

Suivi de la qualité de l'eau du ruisseau du Moulin - 2013



Rédaction

Antoine Thibault
Patricia Turmel
Jean-François Provencher
Camille B Lefrançois

Cartographie

Patricia Turmel

Travaux de terrain

Dave Dubois
Camille B. Lefrançois
Patricia Turmel
David Viens

Collaborateurs

Sylvie Legendre - ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la
Lutte contre les changements climatiques - Direction du suivi de
l'état de l'environnement.

Payse Mailhot - Corporation d'Action et de Gestion environnementale de Québec
(CAGEQ)

Révision

Caroline Brodeur
Nancy Dionne

Référence à citer

Thibault, A., C.B. Lefrançois, J.F. Provencher et P. Turmel, 2014. Suivi de la qualité
de l'eau du ruisseau du Moulin - 2013. Organisme des bassins versants de la
Capitale. 29 pages + 3 annexes.

Description des photos en page couverture (OBV de la Capitale, 2013)

Station Loyola du Moulin par temps de pluie – mai 2013
Station Mélanie – juin 2013
Station Cambrone en temps de pluie – mai 2013 (BQMA)

TABLE DES MATIÈRES

1. Mise en contexte.....	5
2. Localisation des stations	5
3. Méthodologie	7
3.1 Indice de la qualité bactériologique et physico-chimique (IQBP₆).....	7
3.2 Matières en suspension et coliformes totaux et fécaux	11
3.3 Paramètres mesurés <i>in situ</i>.....	13
4. Résultats	14
4.1 Détermination de l'IQBP₆ à la station Cambrone (0554002)	14
4.1.1 Coliformes fécaux.....	14
4.1.2 Nitrites et nitrates.....	15
4.1.3 Phosphore total	15
4.1.4 Matière en suspension.....	16
4.1.5 Chlorophylle α	16
4.1.6 Azote ammoniacal.....	16
4.1.7 Potentiel hydrogène (pH).....	17
4.1.8 Conductivité électrique	17
4.2 Détermination de l'IQBP₆ de la station Maizerets (0554001).....	18
4.2.1 Coliformes fécaux.....	18
4.2.2 Nitrites et nitrates.....	19
4.2.3 Chlorophylle α	19
4.2.4 Phosphore total	19
4.2.5 Matière en suspension.....	19
4.2.6 Azote ammoniacal.....	20
4.2.7 Potentiel hydrogène (pH).....	20
4.2.8 Conductivité électrique	21
4.3 Résultats des analyses pour les stations Mélanie, Albert-Chrétien et Loyola-du-Moulin	21
5. Discussion	22
6. Conclusion et recommandations.....	26
6.1 Suivi à long terme	27
6.2 Réduction des coliformes et des nitrites et nitrates	27
6.3 Assainissement des installations agricoles et urbaines	29
6.4 Amélioration récente.....	29
7. Références	30

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1. Localisation des stations pour le suivi de la qualité de l'eau du ruisseau du Moulin.....	6
Figure 2. Système de porte-bouteilles du DSEE tiré de Hébert et Légaré, 2000	9
Figure 3. Spécificité des bouteilles d'échantillonnage (MDDEP, 2011a).....	9
Figure 4. Station Cambrone (0554002), 29 juillet 2013	34
Figure 5. Station Maizerets (0554001), 10 juin 2013	34
Figure 6. Station Mélanie, 10 juin 2013	35
Figure 7. Station Albert-Chrétien, 10 juin 2013.....	35
Figure 8. Station Loyola du Moulin, 10 juin 2013.....	36
Tableau 1. Méthodes utilisées pour chaque station d'échantillonnage	7
Tableau 2. Effort d'échantillonnage	8
Tableau 3. Valeurs-seuils des sous-indices de l'IQBP ₆ basées sur les courbes d'appréciations de Hébert 1997	10
Tableau 4. Classe de qualité de l'eau en fonction des valeurs-seuils des sous-indices de l'IQBP ₆	11
Tableau 5. Valeur des sous-indices des paramètres mesurés à la station Cambrone	14
Tableau 6. Concentrations mesurées pour chaque paramètre à la station Cambrone	17
Tableau 7. Valeur des sous-indices des paramètres mesurés à la station Maizerets	18
Tableau 8. Concentrations mesurées pour chaque paramètre à la station Maizerets	20
Tableau 9. Résultats des matières en suspension, des coliformes totaux et de la bactérie <i>E. coli</i> pour chaque station d'échantillonnage.....	22

1. Mise en contexte

En 2001, une campagne d'échantillonnage menée par la Communauté urbaine de Québec à 6 stations d'échantillonnage et 6 conduites pluviales du bassin versant du ruisseau du Moulin a révélé une mauvaise qualité bactériologique de l'eau (Martineau et Bonin, 2000; 2001). À l'époque, un problème de contamination avait été détecté. En 2009, une nouvelle campagne d'échantillonnage a été effectuée par le Conseil de bassin de la rivière Beauport (CBRB) dans le cadre d'une étude réalisée par la Corporation d'action et de gestion environnementale de Québec (CAGEQ). Cette campagne a été menée afin d'évaluer les concentrations en coliformes totaux et fécaux ne satisfaisant pas les normes québécoises pour la baignade (CAGEQ, 2009). Afin d'obtenir un portrait détaillé de la situation actuelle, l'Organisme des bassins versants de la Capitale a réalisé en 2013 une nouvelle campagne d'échantillonnage visant l'analyse de la qualité de l'eau du ruisseau du Moulin à l'aide de l'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP₆) pour deux stations, et des mesures de matières en suspension et de coliformes fécaux pour trois autres.

2. Localisation des stations

Cinq stations d'échantillonnage ont été sélectionnées de l'amont vers l'aval dans le bassin versant du ruisseau du Moulin (figure 1). Chaque station a été choisie en respectant la représentativité spatiale du bassin versant du ruisseau. Les stations Cambrone (0554002) et Maizerets (0554001), situées respectivement dans l'arrondissement de Beauport et de La Cité-Limoilou, ont été identifiées pour l'analyse complète de la qualité de l'eau. Les stations Mélanie, Albert-Chrétien et Loyola-du-Moulin, situées dans l'arrondissement de Beauport, ont quant à elles été sélectionnées pour l'analyse des matières en suspension et des coliformes totaux et fécaux uniquement.

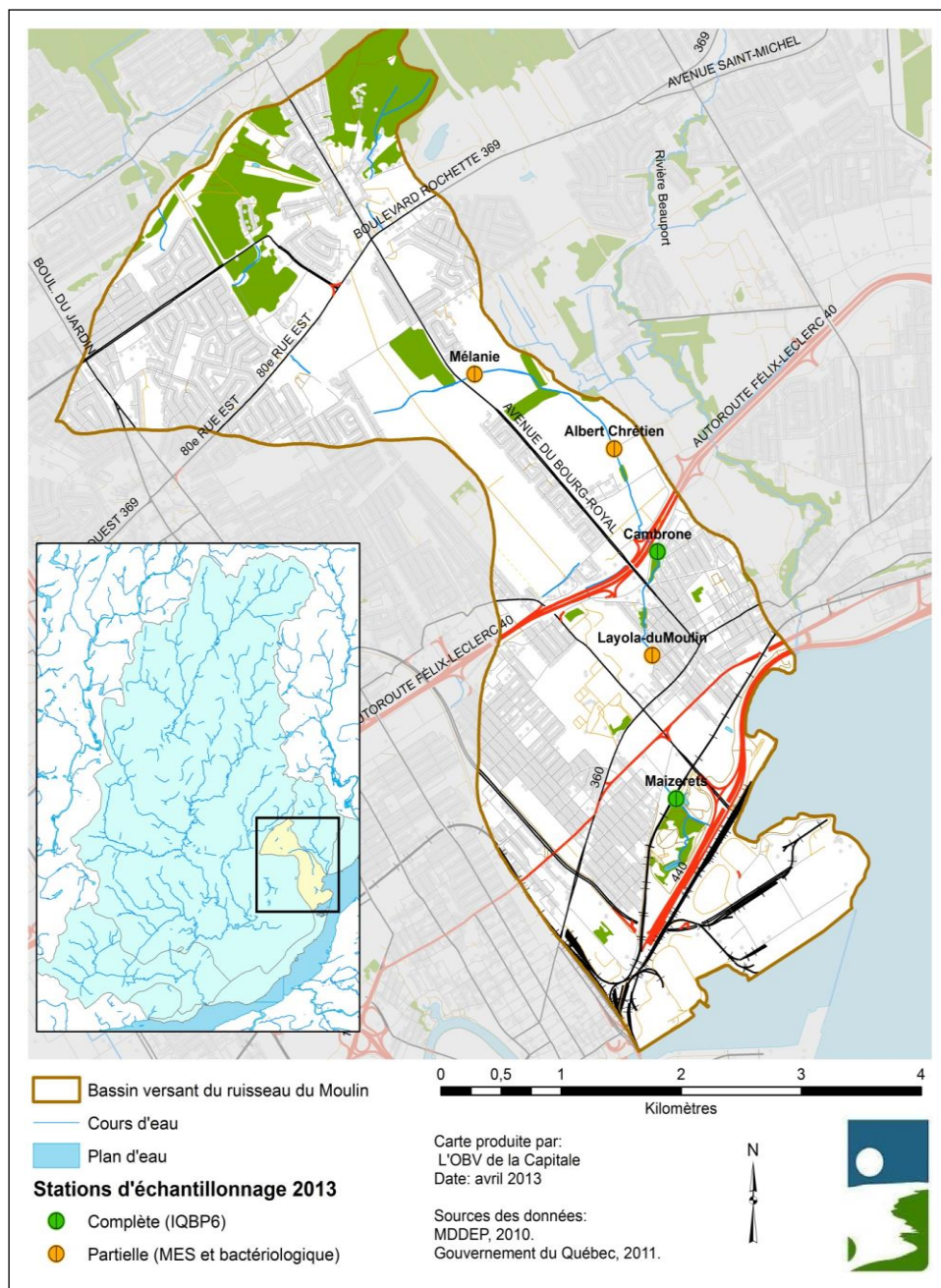


Figure 1. Localisation des stations pour le suivi de la qualité de l'eau du ruisseau du Moulin

3. Méthodologie

La campagne d'échantillonnage s'est déroulée au cours de l'été et l'automne 2013. Ainsi, au cours de cette période, 132 échantillons d'eau ont été prélevés à l'ensemble des stations. Les prélèvements effectués aux stations Cambrone et Maizerets ont servi à déterminer l'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP₆) tandis que ceux des stations Mélanie, Albert-Chrétien et Loyola-du-Moulin ont servi à évaluer les matières en suspension et les coliformes totaux et fécaux. De plus, le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (μS/cm) et la température (°C) ont également été mesurés *in situ* sur chaque échantillon (tableau 1).

Tableau 1. Méthodes utilisées pour chaque station d'échantillonnage

Stations	IQBP ₆	MES, coliformes totaux et fécaux	pH, conductivité, T °
Cambrone	X		X
Maizerets	X		X
Mélanie		X	X
Albert-Chrétien		X	X
Loyola-du-Moulin		X	X

3.1 Indice de la qualité bactériologique et physico-chimique (IQBP₆)

Les prélèvements d'eau effectués aux stations Cambrone et Maizerets se sont déroulés sur une base mensuelle entre le 13 juin et le 7 novembre 2013 suivant le protocole du MDDELCC dans le cadre des activités du Réseau-rivière (tableau 2). Cette collecte s'est effectuée sur une base mensuelle afin de caractériser adéquatement la variabilité temporelle de la qualité de l'eau (Hébert et Ouellet, 2005).

Tableau 2. Effort d'échantillonnage

Date d'échantillonnage	Conditions météorologiques	
2013-05-13	Temps pluvieux	
2013-06-10	Ensoleillé	
2013-07-11	Très ombragé	
2013-07-29	Pluie la veille, ombragé	
2013-08-12	Ensoleillé	
2013-09-09	Ensoleillé	
2013-10-15	Ensoleillé	
2013-11-01	Temps pluvieux	
2013-11-07	Temps pluvieux	

Tous les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un système de porte-bouteilles en prenant les précautions nécessaires pour ne pas contaminer ou altérer les échantillons (figure 2). Préalablement identifiées, six bouteilles fournies par le ministère de l'Environnement (MDDELCC) ont été plongées dans la partie la plus profonde du ruisseau. Toutes les bouteilles (stériles) ont été remplies et scellées adéquatement. Seule la bouteille pour l'analyse des coliformes fécaux a été remplie jusqu'à épaulement (figure 3). Les échantillons ont été conservés au frais dans une glacière jusqu'à leur acheminement vers le centre d'expertise en analyse environnementale du MDDELCC où ils ont été analysés.

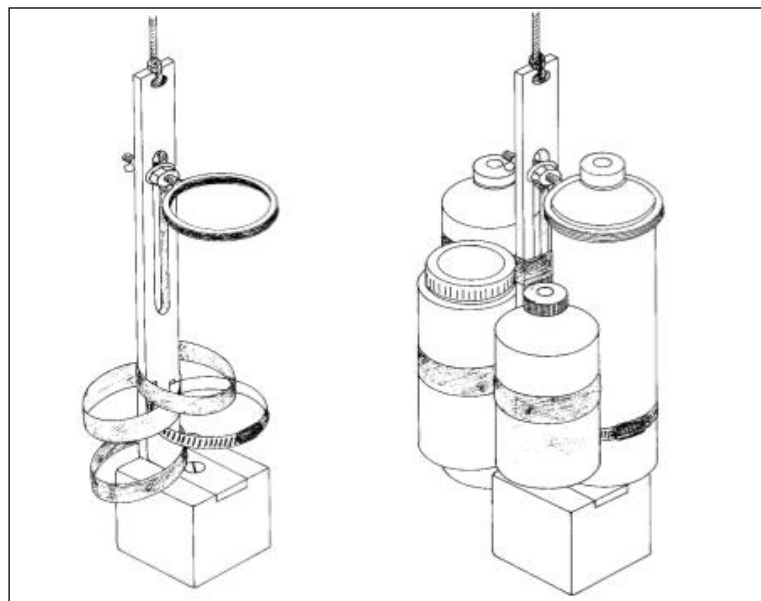


Figure 2. Système de porte-bouteilles du DSEE tiré de Hébert et Légaré, 2000

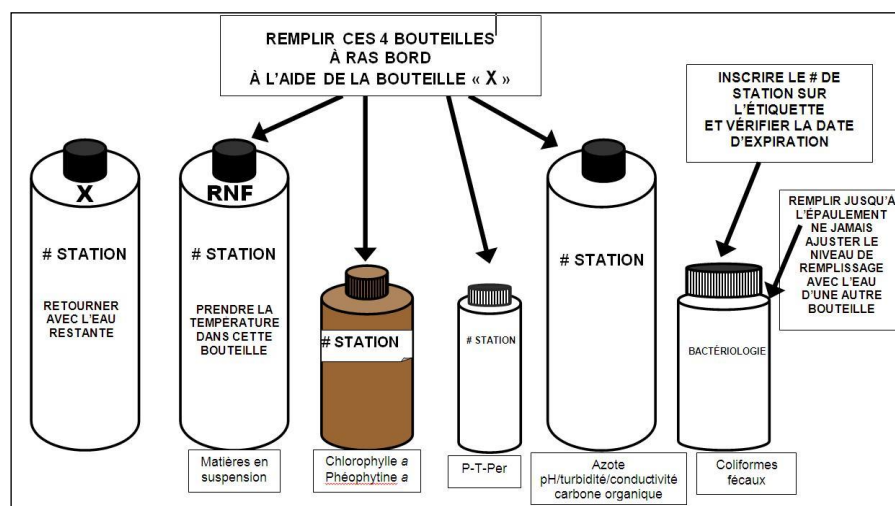


Figure 3. Spécificité des bouteilles d'échantillonnage (MDDEP, 2011a)

Les échantillons d'eau prélevés aux stations Cambrone et Maizerets ont servi à déterminer l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique (IQBP₆). Cet indice est défini à partir des paramètres du phosphore total (P_{TOT}), des coliformes fécaux (CF), des matières en suspension (SS), de l'azote ammoniacal (NH₃), des nitrites et nitrates (NOx) et de la chlorophylle α totale (CHL α) (MDDEP, 2011b). Les concentrations de chacun des paramètres mesurées en laboratoire ont ensuite été transformées en un sous-indice de qualité en utilisant les courbes d'appréciations préalablement établies par Hébert 1997. Ces courbes permettent de convertir les concentrations des paramètres en un sous-indice variant entre 0 et 100 (tableau 3). Le paramètre discriminant ayant obtenue la valeur du sous-indice la plus faible sert ensuite à déterminer la valeur de l'IQBP₆ préalablement défini selon 5 classes de qualité de l'eau (Hébert, 1997).

Tableau 3. Valeurs-seuils des sous-indices de l'IQBP₆ basées sur les courbes d'appréciations de Hébert 1997

Valeurs-seuil du sous-indice	Coliformes fécaux (UFC/100ml)	Chlorophylle α totale (μ g/L)	Azote ammoniacal (mg-N/L)	Nitrite et nitrates (mg-N/L)	Phosphore total (mg/L)	Matières en suspension (mg/L)
80-100	≤ 200	$\leq 5,70$	$\leq 0,23$	$\leq 0,50$	$\leq 0,030$	≤ 6
60-79	201-1000	5,71-8,60	0,24-0,50	0,51-1,00	0,031-0,050	7-13
40-59	1001-2000	8,61-11,10	0,51-0,90	1,01-2,00	0,051-0,100	14-24
20-39	2001-3500	11,1-13,90	0,91-1,50	2,01-5,00	0,101-0,200	25-41
0-19	>3501	$>13,90$	$>1,50$	$>5,00$	$>0,200$	>41

Le système de classification de l'indice fait référence à l'état général de la qualité bactériologique et physico-chimique des milieux aquatiques. Ce système est basé sur les principaux critères de qualité liés aux usages de l'eau soit la baignade, les activités nautiques, l'approvisionnement, la protection de la vie aquatique et la protection contre l'eutrophisation des cours d'eau ou des lacs (Hébert, 1997). Les classes de l'IQBP₆ se décrivent comme suit (tableau 4) :

Tableau 4. Classe de qualité de l'eau en fonction des valeurs-seuils des sous-indices de l'IQBP₆

Classe IQBP	Classe de qualité de l'eau
A (80-100)	Bonne
B (60-79)	Satisfaisante
C (40-59)	Douteuse
D (20-39)	Mauvaise
E (0-19)	Très mauvaise

3.2 Matières en suspension et coliformes totaux et fécaux

Les prélèvements pour l'analyse des matières en suspension et les coliformes totaux et fécaux ont été effectués à trois reprises aux stations Mélanie, Albert-Chrétien et Loyola-du-Moulin entre juin et juillet 2013. À chaque campagne, un échantillon d'eau a été prélevé pour chaque paramètre suivant les recommandations du ministère de l'Environnement.

Afin de poser un diagnostic sur la qualité de l'eau, il est essentiel d'identifier les sources de contamination microbienne. Cette contamination est estimée par la présence des coliformes fécaux, car ils proviennent naturellement des matières fécales produites par les humains et les animaux à sang chaud. Ce critère est utilisé puisqu'il indique la présence potentielle de bactéries et de virus pathogènes pouvant causer des problèmes de santé (Hébert et Légaré, 2000). Dans un échantillon, leur concentration permet d'évaluer si l'eau est suffisamment sécuritaire pour des fins récréatives (MENV, 2002). Les concentrations supérieures à 200 UFC/100 ml (unités formant une colonie) compromettent les activités récréatives de contact

primaire comme la baignade tandis que celles supérieures à 1000 UFC/100 ml compromettent tous les usages récréatifs (canotage, pêche à gué, etc.) dans un cours d'eau (Hébert et Légaré, 2000; MENV, 2002).

Le test Colilert (IDEXX Lab) fourni par la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE) a été utilisé pour mesurer les concentrations de coliformes totaux et fécaux. Ce test a permis d'analyser simultanément les coliformes totaux et *Escherichia coli* (*E. coli*) présents dans l'eau. Un indicateur de nutriment (ONPG) a été ajouté à chaque échantillon. Lorsque ces nutriments sont métabolisés par les coliformes totaux, le substrat-indicateur du test devient jaune. Le réactif « MUG », aussi contenu dans ce test, permet de détecter la bactérie *E. coli* lorsqu'il est métabolisé par ces dernières. En présence de la bactérie *E. coli*, le réactif génère une fluorescence sous le rayonnement d'une lampe à ultraviolets. Ce test permet de détecter simultanément la présence de coliformes totaux et d'*E. coli* (≥ 1 UFC/100 ml). Le protocole de numération du test Colilert est détaillé à l'Annexe 1.

Les matières en suspension (MES) dans les cours d'eau sont généralement constituées d'un mélange de particules solides ou insolubles comme les limons, l'argile, les microorganismes et les matières organiques (Roche, 2011). Les MES proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du ruissellement des terres agricoles et des retombées atmosphériques qui sont maintenus en suspension dans l'eau par la turbulence (Hébert et Légaré, 2000; Roche, 2011). L'apport de ces particules dépend en majorité de l'érosion naturelle, mais peut aussi être influencé par certaines activités anthropiques telles que l'agriculture et les coupes forestières pouvant accélérer le processus d'érosion en modifiant la propriété des sols (Roche, 2011). L'analyse des matières en suspension a été réalisée par la Corporation d'action et de gestion environnementale de Québec (CAGEQ) avec un spectrophotomètre (Hach DR2800). Le protocole d'analyse des matières en suspension est détaillé à l'Annexe 2.

3.3 Paramètres mesurés *in situ*

À chaque campagne d'échantillonnage, la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), le potentiel hydrogène (pH) et la température ($^{\circ}\text{C}$) ont été mesurés. Ces données ont été mesurées directement sur le terrain à l'aide d'une sonde multiparamètres (YSI-63). Afin d'éviter toute contamination, la sonde a été rincée à l'eau distillée entre chaque mesure, et ce, pour chaque paramètre.

La conductivité électrique de l'eau dépend de la concentration ionique et de la température (Hébert et Légaré, 2000). Sa mesure permet d'apprécier les changements de la composition de l'eau et plus spécifiquement la concentration en minéraux dans l'eau. Plus la conductivité augmente, plus la concentration en solide dissous est forte (Hébert et Légaré, 2000).

Le potentiel hydrogène (pH) sert à mesurer l'activité chimique des ions hydrogènes présents dans une solution. La valeur du pH influence la toxicité de plusieurs éléments et peut engendrer des réactions chimiques avec ceux-ci. Bien que le pH dépende en majorité de l'origine de l'eau et de la nature géologique du sous-sol, il varie aussi en fonction des pressions liées aux activités anthropiques (Hébert et Légaré, 2000). Les valeurs inférieures à 7 indiquent des conditions d'acidité tandis que celles supérieures indiquent des conditions alcalines ou basiques.

La température de l'eau intervient dans plusieurs processus d'ordre biologiques comme la capacité de dissolution de l'oxygène (Hébert et Légaré, 2000). La mesure de la température de l'eau est essentielle puisqu'elle peut influencer la concentration en oxygène. Dans les cours d'eau, l'oxygène est essentiel pour la survie et le fonctionnement du métabolisme de tous les organismes vivants.

4. Résultats

4.1 Détermination de l'IQBP₆ à la station Cambrone (0554002)

Les résultats des analyses bactériologiques et physicochimiques ont permis de déterminer l'indice final de l'IQBP₆ à partir des sous-indices de chacun des paramètres. Cet indice a été calculé pour la période comprise entre mai et octobre 2013 (tableau 5). L'indice de la station Cambrone a obtenu la cote de 30 qui se réfère à la classe de qualité de l'eau « mauvaise » où la plupart des usages risquent d'être compromis (tableau 4). Le principal paramètre discriminant est la concentration de coliformes fécaux (58 %) tandis que les nitrites et nitrates (14 %), le phosphore total (14 %) et les matières en suspension (14 %) correspondent aux paramètres discriminants secondaires.

Tableau 5. Valeur des sous-indices des paramètres mesurés à la station Cambrone

Date	Coliformes fécaux	Chlorophylle α	Azote ammoniacal	Nitrites et nitrates	Phosphore total	Matière en suspension	Paramètre déclassant
2013-05-13	13	17	86	63	51	7	7
2013-06-10	100	93	100	48	91	100	48
2013-07-11	18	94	96	52	64	96	18
2013-07-29	28	96	100	58	68	96	28
2013-08-12	44	95	97	61	69	56	44
2013-09-09	30	98	96	62	64	100	30
2013-10-15	77	75	98	61	55	96	55
IQBP₆							$\bar{x} = 30$

*Les valeurs en gris représentent les sous-indices retenus pour le calcul de l'IQBP₆

4.1.1 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux correspondent au paramètre discriminant principal (58 %). Leurs concentrations mesurées à l'été 2013 ont varié entre 8 et 4100 UFC/100 ml (tableau 6). En incluant les échantillons prélevés en novembre 2013, la valeur médiane des concentrations de coliformes se situait à 2800 UFC/100 ml. En s'appuyant sur la courbe d'appréciation des coliformes fécaux déterminée par Hébert, 1997, cette concentration correspond à une classe de qualité de l'eau « mauvaise » (2001-3500 UFC/100 ml). L'analyse des résultats révèle que 78 % des

concentrations de coliformes fécaux dépassent la norme d'usage secondaire établie à 1000 UFC/100 ml (MENV, 2002). Un seul échantillon a respecté le critère de protection des activités récréatives et de l'esthétique pour la pratique de la baignade (≤ 200 UFC/100 ml).

4.1.2 Nitrites et nitrates

Au mois de juin, la concentration des nitrites et nitrates a servi de paramètre discriminant (14 %) pour le calcul de l'indice IQBP₆ (tableau 5 et 6). Au cours de l'été, les concentrations ont varié entre 0,93 et 1,5 mg/L. La médiane des concentrations, incluant celles mesurées en novembre 2013, a été calculée à 1 mg/L. En se basant sur la courbe d'appréciation des nitrites et nitrates de Hébert 1997, la valeur de la médiane correspond à une classe de qualité de l'eau « satisfaisante » (0,51-1,00 mg/L). Cette valeur respecte la norme CMA (concentration maximale acceptable) établie pour l'eau potable (MENV, 2002), mais 68 % des échantillons prélevés la dépasse. Bien que le critère établi pour l'eau potable a été dépassé, aucune norme n'est encore reconnue pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique.

4.1.3 Phosphore total

La concentration du phosphore total mesuré au mois d'octobre 2013 correspond au deuxième paramètre discriminant secondaire (14 %) (tableaux 5 et 6). Au cours de la période estivale de 2013, les concentrations de phosphore ont varié entre 0,021 et 0,068 mg/L. La médiane des échantillons récoltés à cette station a été mesurée à 0,046 mg/L et correspond à la classe de qualité de l'eau « satisfaisante » (0,031-0,050 mg/L) (Hébert, 1997). Toutefois, 89 % des échantillons ont enregistré une valeur supérieure à la classe de qualité de l'eau « bonne » ($\leq 0,030$ mg/L). La valeur établie pour ce critère vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et rivières (OMOEE, 1994).

4.1.4 Matière en suspension

La concentration des matières en suspension calculée en mai 2013 correspond au dernier facteur discriminant secondaire (14 %). Les matières en suspension pour la période d'étude ont varié entre 1 et 61 mg/L (tableau 6). La médiane des concentrations de MES correspond à 2 mg/L et classe la qualité de l'eau comme étant « bonne ». En se basant sur la courbe d'appréciation des paramètres, 71 % des concentrations mesurées ont satisfait la classe de qualité « satisfaisante » (≤ 13 mg/L).

4.1.5 Chlorophylle α

Les concentrations de chlorophylle α n'ont pas servi au calcul de l'indice final de l'IQBP₆ toutefois, un échantillon a enregistré une concentration plus élevée (10,6 $\mu\text{g/L}$) correspondant à une classe qualité de l'eau « douteuse ». Somme toute, la médiane des concentrations pour l'ensemble des échantillons a été calculée à 1,37 $\mu\text{g/L}$. Selon les critères établis par Hébert (1997), la qualité de l'eau « bonne » a été respectée dans 89 % des échantillons.

4.1.6 Azote ammoniacal

Les concentrations d'azote ammoniacal ont varié entre 0,01 et 0,16 mg/L. La médiane des échantillons a été calculée à 0,05 mg/L et correspond à la classe de qualité « bonne ». D'ailleurs l'ensemble des échantillons analysés respecte cette classe de qualité (tableau 6).

Tableau 6. Concentrations mesurées pour chaque paramètre à la station Cambrone

Date	Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	Chlorophylle α ($\mu\text{g/L}$)	Azote ammoniacal (mg/L)	Nitrites et nitrates (mg/L)	Phosphore total (mg/L)	Matière en suspension (mg/L)	pH	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)
2013-05-13	4100	10,6	0,16	0,93	0,068	61,0	7,7	256
2013-06-10	8	1,37	**0,01	1,50	0,021	1,0	8,2	576
2013-07-11	3600	1,31	0,05	1,30	0,046	2,0	8,5	563
2013-07-29	2800	0,87	**0,01	1,10	0,041	2,0	8,2	409
2013-08-12	1800	0,82	0,04	1,00	0,040	15,0	8,3	555
2013-09-09	2700	0,34	0,05	0,96	0,046	1,0	8,0	267
2013-10-15	260	4,81	0,03	1,00	0,060	2,0	8,3	436
2013-11-01	3700	4,24	0,08	1,30	0,150	33,0	7,7	195
2013-11-07	3500	4,32	0,10	0,76	0,082	12,0	8,0	263
Médiane	2800	1,37	0,05	1,00	0,046	2,0	8,2	409

*Les valeurs en gris représentent les sous-indices retenus pour le calcul de l'IQBP₆

**Les valeurs présentées correspondent aux concentrations sous la limite de détection.

4.1.7 Potentiel hydrogène (pH)

Les valeurs de pH mesurées *in situ* à la station Cambrone ont varié entre 7,7 et 8,5. La médiane pour l'ensemble des mesures a été calculée à 8,2 (tableau 6). Cette valeur respecte le critère établi pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique de l'eau (6,5 à 8,5) et celui de la protection de la vie aquatique pour les effets chroniques et aigus (MENV, 2002).

4.1.8 Conductivité électrique

Les valeurs de conductivité électrique mesurées pour la période estivale ont varié entre 256 et 563 $\mu\text{S/cm}$ (tableau 6). La valeur médiane a été calculée à 409 $\mu\text{S/cm}$. Bien qu'il n'existe aucun critère de qualité pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique, la plage de variation habituelle d'un petit cours d'eau pour la conductivité électrique varie entre 20 et 339 $\mu\text{S/cm}$ (Hébert et Légaré, 2000; MDDEP, 2011 b). D'ailleurs, 56 % des échantillons mesurés sont supérieurs à cette plage de variation.

4.2 Détermination de l'IQBP₆ de la station Maizerets (0554001)

L'indice IQBP₆ à la station Maizerets pour la période comprise entre mai et octobre 2013 a obtenu la cote de 28 (tableau 7). L'indice de la station Maizerets, située en aval du bassin versant du Ruisseau du Moulin, fait référence à la classe de qualité de l'eau « mauvaise » où la plupart des usages risquent d'être compromis (tableau 4). Les paramètres discriminant de cette station sont les coliformes fécaux (57 %) et les nitrites et nitrates (43 %).

Tableau 7. Valeur des sous-indices des paramètres mesurés à la station Maizerets

Date	Coliformes fécaux	Chlorophylle α	Azote ammoniacal	Nitrites et nitrates	Phosphore total	Matière en suspension	Paramètre déclassant
2013-05-13	20	58	87	58	53	22	20
2013-06-10	80	94	99	50	100	96	50
2013-07-11	28	94	98	58	67	85	28
2013-07-29	15	97	98	69	63	71	15
2013-08-12	18	94	99	72	76	74	18
2013-09-09	68	99	96	64	70	96	64
2013-10-15	79	92	98	69	79	100	69
IQBP₆							$\bar{x} = 28$

4.2.1 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux correspondent au principal paramètre discriminant (57 %). Les concentrations mesurées pour la période estivale ont varié entre 200 et 3900 UFC/100 ml (tableau 8). En incluant les concentrations des échantillons prélevés en novembre 2013, la médiane de coliformes fécaux s'élève à 3400 UFC/100 ml. Selon la courbe d'appréciation des coliformes, la concentration médiane correspond à la classe de qualité « mauvaise » (2001-3500 UFC/100 ml). Ces concentrations en coliformes fécaux révèlent que 67 % des échantillons ont dépassé la norme d'usage secondaire (≥ 1000 UFC/100 ml) tandis qu'uniquement 11 % de ceux-ci ont respecté le critère d'usage primaire (≤ 200 UFC/100 ml) (MENV, 2002).

4.2.2 Nitrites et nitrates

Le second paramètre discriminant correspond aux concentrations de nitrites et nitrates (43 %) (tableau 8). Les concentrations de nitrites et nitrates mesurées ont varié entre 0,77 et 1,4 mg/L. La médiane des concentrations totales s'élève à 0,93 mg/L et correspond à la classe de qualité « satisfaisante » (0,51-1,00 mg/L). Cette concentration médiane respecte la norme de concentration maximale acceptable (CMA) établie pour l'eau potable (1 mg/L), mais 44 % des échantillons prélevés la dépassent (MENV, 2002).

4.2.3 Chlorophylle α

Les concentrations de chlorophylle α n'ont pas servi au calcul de l'indice IQBP₆. Toutefois, l'échantillon récolté en mai 2013 a obtenu une concentration élevée (6,43 $\mu\text{g/L}$) qui correspond à la classe de qualité de l'eau « satisfaisante » (5,71-8,60 $\mu\text{g/L}$). Somme toute, la médiane des concentrations pour l'ensemble de la période d'échantillonnage était de 1,45 $\mu\text{g/L}$. Au cours de l'été, 89 % des concentrations de chlorophylle α ont respecté le critère de qualité de l'eau « bonne » ($\leq 5,70$ $\mu\text{g/L}$).

4.2.4 Phosphore total

Les concentrations de phosphore total pour la période de l'étude ont varié entre 0,015 et 0,063 mg/L (tableau 8). La concentration médiane de phosphore a été mesurée à 0,043 mg/L et correspond à la classe de qualité « satisfaisante » (0,031-0,050 mg/L). Toutefois, 56 % des échantillons ont enregistré une valeur supérieure à 0,03 mg/L, une concentration établie pour limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans un cours d'eau (OMOEE, 1994).

4.2.5 Matière en suspension

Les concentrations de matières en suspension ont varié entre 1 et 39 mg/L (tableau 8). La médiane pour l'ensemble de la période d'échantillonnage s'élevait à 8 mg/L. En se basant sur la courbe d'appréciation de Hébert, 1997, cette médiane correspond à la classe de qualité de l'eau « satisfaisante » (13 mg/L). Bien que ces

concentrations n'aient pas servi au calcul de l'indice final puisque d'autres facteurs discriminant présentaient de moins bon résultats, 33 % des données correspondent aux critères de qualité de l'eau des classes « mauvaise » (25-41 mg/L) à « très mauvaise » (≥ 41 mg/L).

4.2.6 Azote ammoniacal

Les concentrations d'azote ammoniacal ont varié entre 0,02 et 0,15 mg/L pour la période d'échantillonnage (tableau 8). La médiane de l'ensemble des échantillons a été calculée à 0,03 mg/L et correspond à la classe de qualité de l'eau « bonne » selon la courbe d'appréciation de Hébert, 1997.

Tableau 8. Concentrations mesurées pour chaque paramètre à la station Maizerets

Date	Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	Chlorophylle α ($\mu\text{g/L}$)	Azote ammoniacal (mg/L)	Nitrites et nitrates (mg/L)	Phosphore total (mg/L)	Matière en suspension (mg/L)	pH	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)
2013-05-13	3400	6,43	0,15	1,10	0,063	39	5,7	280
2013-06-10	200	1,13	0,02	1,40	0,015	2	8,4	588
2013-07-11	2800	1,37	0,03	1,10	0,043	5	8,4	502
2013-07-29	3900	0,45	0,03	0,77	0,047	9	8,0	334
2013-08-12	3600	1,45	0,02	0,69	0,033	8	7,4	518
2013-09-09	600	0,22	0,05	0,89	0,039	2	7,7	567
2013-10-15	220	1,72	0,03	0,75	0,030	1	8,1	557
2013-11-01	5000	4,86	0,08	1,30	0,160	74	7,2	167
2013-11-07	4300	3,88	0,13	0,93	0,076	32	7,4	212
Médiane	3400	1,45	0,03	0,93	0,043	8	7,7	502

4.2.7 Potentiel hydrogène (pH)

Les mesures de pH à la station Maizerets ont varié entre 5,7 et 8,4 (unité de pH). La médiane pour l'ensemble de la campagne d'échantillonnage a été calculée à 7,7 (tableau 8). Cette valeur médiane de pH respecte le critère établi pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique de l'eau (6,5 à 8,5) et celui de la protection de la vie aquatique pour les effets chroniques et aigus (MENV, 2002).

4.2.8 Conductivité électrique

Les valeurs de conductivité mesurées au cours de l'été 2013 ont varié entre 280 et 588 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tableau 8). La valeur médiane pour la période d'échantillonnage a été calculée à 502 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bien qu'aucun critère de la qualité pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique n'existe, la plage de variation habituelle d'un petit cours d'eau pour la conductivité varie entre 20 et 339 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Hébert et Légaré, 2000; MDDEP, 2011b) et 56 % des échantillons mesurés *in situ* sont supérieurs à cette plage de variation.

4.3 Résultats des analyses pour les stations Mélanie, Albert-Chrétien et Loyola-du-Moulin

Les concentrations de matières en suspension ont varié entre 2 et 15 mg/L (tableau 9). Bien qu'il n'existe aucun critère pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique de l'eau, 11 % des échantillons dépassent le critère de qualité « satisfaisante » (13 mg/L) fixé pour le calcul de l'IQBP₆. Somme toute, la médiane des concentrations de matière en suspension pour la période de l'étude respecte ce critère.

Les concentrations de coliformes totaux aux trois stations d'échantillonnage ont varié entre 1986 et 2420 UFC/100 ml (tableau 9). Il est important de noter que les valeurs des concentrations et de la médiane sont sous-estimées puisque 89 % des échantillons ont atteint la limite maximale de détection du test. Bien que les critères pour les activités récréatives et l'eau potable se concentrent davantage sur les coliformes fécaux, la présence de coliformes totaux dans l'eau indique la présence potentielle de contamination organique (CEAEQ, 2009). Toutefois, les normes et les recommandations microbiologiques et physico-chimiques de l'eau potable indiquent un seuil maximal de 10 UFC/100 ml pour les coliformes totaux (INSPQ, 2003).

Les concentrations d'*E. coli* mesurées ont varié de 172 à plus de 2420 UFC/100 ml (tableau 9). En utilisant la courbe de calibration des coliformes fécaux établie pour le calcul de l'IQBP₆, la concentration médiane des bactéries *E. coli* correspond à la classe de qualité de l'eau « douteuse » (1001-2000 UFC/100 ml). Toutefois, 33 % des échantillons présentent des concentrations correspondant aux classes de qualité « mauvaise » (2001-3500 UFC/100 ml). Comme les coliformes totaux, ces valeurs sont sous-estimées puisque quelques échantillons ont dépassé la limite de détection du test.

Tableau 9. Résultats des matières en suspension, des coliformes totaux et de la bactérie *E. coli* pour chaque station d'échantillonnage

Date	Station	Matière en suspension (mg/L)	Coliformes totaux (UFC/100 ml)	<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)
13-06-10	Mélanie	3	>2420	172
	Albert-Chrétien	3	>2420	201
	Loyola-du-Moulin	2	1986	150
13-07-11	Mélanie	6	>2420	>2420
	Albert-Chrétien	7	>2420	1986
	Loyola-du-Moulin	4	>2420	>2420
13-07-29	Mélanie	6	>2420	1203
	Albert-Chrétien	8	>2420	>2420
	Loyola-du-Moulin	15	>2420	1120
Médiane		6	2420	1203

5. Discussion

Les paramètres mesurés en novembre 2013 n'ont pas été retenus pour la détermination de l'indice final de la qualité de l'eau dans le bassin versant du

ruisseau du Moulin. Les concentrations présentées dans la section résultats le sont uniquement à titre comparatif et ont été exclues de notre analyse. L'indice final a uniquement été calculé pour la période estivale puisque c'est au cours de cette période que la composition physico-chimique et la qualité bactériologique de l'eau risquent d'affecter la vie aquatique (Hébert, 1997).

L'analyse des indices IQBP₆ indique que l'eau prélevée au terme de l'été 2013 s'avérait de mauvaise qualité. Les stations Cambrone et Maizerets, qui ont servi à l'analyse complète, présentent une qualité d'eau similaire pour la période d'étude. Ces stations ont obtenu respectivement un indice final de 30 et 28. La détermination de l'indice de chaque station a permis de cibler les coliformes fécaux et les nitrites et nitrates comme étant les principaux facteurs responsables de cette piètre qualité de l'eau.

Les concentrations de coliformes fécaux observées à l'été 2013 dépassaient les normes provinciales pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique de l'eau. D'ailleurs, 64 % des prélèvements ont présenté des concentrations au-dessus des valeurs de salubrité générale de l'eau utilisée par le ministère de l'Environnement du Québec (1000 UFC/100 ml). Il est important de rappeler que leur présence dans l'eau indique l'existence possible de micro-organismes pathogènes pouvant causer des troubles gastro-intestinaux.

Bien que les coliformes fécaux soient majoritairement responsables de la mauvaise qualité de l'eau, l'identification des sources de contamination n'a pu être établie. Néanmoins, il semble possible d'émettre quelques hypothèses concernant leur origine. Selon le MDDELCC (2014), les coliformes fécaux en milieu urbain proviennent habituellement des installations septiques, des branchements croisés, des débordements du réseau d'égout, du ruissellement urbain et des animaux

domestiques et sauvages. En milieu périurbain, certaines sources comme l'épandage de fumier, l'érosion et le lessivage des terres agricoles sont aussi susceptibles de contaminer les cours d'eau (Hébert et Légaré, 2000). Une étude récente portant sur la qualité des bandes riveraines du ruisseau du Moulin indique que près de la moitié des berges présentent d'importants signes d'érosion, et ce majoritairement en milieu agricole (CAGEQ, 2009). L'effet combiné du lessivage des terres agricoles et de l'érosion des bandes riveraines semble être une cause potentiellement responsable de la contamination du ruisseau. Il n'a pas été possible d'identifier avec certitude l'origine des coliformes, mais la zone agricole s'avère être une source possible de contamination par les coliformes fécaux. Néanmoins les concentrations des matières en suspensions et les faibles précipitations reçues au cours de la période d'échantillonnage ne semblent pas supporter les hypothèses du lessivage des terres par le ruissellement et de l'érosion des berges.

En 2000, un rapport de la Communauté urbaine de Québec (CUQ) avait démontré que plusieurs sources de contamination par des coliformes fécaux avaient été identifiées sur le ruisseau du Moulin (Martineau et Bonin, 2000). Une conduite pluviale (CPDM-01) en amont de la station Mélanie avait été identifiée comme source principale de contamination. De plus, plusieurs autres conduites pluviales et stations de prélèvements avaient aussi révélé de fortes concentrations en coliformes fécaux. À l'époque, le rapport faisait mention que plusieurs résidences dans l'arrondissement de Beauport étaient raccordées au réseau pluvial et que seulement quelques-unes avaient été corrigées. En 2001, la ville de Charlesbourg a également réalisé des correctifs au réseau d'égouts permettant d'éliminer les débordements dans les conduites pluviales se déversant ensuite dans le ruisseau du Moulin (Martineau et Bonin, 2001). Ces correctifs apportés entre 2000 et 2001 semblent avoir eu des effets notables sur la qualité de l'eau dans le ruisseau (Martineau et Bonin, 2000 ; 2001).

Les résultats des concentrations en coliformes fécaux mesurées au cours de l'été 2013 soulèvent que des problèmes de contamination par raccordement inversé ou illicite aux conduites pluviales ne semblent pas entièrement résolus. D'ailleurs, les données obtenues par le Service de l'environnement de la Ville de Québec indiquent que plusieurs raccordements ont été corrigés depuis 2005, mais qu'il en reste encore à faire. À cet égard, un montant accordé par la Ville de Québec en 2014 permet actuellement de corriger plusieurs mauvais raccordements identifiés depuis 2005 lors du programme de recherche des raccordements inversés. Plusieurs raccordements de résidences, de commerces, d'unité d'appartement et d'origine agricole font actuellement l'objet de travaux grâce à cette subvention.

La détermination de l'IQBP₆ a également permis d'identifier les nitrites et nitrates comme deuxième facteur le plus problématique pour la qualité de l'eau du ruisseau. Généralement, les nitrites et nitrates dans l'environnement proviennent des fertilisants agricoles synthétiques, de fumiers, des rejets sanitaires, des effluents industriels et municipaux ainsi que du lessivage des terres agricoles (Hébert et Légaré, 2000). Bien que ces substances se retrouvent naturellement en faible quantité dans l'eau sous forme d'azote, de fortes concentrations peuvent toutefois être toxiques pour la faune aquatique et provoquer des maladies telle la méthémoglobinémie chez les nouveau-nés (Hébert et Légaré, 2000).

Pour le ministère de l'Environnement du Québec, les rivières qui présentent les valeurs en nitrites et nitrates les plus élevées sont celles dont le bassin versant est principalement occupé par des terres agricoles. Comme le phosphore, la majorité des nitrites et nitrates seraient d'origine agricole et particulièrement lorsque les agriculteurs utilisent des engrais inorganiques composés de nitrates de potassium ou d'ammonium (MENV, 2000). Les déchets azotés des excréments d'origine humaine ont aussi été ciblés comme étant une source potentielle de contamination des cours d'eau (Environnement Canada, 2003). Comme pour les

coliformes fécaux, les sources précises des nitrites et nitrates n'ont pu être identifiées. Cependant, les résultats obtenus semblent s'orienter vers le milieu agricole et les mauvais raccordements des conduites pluviales.

Enfin, à la station Cambrone, les concentrations de phosphore et de matière en suspension ont également été un facteur discriminant. La concentration de matière en suspension enregistrée à la station Cambrone en mai 2013 semble particulièrement associée aux crues printanières. Lors de la fonte des neiges, une quantité considérable d'eau est libérée et ruissèle vers les cours d'eau entraînant avec elle de fines particules pouvant agir sur les concentrations de MES et sur la turbidité. Les terres agricoles, particulièrement dépourvues de couvert végétal à cette période deviennent des environnements propices à l'érosion et à l'augmentation de la charge sédimentaire vers les cours d'eau (Hébert et Légaré, 2000). Les fortes concentrations de phosphore observé en octobre 2013 semblent aussi être d'origine agricole ou urbaine. Les principales sources de phosphore sont normalement associées aux effluents municipaux et industriels, mais peuvent aussi provenir du lessivage et ruissellement des terres agricoles fertilisées (Hébert et Légaré, 2000). Encore, l'origine précise du phosphore n'a pu être identifiée avec succès.

6. Conclusion et recommandations

La détermination de l'indice IQBP₆ aux deux stations de prélèvements a permis de cibler les principaux facteurs responsables de la détérioration de la qualité de l'eau au ruisseau du Moulin. Cette étude a également permis de définir deux sources potentielles de contamination par les coliformes fécaux et par les nitrites et nitrates. Ces sources correspondent possiblement à la zone agricole et aux raccordements inversés des résidences ou commerces. La Ville de Québec est actuellement préoccupée par ces raccordements inversés et s'affaire à les corriger.

depuis 2005. Par contre, aucune donnée n'est actuellement disponible concernant l'apport de contaminants provenant des zones agricoles.

6.1 Suivi à long terme

Il est actuellement difficile de poser un diagnostic clair sur la qualité générale de l'eau au ruisseau du Moulin. Devant cette difficulté, il est recommandé d'établir un suivi à long terme afin de tracer un portrait de l'évolution temporelle de la qualité de l'eau. Dans cette optique, il serait intéressant d'échantillonner les stations Cambrone et Maizerets pendant 4 ans, une période minimalement requise pour être statistiquement significative (Hébert et Légaré, 2000). Il serait intéressant d'intégrer à ce suivi la mesure de quelques paramètres sur le régime hydrologique du ruisseau afin de pouvoir interpréter adéquatement les données de qualité de l'eau. Dans cette optique, il serait requis de poursuivre les efforts d'échantillonnage et d'ajouter un suivi mensuel des débits du ruisseau. L'ajout d'une station d'échantillonnage témoin en amont et d'une station supplémentaire en milieu agricole permettrait une meilleure caractérisation générale de la qualité de l'eau du ruisseau et aiderait à identifier les secteurs où la qualité est la plus problématique (Hébert et Légaré, 2000). L'ajout de deux stations supplémentaires fournirait un meilleur suivi à long terme. En outre, ces recommandations s'inscrivent dans les actions identifiées au plan directeur de l'eau (PDE) élaboré par l'OBV de la Capitale en concertation avec les acteurs du milieu. L'action 1Gb vise en effet la mise en place d'un programme de suivi de la qualité de l'eau au sein des bassins versants de la rivière Beauport et du ruisseau du Moulin.

6.2 Réduction des coliformes et des nitrites et nitrates

Devant l'incertitude concernant les sources de contamination, quelques actions peuvent toutefois être prises afin de réduire la quantité de coliformes fécaux et de nitrites et nitrates. Il est normalement préférable d'identifier les sources précises de contamination avant de poser des actions concrètes, mais l'état des berges du ruisseau permet toutefois de proposer certaines recommandations pouvant aider à réduire l'apport de ces contaminants.

La végétalisation des bandes riveraines en milieu agricole permettrait de réduire considérablement l'apport de contaminant vers le ruisseau, entre autres par la stabilisation des talus et par la captation des plantes. De plus, la végétalisation des bandes riveraines augmenterait considérablement la valeur écologique de ces écosystèmes. En plus de constituer une protection contre l'érosion, les bandes riveraines pourraient agir comme régulateur des cycles hydrologiques et constituer de nouveaux habitats pour la faune et la flore (Gagnon et Gangbazo, 2007). Le respect d'une largeur de bandes riveraines variant entre 10 et 15 mètres permettrait une meilleure rétention des sédiments, des nutriments et des contaminants, la stabilisation des berges et la protection contre l'érosion, la régularisation de la température de l'eau, la création d'habitats pour les communautés benthiques et piscicoles, le maintien de la biodiversité et la préservation de l'état naturel du ruisseau (MDDEFP, 2013).

De plus, quelques canaux de drainage agricole se déversant dans le ruisseau du Moulin ne semblent pas respecter la largeur minimale d'une bande riveraine de trois mètres. Selon la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* :

«La culture du sol à des fins d'exploitation agricole est permise à la condition de conserver une bande minimale de végétation de trois mètres dont la largeur est mesurée à partir de la ligne des hautes eaux [...]». (MDDEFP, 2013)

De plus, la stabilisation des canaux agricoles aurait aussi des bénéfices en période de crues pouvant réduire l'apport sédimentaire associé aux eaux de ruissellement lors de la fonte printanière. Ces recommandations favoriseraient une meilleure qualité de l'eau, mais permettraient d'améliorer la biodiversité du milieu.

6.3 Assainissement des installations agricoles et urbaines

La réduction de la contamination microbienne en milieu agricole passe aussi par la construction de structures d'entreposage du lisier et du fumier afin de minimiser les pertes directes vers les cours d'eau. Il serait intéressant de valider sur le terrain la présence d'installations agricoles non adéquates. Pour l'instant, l'assainissement des installations urbaines et les efforts de correction des branchements inversés faits par la Ville constituent déjà un effort considérable pour réduire l'apport des contaminants vers le ruisseau. Il sera intéressant de noter dans les prochains rapports si la qualité générale de l'eau du ruisseau tend à s'améliorer depuis les correctifs apportés aux conduites.

6.4 Amélioration récente

En 2012, un réaménagement et la création d'un marais intertidal à l'embouchure du ruisseau ont été effectués dans la baie de Beauport par le ministère des Transports du Québec (MTQ) en collaboration avec la firme Écogenie inc. Ces réaménagements ont permis de restaurer une partie du ruisseau en rendant l'aspect de son parcours plus naturel et en favorisant le développement d'herbiers aquatiques, herbacés et arbustifs. La présence d'un marais à l'embouchure du ruisseau assure aussi la filtration de l'eau avant qu'elle ne se décharge dans le fleuve Saint-Laurent. La végétation d'un marais intertidal à l'embouchure du ruisseau sert en outre à la rétention et la filtration des eaux de ruissellement et participe à la réduction des matières en suspension et d'autres contaminants.

7. Références

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), (2009). Méthode d'analyse, Recherche des coliformes totaux et d'*Escherichia coli* avec le milieu de culture Colilert® : méthode présence/absence. MA. 700 – Ecct. 1.0, Rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2009, 9 p. [En ligne]. [Http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA700Ecct10.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA700Ecct10.pdf), page consulté le 12 octobre 2014.

Corporation d'actions et de gestion environnementale de Québec. (CAGEQ), (2009). Caractérisation du ruisseau du Moulin. Conseil de quartier du Vieux-Moulin. Québec, 39 pages.

Environnement Canada (2003). Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique – ion nitrates. Bureau national des recommandations et des normes. Direction générale de la coordination et des politiques relatives à l'eau, 130 p.

Gagnon, E., et G. Gangbazo (2007). *Efficacité des bandes riveraines : analyse de la documentation scientifique et perspectives*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN : 978-2-550-49213-9, 17 p.

Hébert, S. (1997). *Développement d'un indice de qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq n° EN/970102, 20 pages + 4 annexes.

Hébert, S. et S. Légaré, (2000). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.

Hébert, S., et M. Ouellet, (2005). *Le Réseau-rivières ou le suivi de la qualité de l'eau des rivières du Québec*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 2-550-45831-1 (PDF), Envirodoq n° ENV/2005/0263, collection n°QE/169, 9 p.

Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ), (2003). Coliformes totaux, Fiches synthèses sur l'eau potable et de la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, 4 pages.

Martineau, O. ET R. Bonin, (2000). Qualité des eaux des rivières – Septembre 2000. Rapport présenté à la communauté urbaine de Québec, Service de l'environnement. Division de l'assainissement des eaux. Québec. 36 pages + annexes.

Martineau, O. ET R. Bonin, (2001). Qualité des eaux des rivières – Campagne 2001. Rapport présenté à la communauté urbaine de Québec, Service de l'environnement. Division de l'assainissement des eaux. Québec. 45 pages + annexes.

Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs du Québec (MDDEFP), (2013) Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, Direction des politiques de l'eau, 131 p.

Ministère de l'Environnement (MENV), (2000). Portrait global de la qualité des eaux du Québec. [En ligne]. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/sysimage/global/global2.htm> page consultée le 27 octobre 2014.

Ministère de l'Environnement (MENV), (2002). La qualité de l'eau et les usages récréatifs. Tiré de L'eau au Québec : une ressource à protéger. [En ligne]. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/recreative/qualite.htm>, page consultée le 10 octobre 2014.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2011a). Schéma de bouteilles modifié. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 1page.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2011b). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. [En ligne]. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/annexes.htm#conductivite, page consultée le 10 octobre 2014.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), (2014). Guide de gestion des eaux pluviales. [En ligne]. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm> page consultée le 27 octobre 2014.

Ontario Ministry of Environment and Energy (OMOEE), (1994). *Water Management. Policies, Guidelines, Provincial Water Quality Objectives of the Ministry of Environment and Energy*, Toronto, 32 pages.

Roche, (2011). Suivi de la qualité de l'eau (2005-2010) de la rivière du Cap Rouge. N/Réf. : 62171-100. 73 p.

ANNEXE 1

Protocole de numération du test Colilert

1. Ajouter le contenu d'un sachet (nutriment réactif) dans un prélèvement de 100 ml d'eau placé dans un récipient stérile.
2. Fermer le récipient et agiter jusqu'à dissolution du sachet.
3. Verser le mélange du prélèvement/réactif dans un plateau stérile Quanti-Tray et fermer hermétiquement dans un IDEXX Quanti-Tray Sealer.
4. Placer le plateau hermétiquement fermé dans un incubateur à $35 \pm 0,5$ °C pendant 24 heures.
5. Interpréter les résultats en se référant au tableau d'interprétation des résultats.
6. Compter le nombre de puits positifs du plateau Quanti-Tray et se référer au tableau fourni avec chaque plateau afin d'obtenir le chiffre le plus probable pour obtenir les concentrations.

ANNEXE 2

Protocole d'analyse des matières en suspension

1. Brasser les échantillons pendant deux minutes afin d'uniformiser l'eau prélevée.
2. Verser 25 ml d'eau distillée dans une cuvette d'analyse afin de prendre une mesure de référence.
3. Verser 25 ml d'eau dans une cuvette d'analyse et noter la valeur sur l'appareil.
4. Jeter l'échantillon mesuré.
5. Laver et sécher les cuvettes d'analyses.
6. Répéter les opérations 2 à 5 entre chaque mesure.

ANNEXE 3

Photos des stations d'échantillonnage



Figure 4 .Station Cambrone (0554002), 29 juillet 2013



Figure 5. Station Maizerets (0554001), 10 juin 2013



Figure 6. Station Mélanie, 10 juin 2013



Figure 7. Station Albert-Chrétien, 10 juin 2013



Figure 8. Station Loyola du Moulin, 10 juin 2013