure 9 illustre les taux de dépassement observés par paramètre dans l'ensemble des puits échantillonnés.

Figure 9 **Taux de dépassement des seuils retenus par paramètre dans l'ensemble des puits analysés pour les bassins versants des prises d'eau des rivières Saint-Charles et Montmorency**



Cette figure montre que les principaux critères dépassés sont, pour le BVSC et le BVM respectivement, le phosphore total (37 % et 36 % des puits), l'azote ammoniacal (35 % et 60 % des puits), l'azote total (55 % et 54 % des puits), les nitrites et nitrates (59 % et 57 % des puits), la conductivité (51 % et 47 % des puits), l'ion chlorure (56 % et 46 % des puits) et les paramètres microbiologiques pour lesquels 20 % et 28 % des puits sont affectés.

Influence potentielle des installations septiques autonomes

Le fonctionnement des installations septiques autonomes est basé sur l'utilisation du sol présent pour épurer les contaminants provenant des eaux usées domestiques. Dans un premier temps, les matières solides sont retenues par le sol et les bactéries présentes dégradent la matière organique (MDDELCC 2015). Le phosphore réagit notamment avec le calcium ou l'aluminium présent dans le sol pour être immobilisé sous forme insoluble (Manahan 1994). L'azote ammoniacal et l'azote total peuvent, selon les conditions physicochimiques et microbiologiques, être transformés en nitrite (NO_2) ou en

nitrate (NO_3). Ces deux composés sont complètement solubles dans l'eau et migrent en même temps que l'eau présente dans la nappe phréatique (Manahan 1994). Ces exemples représentent des cas idéaux où le sol a une épaisseur suffisante et est de nature à retenir le phosphore. Un sol sablonneux ou un sol mince sur socle rocheux n'ont toutefois pratiquement (Taylor 2004) aucun effet de rétention du phosphore et des autres nutriments.

Les bactéries, les virus et les parasites sont des organismes vivants qui ont une durée de vie limitée dans le temps : de quelques jours pour les bactéries, quelques mois pour les virus à quelques années pour les parasites. En suivi de la qualité environnementale de routine, les indicateurs bactériens sont utilisés pour indiquer une contamination microbiologique. Les virus et les parasites sont trop coûteux et complexes à analyser et leur taux de récupération est trop faible lors de l'analyse. Cela explique qu'il faut user d'une grande prudence dans l'interprétation des résultats bactériologiques dans les eaux souterraines (Payment 2011). L'absence de bactérie *E. coli* n'indique pas nécessairement l'absence de virus ou de parasites pathogènes. C'est d'ailleurs pour cette raison que le MDDELCC exige des municipalités des aires de protection virologique et microbiologique distinctes pour les puits municipaux afin de protéger adéquatement la population (MDDELCC 2016).

D'autres données devront également être recueillies sur diverses sources de nutriments connues, comme les stations d'épuration des eaux usées des municipalités de Stoneham-et-Tewkesbury et de Lac-Delage, les terrains de golf, les écuries ou petits élevages, etc., et ce, afin de bien documenter les sources de contamination potentielles.

Les résultats d'analyse obtenus démontrent que pour les bassins versants des prises d'eau des rivières Saint-Charles et Montmorency, 16 % et 9 % des puits ne sont influencés par aucun paramètre relatif aux nutriments (azote et phosphore), 42 % et 36 % sont influencés par un seul paramètre, et 42 % et 54 % sont influencés par deux paramètres et plus. Étant donné que l'eau souterraine fait résurgence dans les cours d'eau, ces nutriments atteignent l'eau de surface. Ils contribuent ainsi à l'eutrophisation des cours d'eau du territoire.

Influence des activités de déglaçage hivernal

Les sels de déglaçage utilisés sur les routes en hiver sont principalement sous la forme de chlorure de sodium. À l'occasion, selon la température extérieure, du chlorure de calcium peut être utilisé.

Le principe d'action des sels de déglaçage est basé sur la capacité de dissolution des sels dans l'eau (la neige en hiver). Plus la quantité de sels dissous est grande, plus le point de fusion de la neige est abaissé (Atkins 2014).

Ainsi, durant l'application de fondant en hiver, le sel utilisé est rapidement mobilisé :

- dans les cours d'eau, si le point d'application est près d'un cours d'eau;
- dans l'eau souterraine, si le point d'application est près d'une zone de recharge de la nappe phréatique. Dans ce dernier cas, le chlorure atteindra plus ou moins rapidement les puits individuels selon la profondeur de ceux-ci, la perméabilité du sol et la topographie.

Il est à noter qu'un puits individuel qui est contaminé par le chlorure de sodium doit être traité, car il a une incidence sur la santé. Il affecte le goût de l'eau et a le pouvoir de corroder la plomberie domestique et de favoriser l'émergence d'une contamination aux métaux (ex. : le plomb et le cuivre). Le traitement de l'eau domestique requiert des équipements de type osmose inverse coûteux à l'achat et en entretien par la suite.

L'examen des résultats d'analyse de l'eau des puits individuels montre que la qualité d'environ 56 % (BVSC) et 46 % (BVM) d'entre eux est influencée plus ou moins fortement par la présence de chlorure et de sodium. Entre deux (BVM) et neuf (BVSC) puits individuels (1 % à 1,3 % respectivement) sont contaminés au-delà des critères recommandés (250 et 200 mg/l en chlorure et sodium respectivement) et requièrent un traitement immédiat.

CONCLUSION

La campagne d'échantillonnage des puits individuels du territoire des bassins versants des prises d'eau situées dans la rivière Saint-Charles et la rivière Montmorency a permis de recueillir 763 (BVSC) et 222 (BVM) échantillons d'eau respectivement qui ont été analysés aux laboratoires de la Ville de Québec.

Les prélèvements, réalisés par l'OBV de la Capitale et l'OBV Charlevoix-Montmorency, ont permis d'obtenir des métadonnées sur ces puits (profondeur, niveau piézométrique, proximité d'une installation septique autonome, etc.).

Les analyses réalisées sur ces échantillons ont permis de mettre en lumière certaines préoccupations. Tout d'abord, pour les deux bassins versants étudiés, au moins un échantillon prélevé sur cinq présente une contamination au *E. coli* ou une non-conformité aux coliformes totaux ou aux bactéries atypiques. Ces contaminations peuvent provenir des installations septiques autonomes environnantes ou de la contamination de surface en raison d'une installation déficiente (ex. : tête de puits mal scellée, tube fissuré ou non étanche). D'autres indicateurs qui peuvent être liés à la contamination de l'eau par les installations septiques autonomes ont aussi été analysés. En l'absence de normes de qualité pour ces paramètres, une valeur seuil a été établie (moyenne géométrique de l'ensemble des échantillons prélevés). L'analyse des résultats montre que ces paramètres sont présents dans environ 80 % des échantillons analysés. Étant donné la rareté des activités agricoles sur le territoire des bassins versants étudiés, une des hypothèses retenues pour expliquer ces résultats est la présence d'installations septiques autonomes sur le territoire. Toutefois, d'autres études devront être réalisées pour vérifier cette hypothèse et documenter d'autres sources potentielles. Il est à noter que le phosphore et les composés azotés (autres que le nitrite ou le nitrate) mesurés dans les puits ne constituent pas un danger pour la santé humaine. Par contre, comme l'eau souterraine finit par faire résurgence dans l'eau de surface, la présence de ces nutriments peut avoir un effet délétère sur la santé du lac Saint-Charles notamment en stimulant la croissance de végétaux. En ce sens, il devient important de s'en préoccuper.

Également, plusieurs échantillons analysés montrent des concentrations préoccupantes de chlorure de sodium (sels dissous) et de conductivité élevée. Ces résultats nous permettent de penser que l'eau souterraine est influencée par la présence de sels de déglaçage sur le territoire. La plupart des échantillons respectent la norme concernant le chlorure de sodium (onze puits en contiennent au-delà de la norme pour les deux bassins versants étudiés). Les coûts pour le traitement de l'eau contaminée

au chlorure de sodium étant élevés et les conséquences de sa présence dans l'environnement aquatique très préoccupante, nous recommandons de mettre en place un suivi serré de ce paramètre dans l'eau des bassins versants des prises d'eau situées dans la rivière Saint-Charles et la rivière Montmorency.

En résumé, la présente étude a mis en évidence que les puits individuels situés en amont des prises d'eau de la rivière Saint-Charles et de la rivière Montmorency démontrent une non-conformité aux paramètres microbiologiques (20 % à 28 % des puits dont 4 % à 5 % sont contaminés en raison de la présence du *E. coli*). Ils sont également influencés par la présence de nutriments (84 % à 90 % des puits) ou par les sels de déglaçage (46 % à 51 % des puits).

En matière d'environnement, il est souvent très ardu de faire des relations nettes entre la présence de ces contaminants et les risques à la santé. Pour cette raison et pour guider les actions des gestionnaires de l'eau, il devient important de mettre en évidence le principe de précaution et les six autres principes mis de l'avant par la Politique de l'eau du gouvernement du Québec (MDDELCC 2002) :

- l'eau fait partie du patrimoine collectif de la société québécoise;
- la protection, la restauration et la mise en valeur de l'eau requièrent un engagement collectif;
- le principe de précaution doit guider l'action de la société québécoise envers sa ressource eau;
- chaque citoyen doit pouvoir bénéficier, à un coût abordable, d'un accès à une eau potable de qualité;
- les usagers doivent être redevables quant à l'utilisation et la détérioration de l'eau selon une approche utilisateur-payeur et pollueur-payeur;
- la ressource eau doit être gérée de manière durable et intégrée, dans un souci d'efficacité, d'équité et de transparence;
- l'acquisition et la diffusion de l'information sur l'état de la ressource eau et des pressions qu'elle subit constituent des éléments essentiels à une gestion intégrée de l'eau.

François Proulx, Ph.D., chimiste
Directeur de la Division de la qualité de l'eau
Service du traitement des eaux
Ville de Québec

RÉFÉRENCES

Atkins, P., dePaula, J. (2014). Physical Chemistry, Oxford University Press **:** 1008.

CEAEQ (2011). Lignes directrices concernant les travaux analytiques en chimie. Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

CEAEQ (2014). Lignes directrices concernant les travaux analytiques en microbiologie. Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

Krauss, S., Griebler, C (2011). Pathogens Microorganisms and Viruses in Grounwater. Munich, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.

Manahan, S. E. (1994). Environmental chemistry. USA, Lewis Publishers.

Manahan, S. E. (1994). Environmental Chemistry. USA, Lewis Publishers.

MDDELCC, M. d. D. D., de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2002). Politique nationale de l'eau. Québec**:** 95.

MDDELCC, M. d. D. D., de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2016). Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec. Québec **:** 183.

MDDELCC, M. d. D. D., de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2015). Vers une gestion optimale des fosses septiques au Québec. Québec, Direction des eaux municipales.

Murphy, H. M., Thomas, M.K. , Schmidt, P. J., Medeiros, D. T., McFadyen, S., Pintar, K. D. M. (2016). "Estimating the burden of acute gastrointestinal illness due to Giardia, Cryptosporidium, Campylobacter, E. coli O157 and norovirus associated with private wells and small water systems in Canada." Epidemiology and Infectiology **144** : 1355-1370.

OBV de la Capitale (2010). "Plan directeur de l'eau." Vérifié le 16 janvier 2016, de: http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/introduction2e.

OBVCharlevoix-Montmorency (2014). Plan directeur de l'eau de la zone hydrique Charlevoix-Montmorency **:** 903.

Payment, P., Locas, A. (2011). "Pathogens in Water: Value and Limits of Correlation with Microbial Indicators." Ground Water **49** (1) : 4-11.

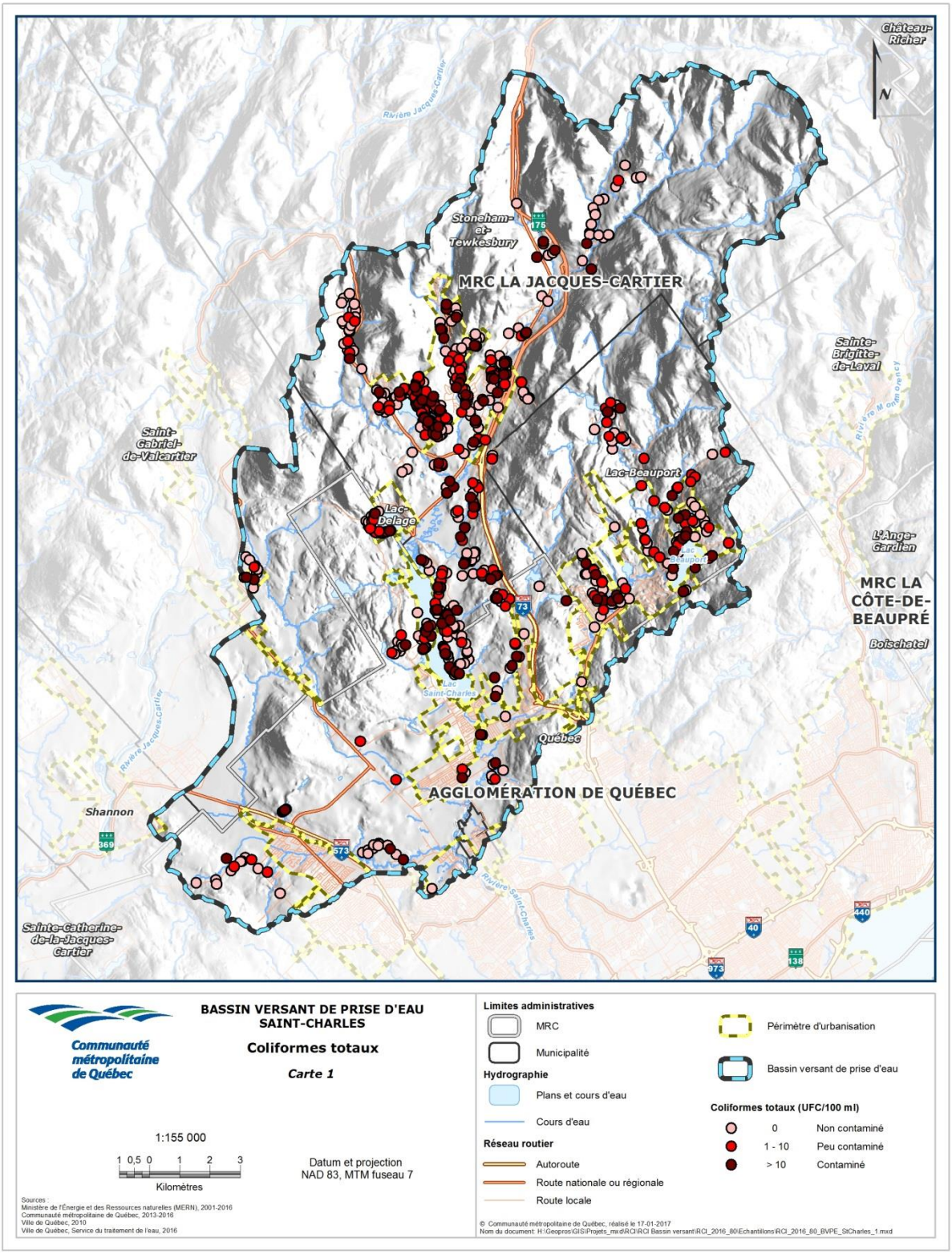
Payment, P., Pintar, K. (2006). "Waterborne Pathogens: A Critical Assessment of Methods, Results and Data Analysis." Journal of Water Science **19** (3) : 233-245.

Rice, E. W. B., R.B.; Eaton, A.D.; Clesceri, L.S. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, American Public Heath Association.

Taylor, R., Cronin, A., Pedley, S., Barker, J., Atkinson, T. (2004). "The implications of groundwater velocity variations on microbial transport and wellhead protection – review of field evidence." FEMS Microbiology Ecology **49** : 17-26.

ANNEXE 1

Figure A1-1 Coliformes totaux mesurés dans les puits individuels



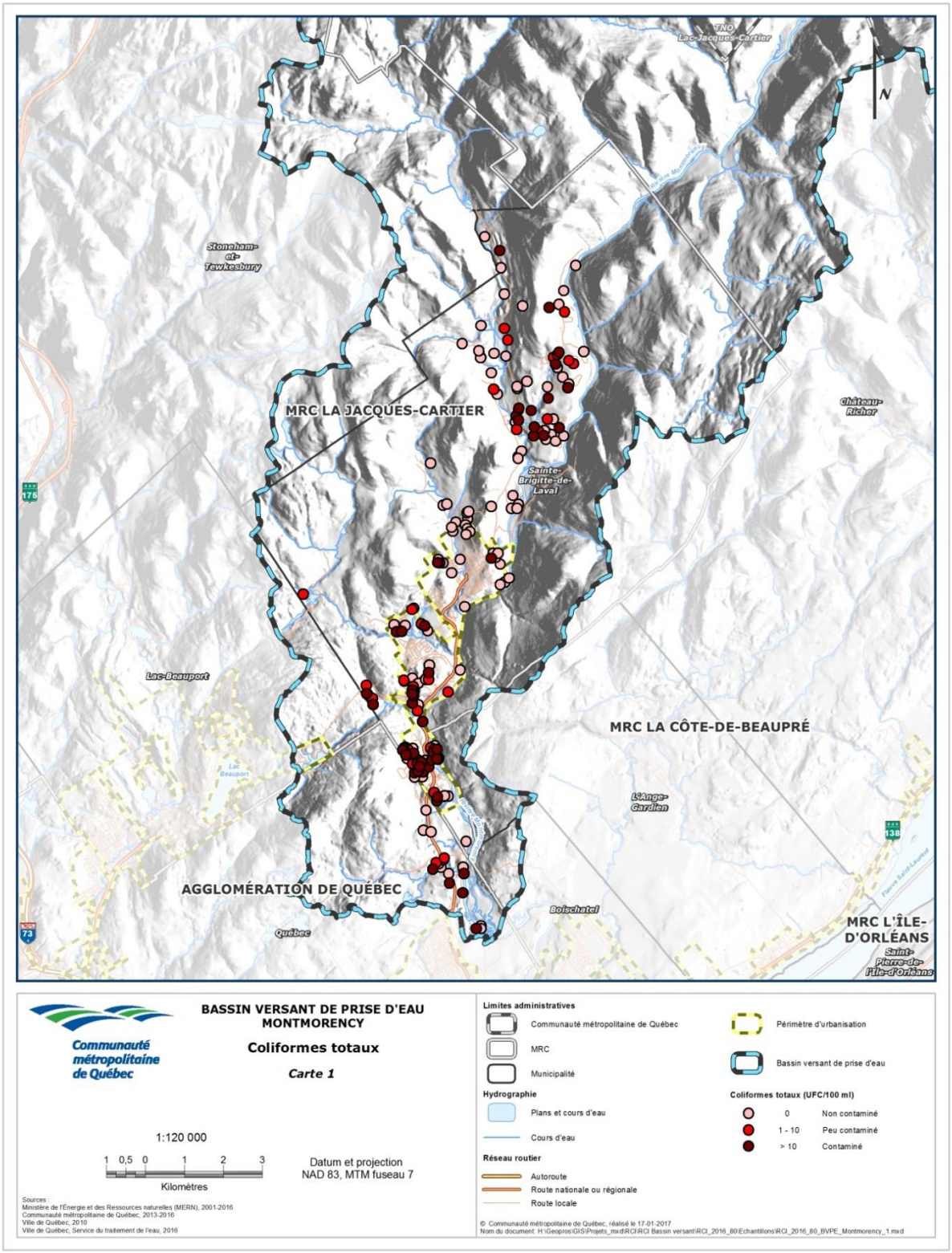
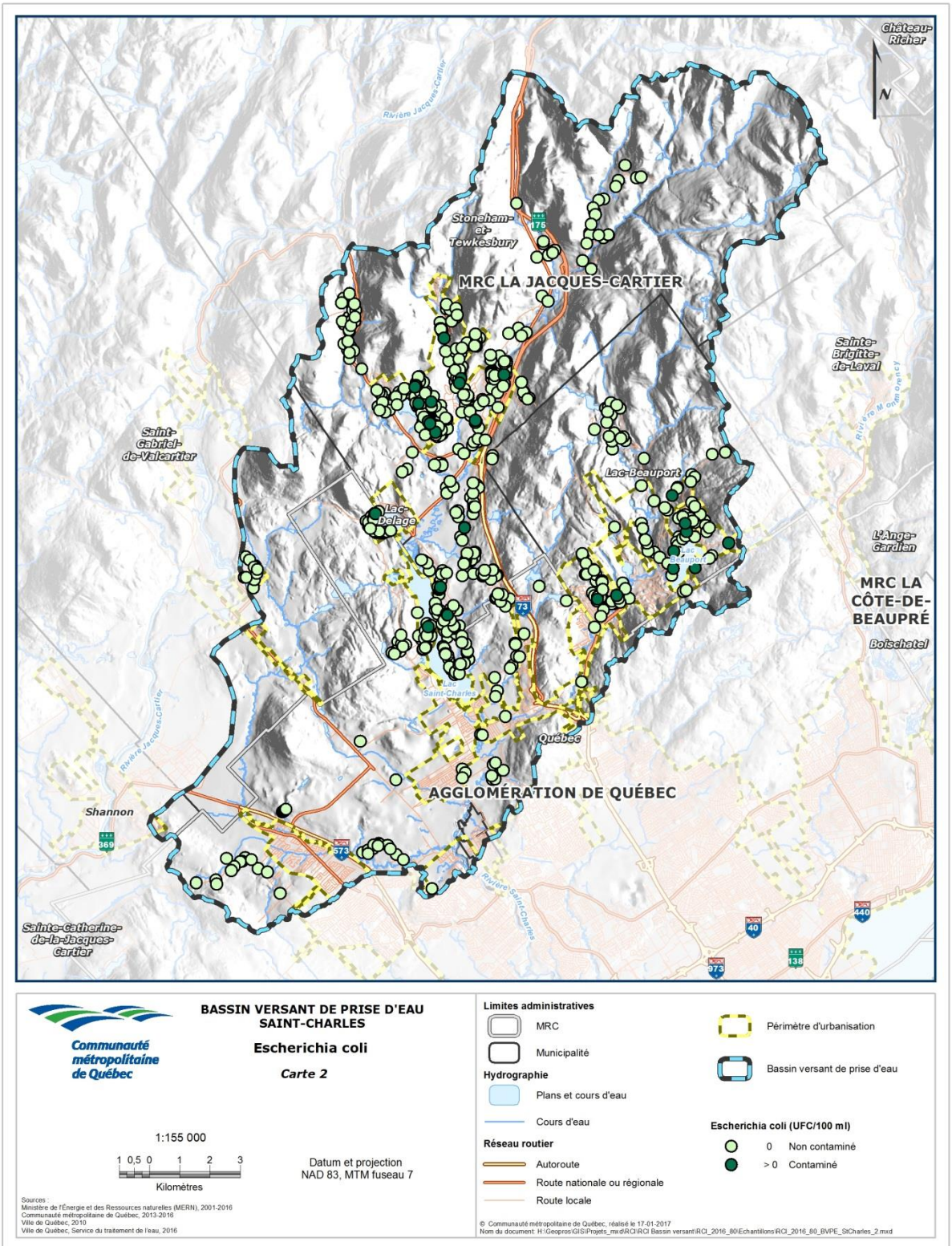

TNO
Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-et-Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-Richer
Sainte-Brigitte-de-Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
Lac Beauport
L'Ange-Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
73
MRC L'ÎLE-D'ORLÉANS
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans
Communauté métropolitaine de Québec
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU MONTMORENCY
Coliformes totaux
Carte 1
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection
NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Coliformes totaux (UFC/100 ml)
0 Non contaminé
1 - 10 Peu contaminé
> 10 Contaminé
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document : H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Échantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_1.mxd

Figure A1-2 E. coli mesuré dans les puits individuels



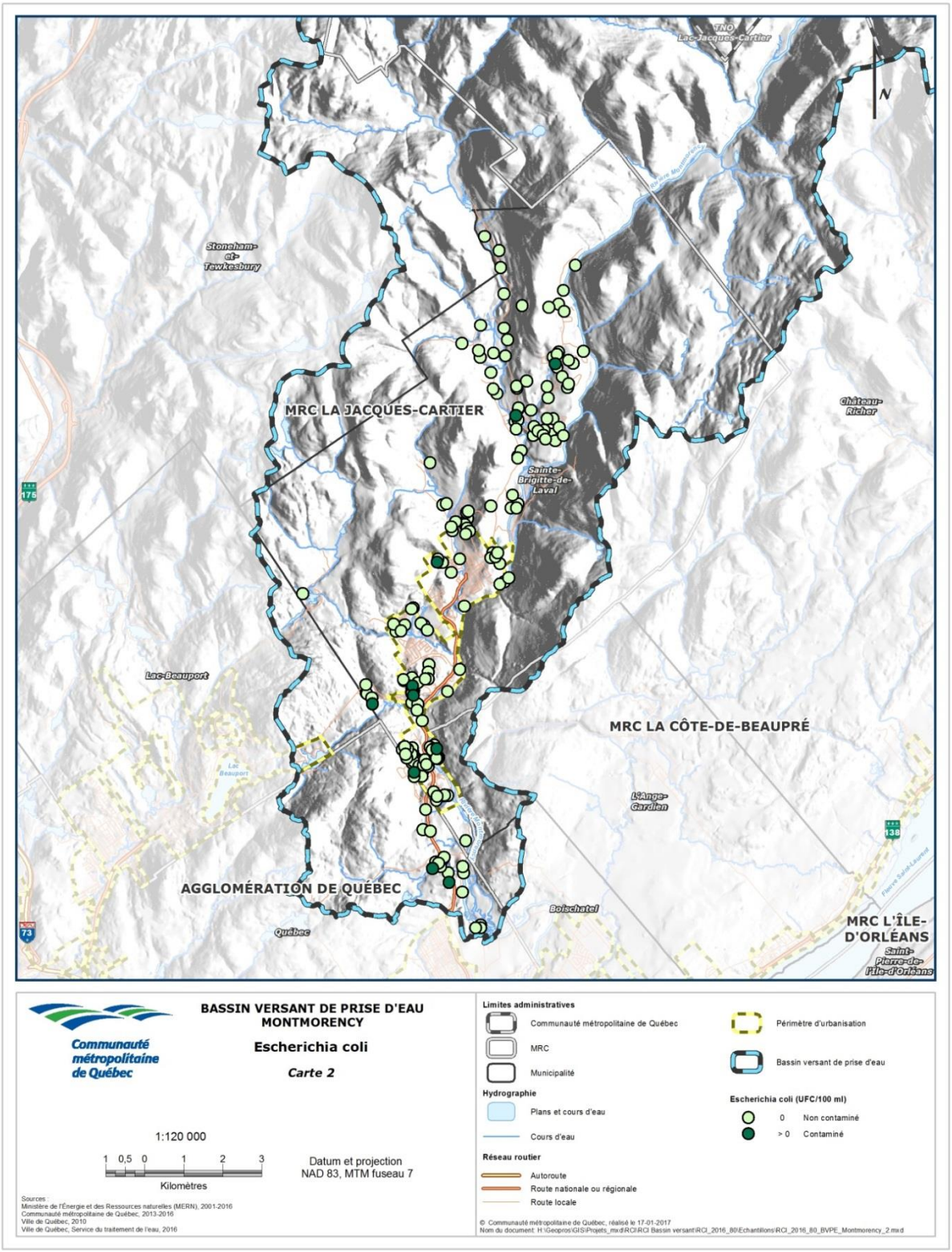
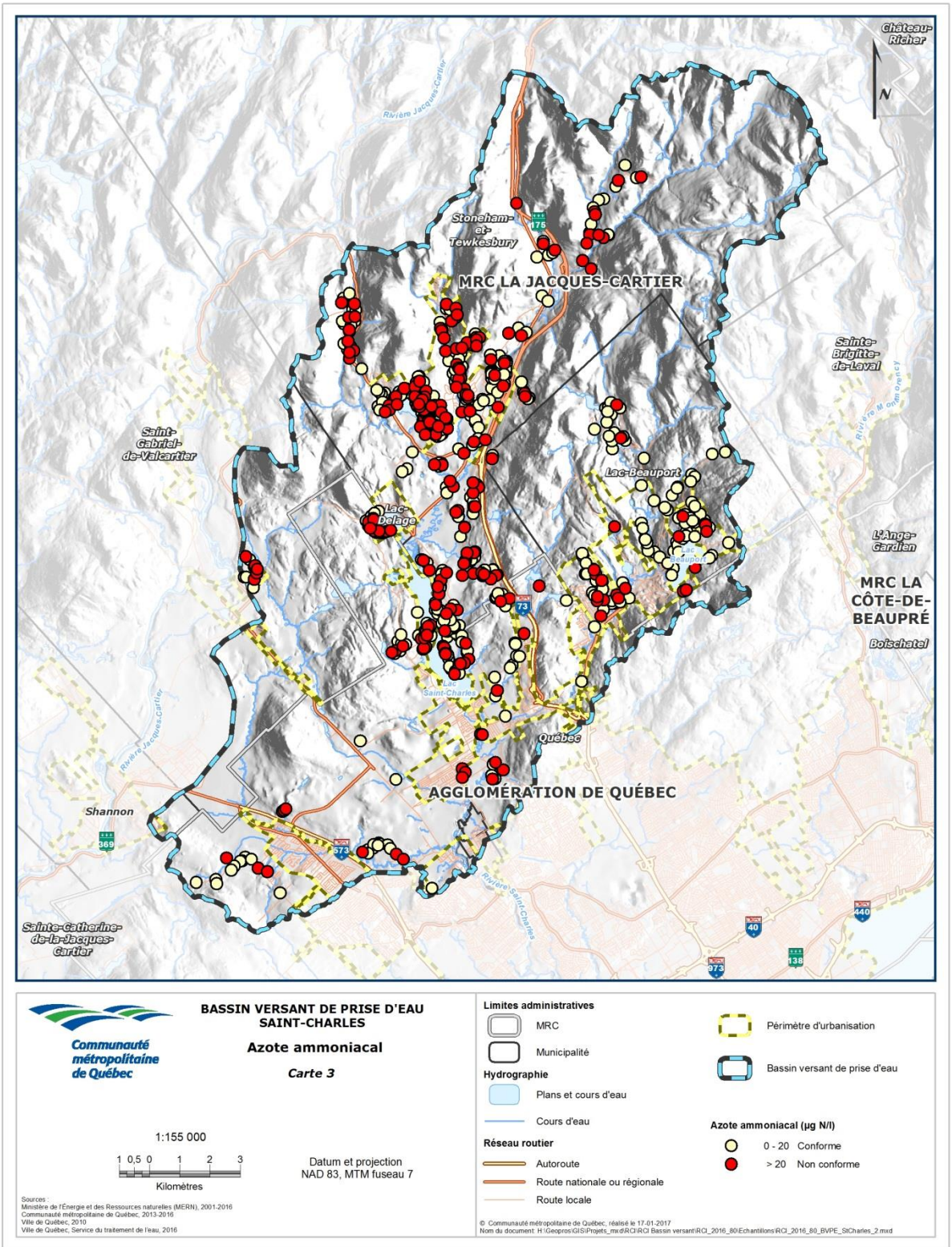

TNO
Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-et-Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-Richer
Sainte-Brigitte-de-Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
L'Ange-Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
MRC L'ÎLE-D'ORLÉANS
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU MONTMORENCY
Escherichia coli
Carte 2
Communauté métropolitaine de Québec
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection
NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Escherichia coli (UFC/100 ml)
0 Non contaminé
> 0 Contaminé
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document : H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Échantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_2.mxd

Figure A1-3 Azote ammoniacal mesuré dans les puits individuels



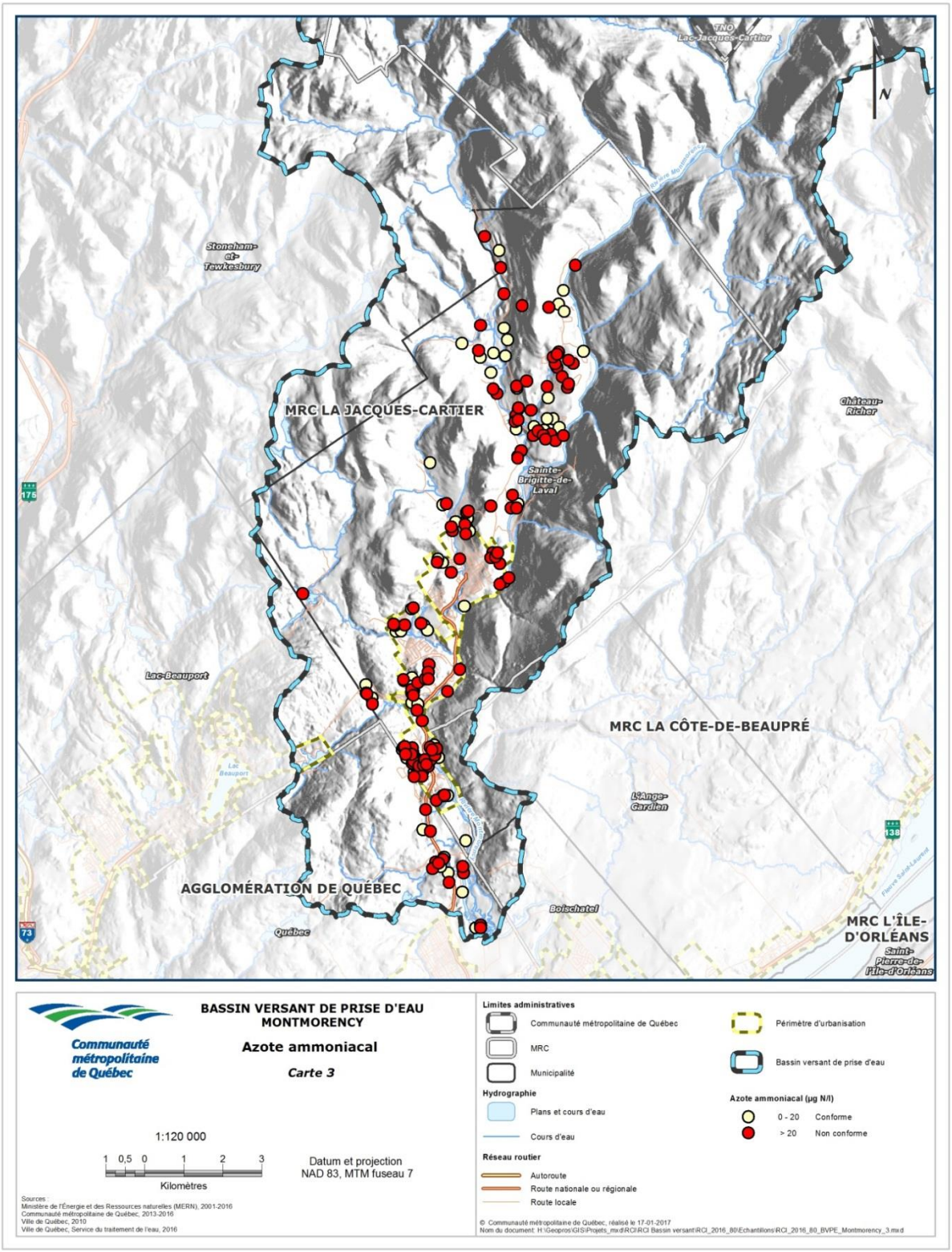
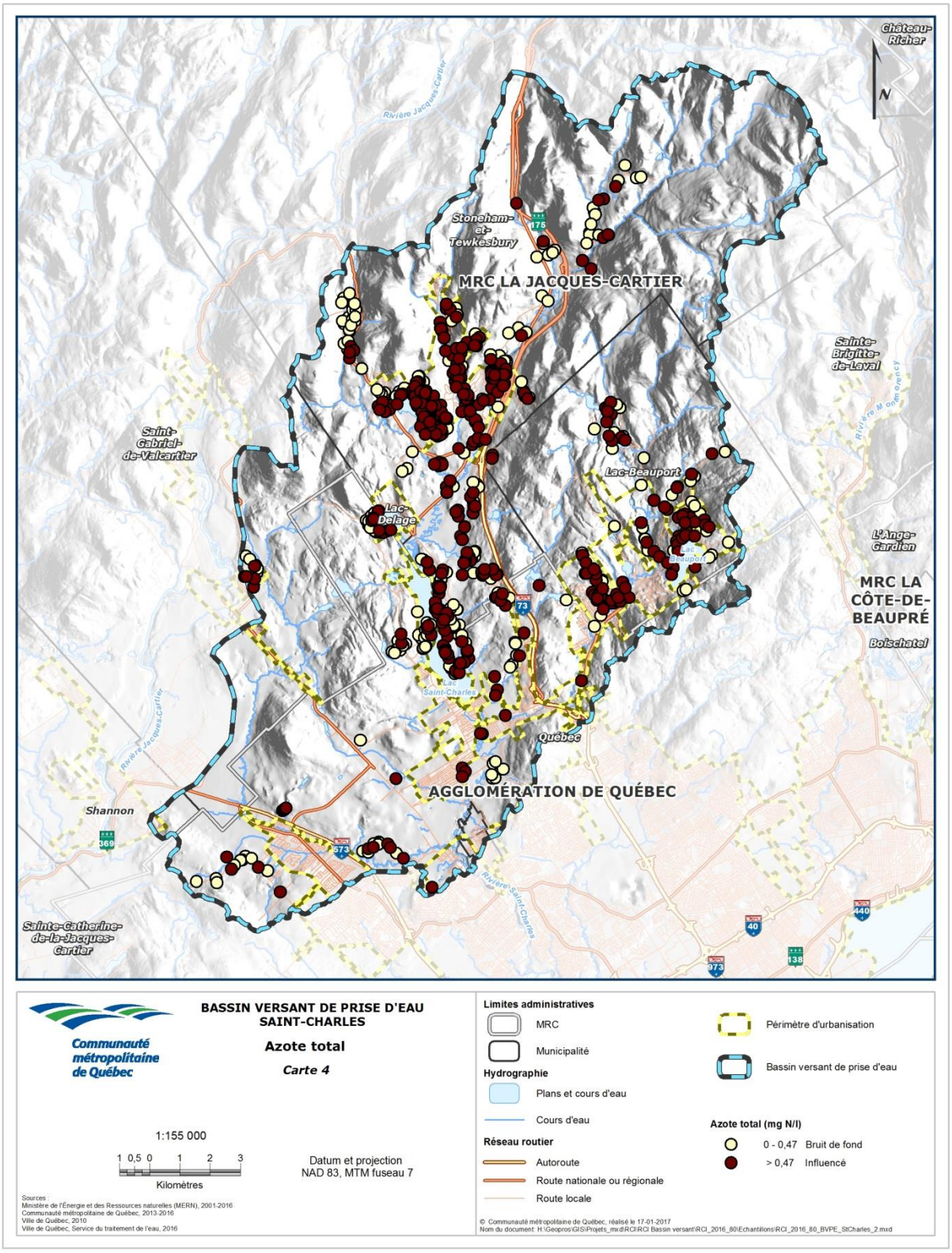

TNO Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-et-Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-Richer
Sainte-Brigitte-de-Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
L'Ange-Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
MRC L'ÎLE-D'ORLÉANS
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans
Communauté métropolitaine de Québec
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU MONTMORENCY
Azote ammoniacal
Carte 3
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Azote ammoniacal (µg N/l)
0 - 20 Conforme
> 20 Non conforme
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document : H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Échantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_3.mxd

Figure A1-4 Azote total mesuré dans les puits individuels



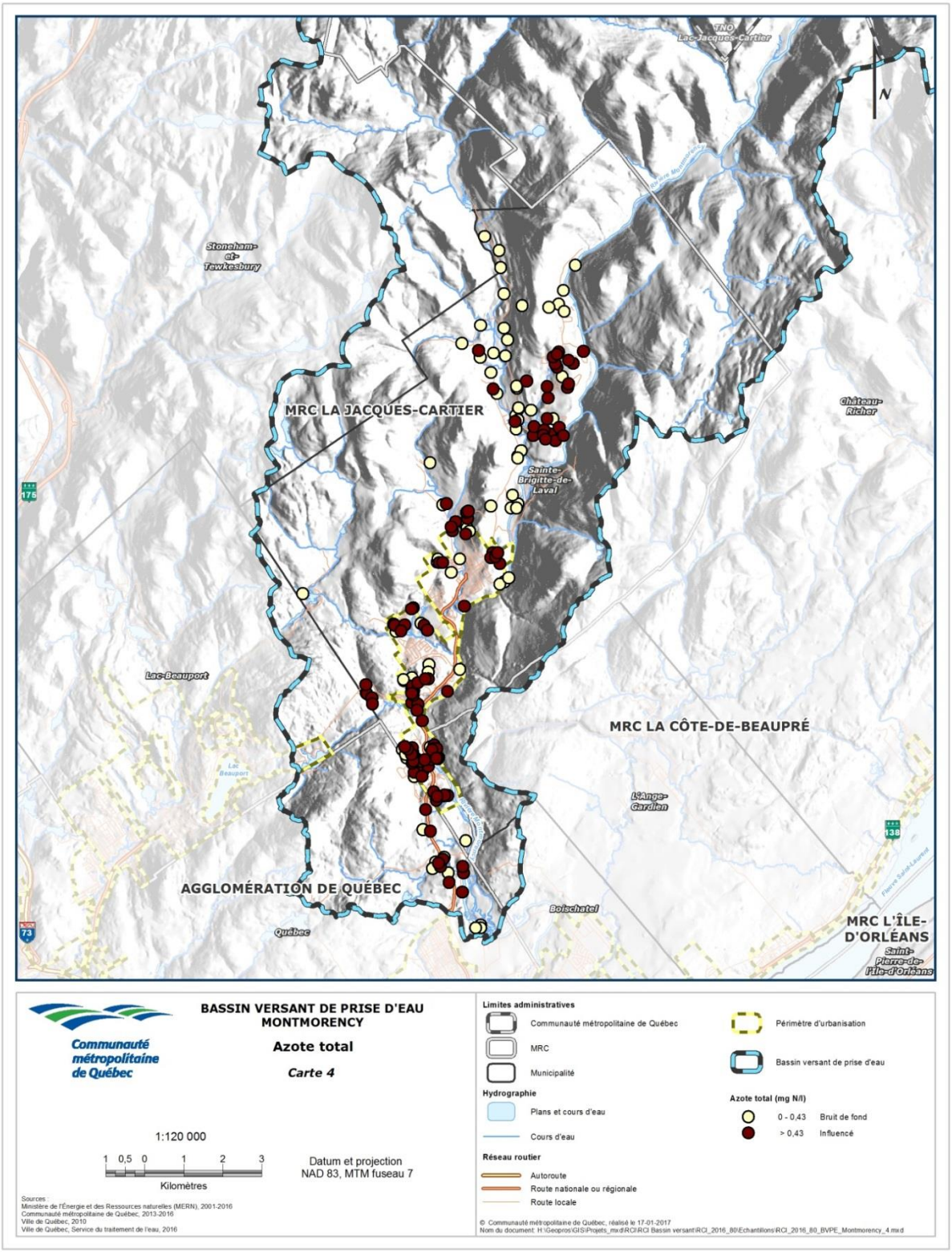
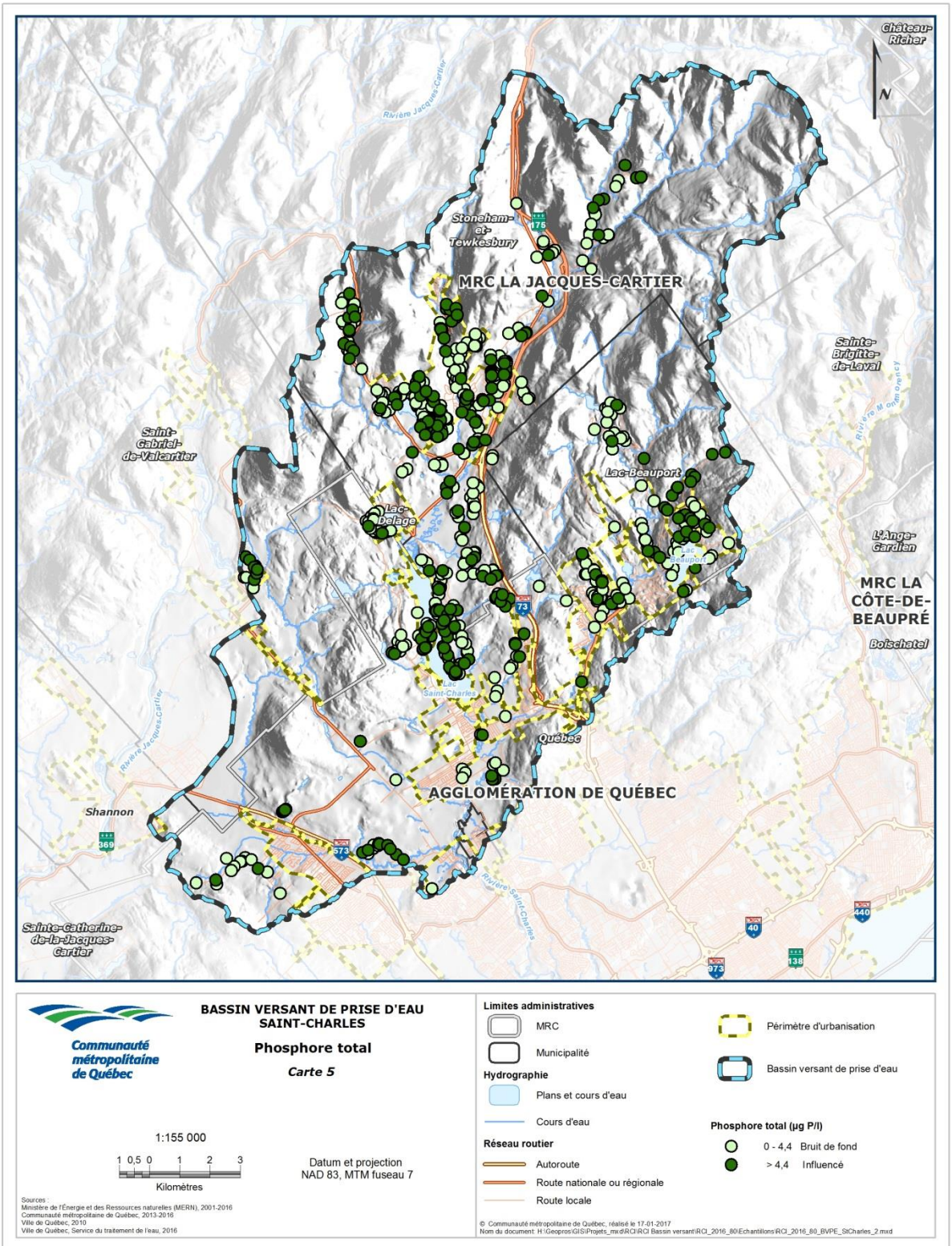

TNO
Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-et-Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-Richer
Sainte-Brigitte-de-Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
L'Ange-Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
73
MRC L'ÎLE-D'ORLÉANS
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU MONTMORENCY
Azote total
Carte 4
Communauté métropolitaine de Québec
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection
NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Azote total (mg N/l)
0 - 0,43 Bruit de fond
> 0,43 Influencé
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document : H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Échantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_4.mxd

Figure A1-5 Phosphore total mesuré dans les puits individuels



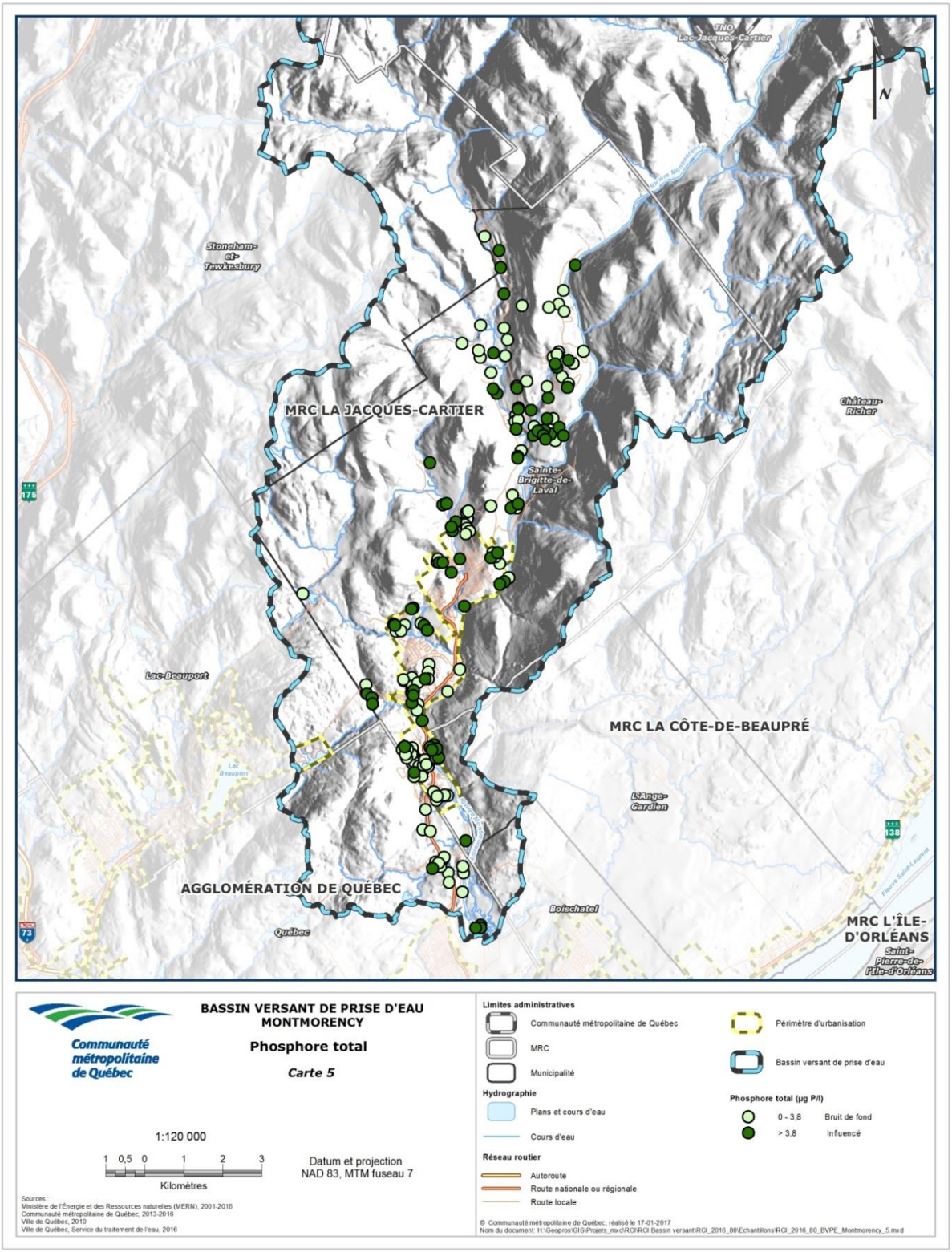
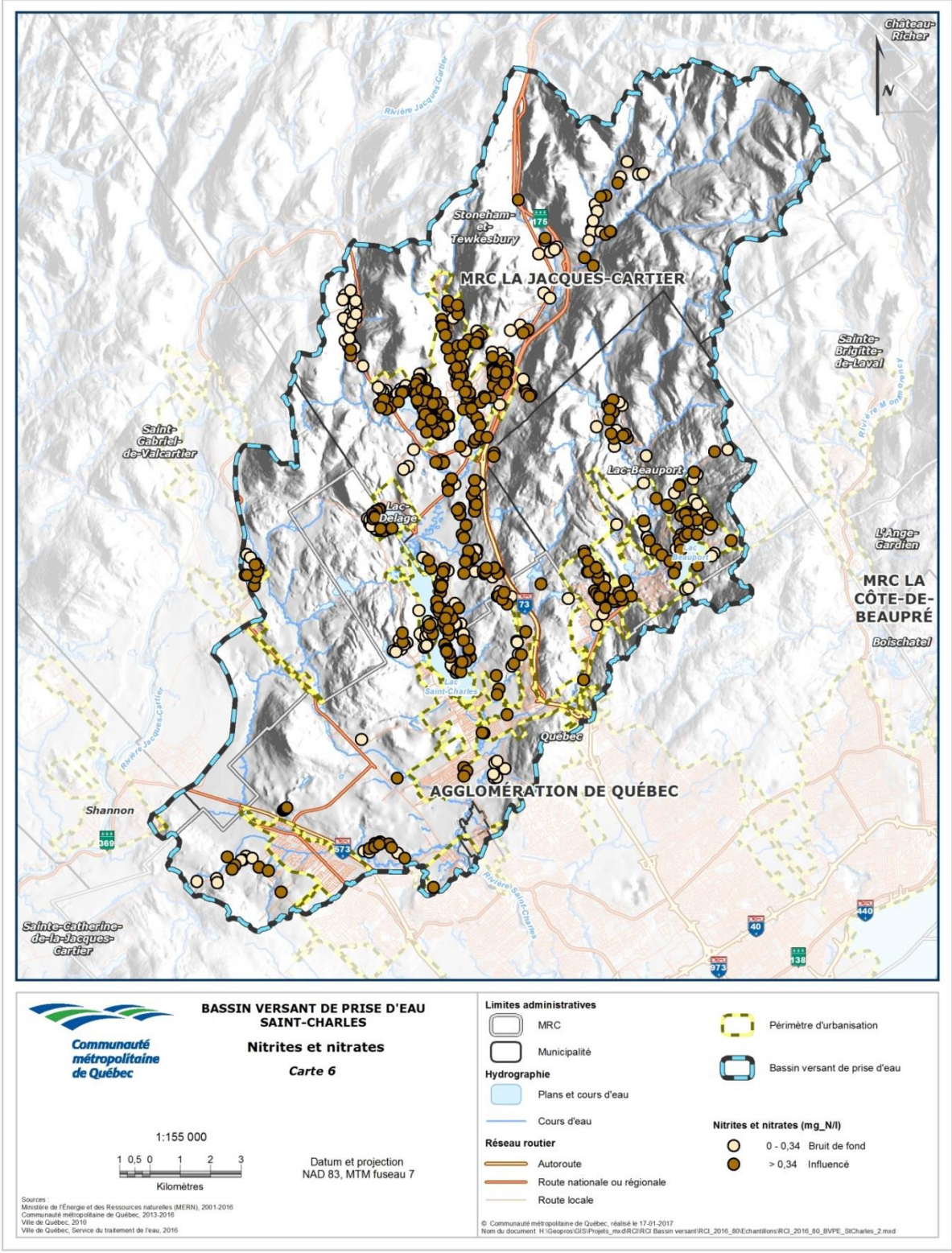

TNO
Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-et-Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-Richer
Sainte-Brigitte-de-Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
L'Ange-Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
MRC L'ÎLE-D'ORLÉANS
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans
Communauté métropolitaine de Québec
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU MONTMORENCY
Phosphore total
Carte 5
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection
NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Phosphore total (µg P/l)
0 - 3,8 Bruit de fond
> 3,8 Influencé
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document : H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Échantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_5.mxd

Figure A1-6 Nitrites et nitrates mesurés dans les puits individuels (norme sanitaire <10 mg N/L)



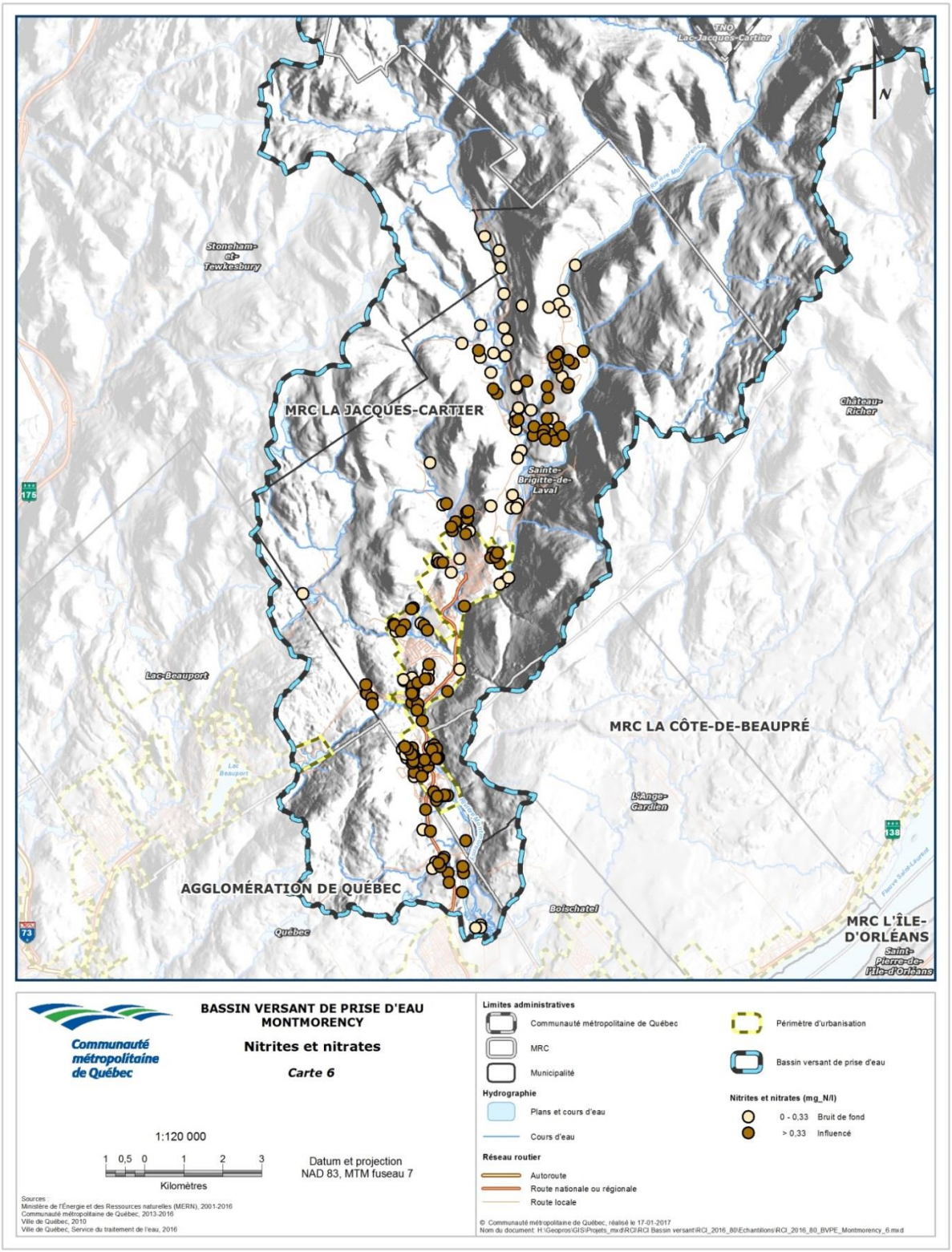
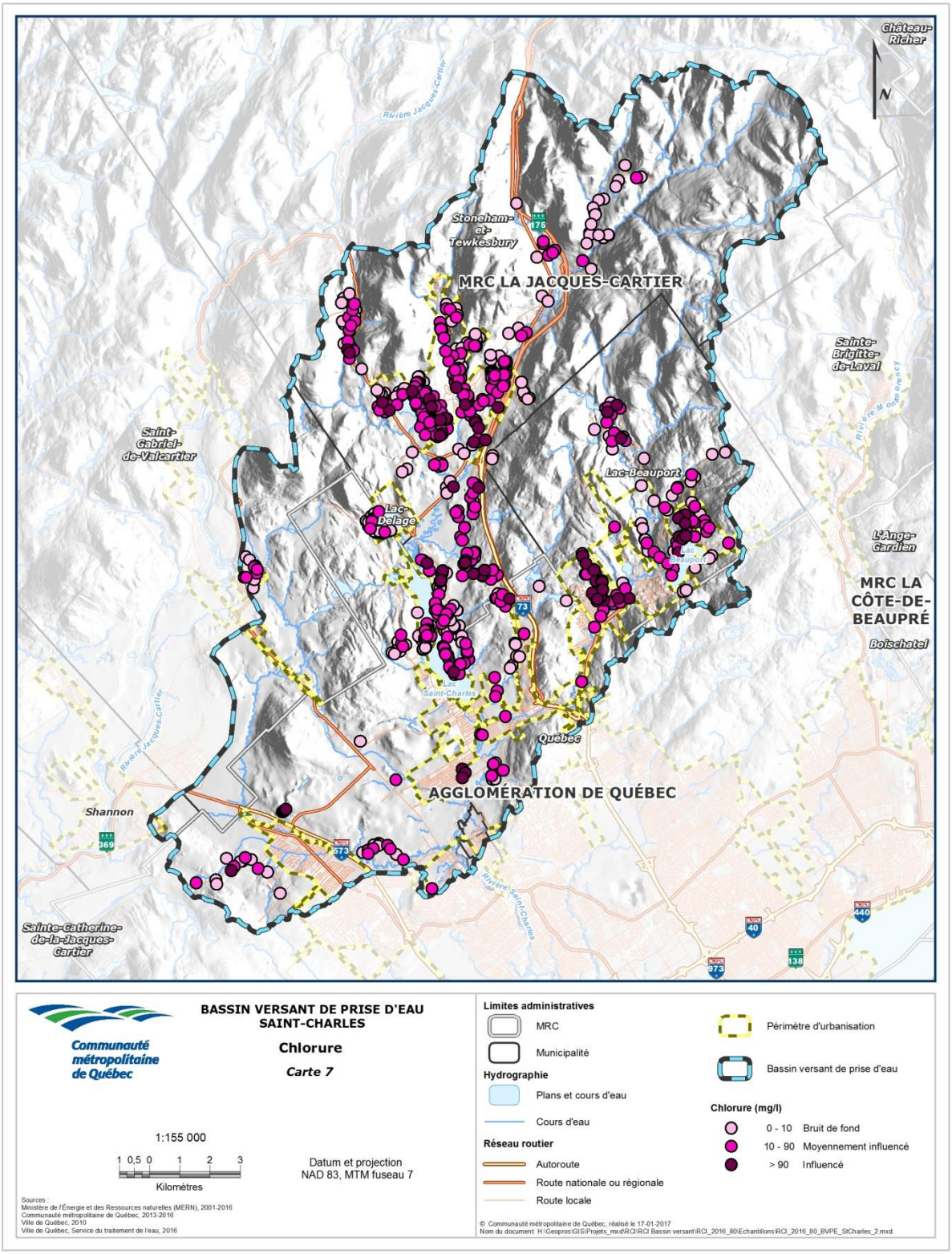

TNO
Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-
et-
Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-
Richer
Sainte-
Brigitte-de-
Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
L'Ange-
Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
MRC L'ÎLE-
D'ORLÉANS
Saint-
Pierre-de-
l'Île-d'Orléans
Communauté
métropolitaine
de Québec
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU
MONTMORENCY
Nitrites et nitrates
Carte 6
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection
NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Nitrites et nitrates (mg_N/l)
0 - 0,33 Bruit de fond
> 0,33 Influencé
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document : H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Échantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_6.mxd

Figure A1-7 Chlorure mesuré dans les puits individuels



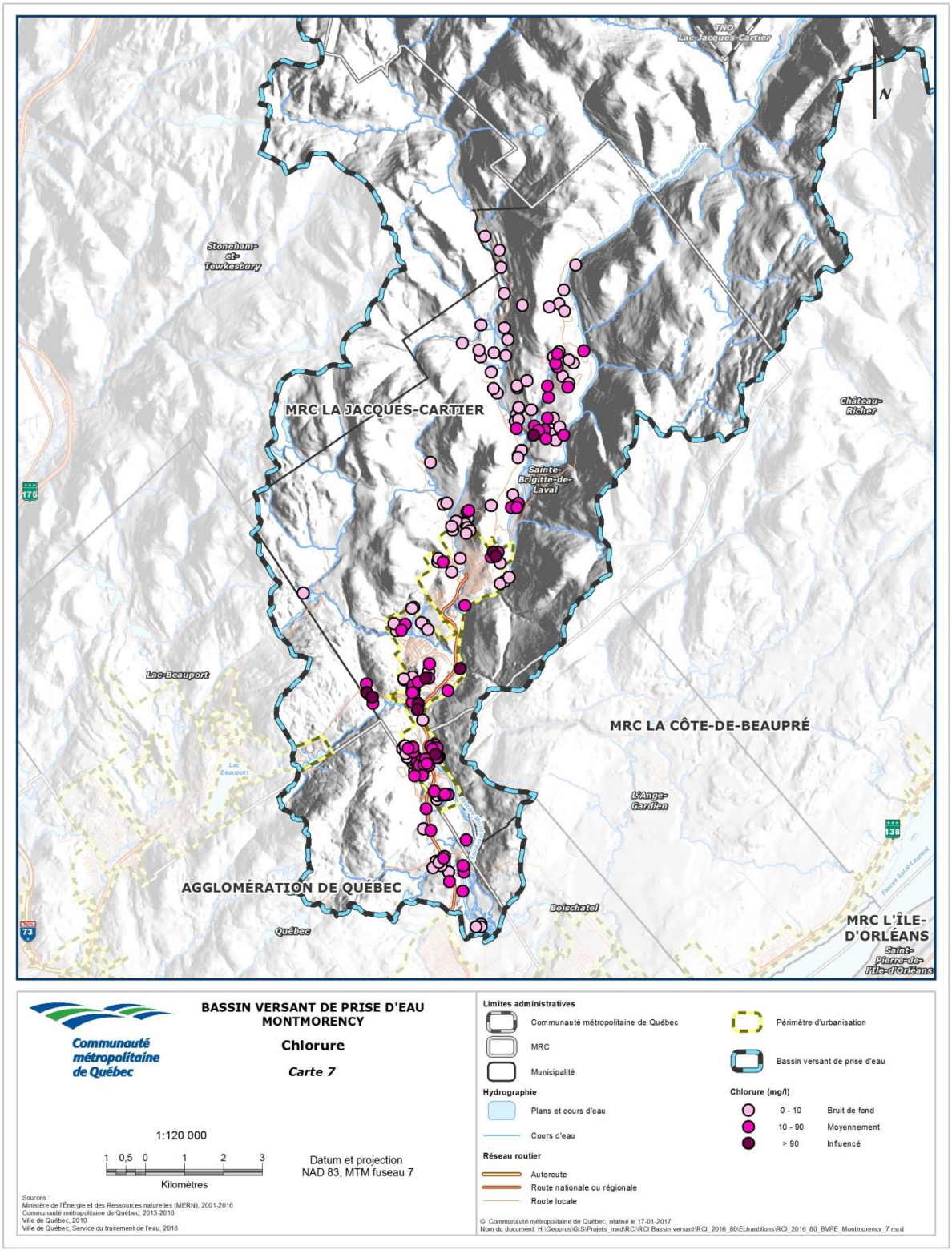
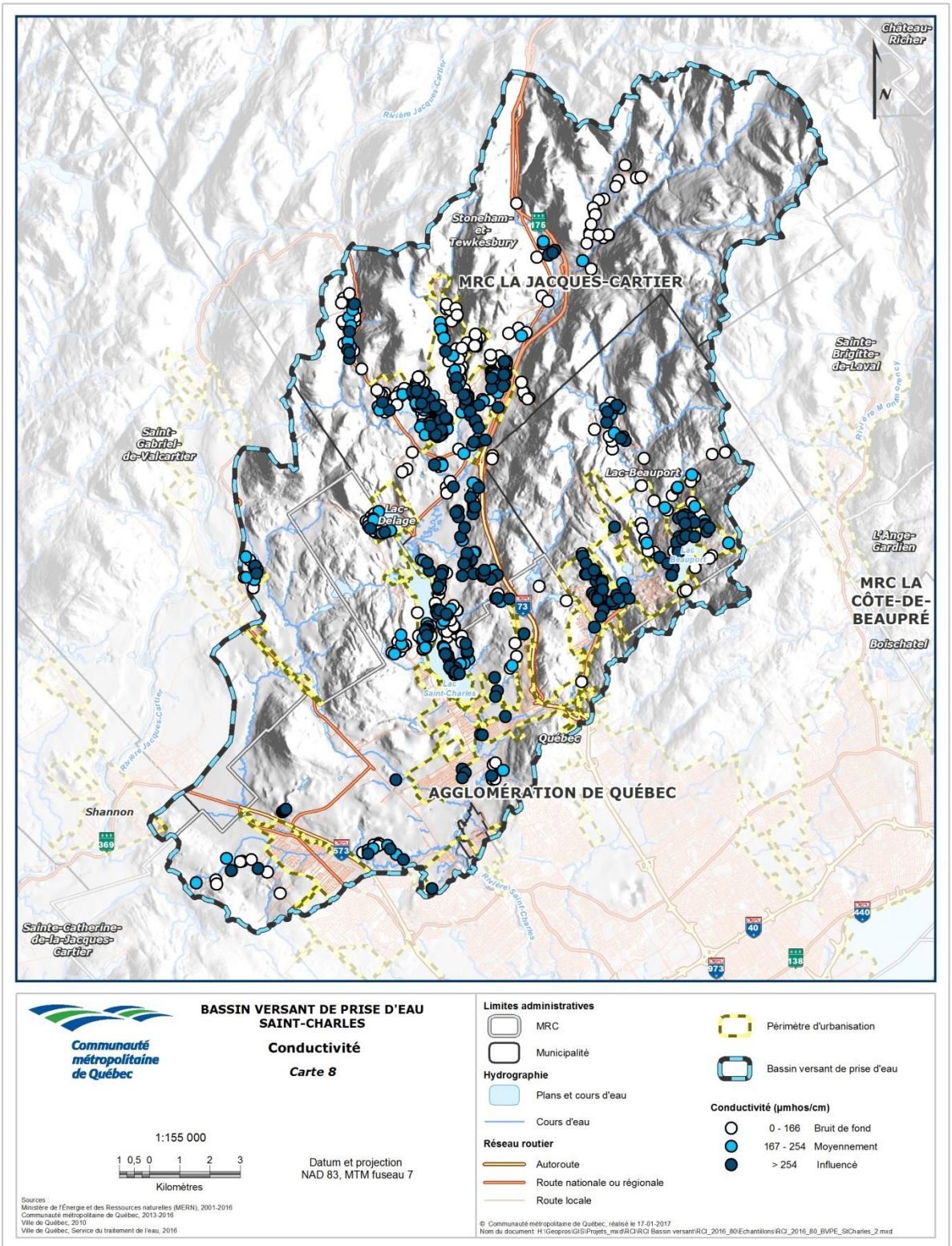
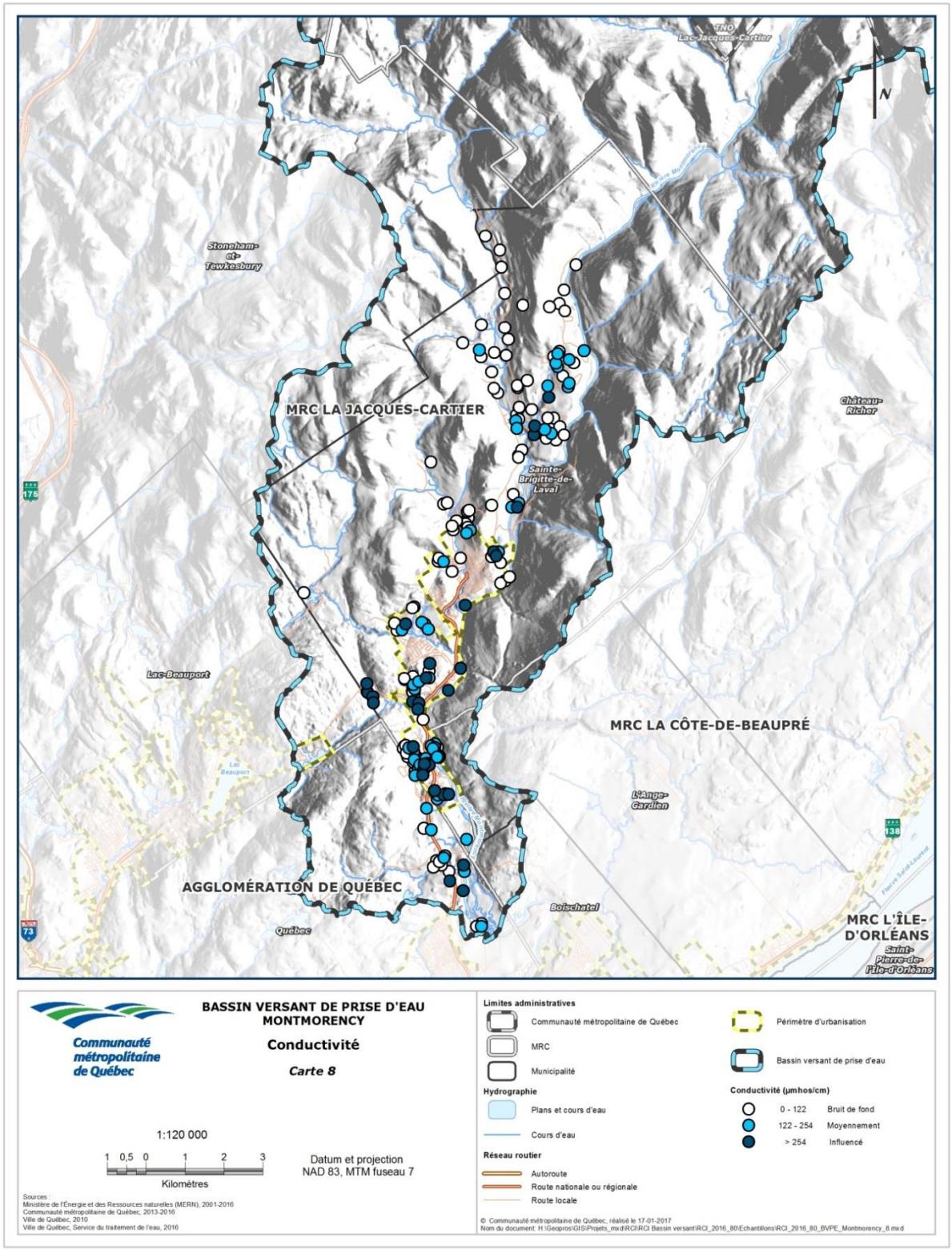

TNO
Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-
et-
Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-
Richer
Sainte-
Brigitte-de-
Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
Lac
Beauport
L'Ange-
Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
73
MRC L'ÎLE-
D'ORLÉANS
Saint-
Pierre-de-
l'Île-d'Orléans
Fleuve Saint-Laurent
Communauté
métropolitaine
de Québec
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU
MONTMORENCY
Chlorure
Carte 7
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection
NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Chlorure (mg/l)
0 - 10 Bruit de fond
10 - 90 Moyennement
> 90 Influencé
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document: H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Echantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_7.mxd

Figure A1-8 Conductivité mesurée dans les puits individuels




TNO
Lac-Jacques-Cartier
N
Stoneham-et-Tewkesbury
MRC LA JACQUES-CARTIER
Château-Richer
Sainte-Brigitte-de-Laval
175
Lac-Beauport
MRC LA CÔTE-DE-BEAUPRÉ
L'Ange-Gardien
138
AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC
Boischatel
Québec
MRC L'ÎLE-D'ORLÉANS
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans
BASSIN VERSANT DE PRISE D'EAU MONTMORENCY
Conductivité
Carte 8
Communauté métropolitaine de Québec
1:120 000
1 0,5 0 1 2 3
Kilomètres
Datum et projection
NAD 83, MTM fuseau 7
Sources :
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2001-2016
Communauté métropolitaine de Québec, 2013-2016
Ville de Québec, 2010
Ville de Québec, Service du traitement de l'eau, 2016
Limites administratives
Communauté métropolitaine de Québec
MRC
Municipalité
Périmètre d'urbanisation
Bassin versant de prise d'eau
Hydrographie
Plans et cours d'eau
Cours d'eau
Conductivité (µmhos/cm)
0 - 122 Bruit de fond
122 - 254 Moyennement
> 254 Influencé
Réseau routier
Autoroute
Route nationale ou régionale
Route locale
© Communauté métropolitaine de Québec, réalisé le 17-01-2017
Nom du document : H:\Geopros\GIS\Projets_mxd\RCI\RCI Bassin versant\RCI_2016_80\Échantillons\RCI_2016_80_BVPE_Montmorency_8.mxd