

Programme d'échantillonnage intensif des eaux de ruissellement de 2019

dans le

bassin hydrographique de la baie de Shediac

Analyse et interprétation des résultats

Préparé par Robert N. Hughes

Service d'expert-conseil en sciences environnementales
Upper Kingsclear (Nouveau-Brunswick)

Novembre 2020

Table des matières

1. RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX ET CONTEXTE.....	4
Terminologie - Bactéries.....	4
2. DONNÉES DE SURVEILLANCE DES EAUX DE RUISSELLEMENT — APERÇU.....	5
Emplacements de surveillance et nombre d'échantillons.....	5
Précipitations.....	8
3. RÉSULTATS	9
Résultats aux emplacements SW	9
Bactéries.....	9
Autres paramètres chimiques	12
Résultats aux emplacements de surface	15
Résultats pour les BICF	16
Emplacements en bassin de drainage (CB).....	16
.....	17
Emplacements en surface herbeuse (GR).....	17
Emplacements de la lagune de la plage Parlee	18
Emplacements en aire de stationnement (PL)	20
Emplacements routiers (R)	21
Emplacements en toiture (RF)	23
Emplacements en ruisseau (STR)	24
.....	25
.....	26
Résultats pour les produits pharmaceutiques et les produits d'hygiène (PPPH).....	26
Caféine	31
Acide salicylique	31
Ibuprofène	33
Agents d'avivage optiques.....	33
4. CARTOGRAPHIE DES BASSINS HYDROGRAPHIQUES DES EAUX DE RUISSELLEMENT	36
Carte des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement	36
Caractéristiques des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement	37
Interprétation des données en tenant compte des bassins hydrographiques.....	41
Emplacements d'eaux de ruissellement.....	41
Emplacements en bassin de drainage	42
Emplacements en ruisseau.....	42
Résultats pour les PPPH	43
5. RÉSUMÉ DES RÉSULTATS.....	433
6. CONCLUSIONS	45
7. SECTEURS PRÉOCCUPANTS OU SUJETS DE PRÉOCCUPATION.....	466
8. RECOMMANDATIONS ET MESURES D'ATTÉNUATION	477
Impacts des eaux de ruissellement et qualité de l'eau.....	477
Gestion réglementaire	488
Planification et mesures à long terme.....	49
Utilisation de la cartographie détaillée des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement ..	49
9. RÉFÉRENCES	500
ANNEXE A : MÉTHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE DES BASSINS HYDROGRAPHIQUES DES EAUX DE RUISSELLEMENT	522

1. RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX ET CONTEXTE

Des travaux d'analyse de la qualité de l'eau dans le bassin hydrographique de la baie de Shediac sont en cours depuis plusieurs années. Le prélèvement d'échantillons dans plusieurs petits ruisseaux influencés par les eaux de ruissellement a révélé des charges de polluants parfois élevées dans ces cours d'eau et, plus particulièrement, des numérations élevées de bactéries *E. coli* et entérocoques. La source ou les sources de bactéries coliformes sont demeurées hypothétiques, comme les types d'échantillonnage et d'analyse employés jusqu'en 2019 n'ont pas permis de les identifier.

Des recommandations ont été formulées en 2019 (Hughes, 2019) concernant un échantillonnage supplémentaire, conçu spécialement en vue d'améliorer la compréhension des sources bactériennes ayant une incidence sur la qualité des eaux de ruissellement dans le bassin hydrographique de la baie de Shediac. L'échantillonnage a été réalisé à l'automne 2019, conformément à ce plan. Le présent rapport présente l'analyse et l'interprétation de ses résultats.

Le principal objectif des travaux résumés dans le présent rapport consistait à recueillir des renseignements supplémentaires pour aider le gouvernement du Nouveau-Brunswick à mieux comprendre les sources de bactéries fécales dans les eaux de ruissellement de la région de Shediac.

Plus précisément, les objectifs des travaux menés étaient les suivants :

1. interpréter les données de 2019 sur les eaux de ruissellement et en faire rapport (c.-à-d. programme d'échantillonnage des traceurs et emplacements SW habituels répartis dans tout le bassin hydrographique);
2. comparer les résultats avec les données des années antérieures, s'il y a lieu;
3. repérer les secteurs préoccupants ou les sujets de préoccupation dans le bassin hydrographique;
4. définir des recommandations et des mesures d'atténuation potentielles pouvant être mises en place par les autorités locales pour résoudre les sujets de préoccupation (c.-à-d. adopter un arrêté sur les eaux de ruissellement, des pratiques exemplaires de gestion ou des mesures à long terme qui pourraient être intégrées au futur plan de gestion du bassin hydrographique de la baie de Shediac, etc.).

Terminologie - Bactéries

Le présent rapport traite d'enjeux liés à la contamination bactérienne de l'eau, du sol et des sédiments. Diverses mesures normalisées de telles bactéries sont couramment utilisées, y compris les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *E. coli* et les entérocoques. Dans ce rapport, le terme *bactéries indicatrices de contamination fécale*, dont l'abréviation sera BICF, est utilisé comme appellation collective.

Autres acronymes ou abréviations employés dans le présent rapport :

DSPC	Dépistage des sources de pollution chimique
AFA	Agent fluorescent d'avivage
SSM	Suivi des sources microbiennes
AAO	Agent(s) d'avivage optique(s)
PPPH	Produits pharmaceutiques et produits d'hygiène
AQ/CQ	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité
ENT	Entérocoques

Codes d'identification des emplacements :

- SW Emplacement d'eaux de ruissellement. Des échantillons ont été prélevés à neuf emplacements dans le bassin hydrographique de Shediac
- CB Emplacement d'échantillonnage en bassin de drainage
- GR Emplacement d'échantillonnage en surface herbeuse
- PBPP Emplacement d'échantillonnage de la lagune de la plage Parlee
- PL Emplacement en aire de stationnement
- R Emplacement routier
- RF Emplacement en toiture
- STR Emplacement en ruisseau

2. DONNÉES DE SURVEILLANCE DES EAUX DE RUISSELLEMENT — APERÇU

Emplacements de surveillance et nombre d'échantillons

Les emplacements du réseau de surveillance sont répertoriés dans les deux figures ci-dessous.

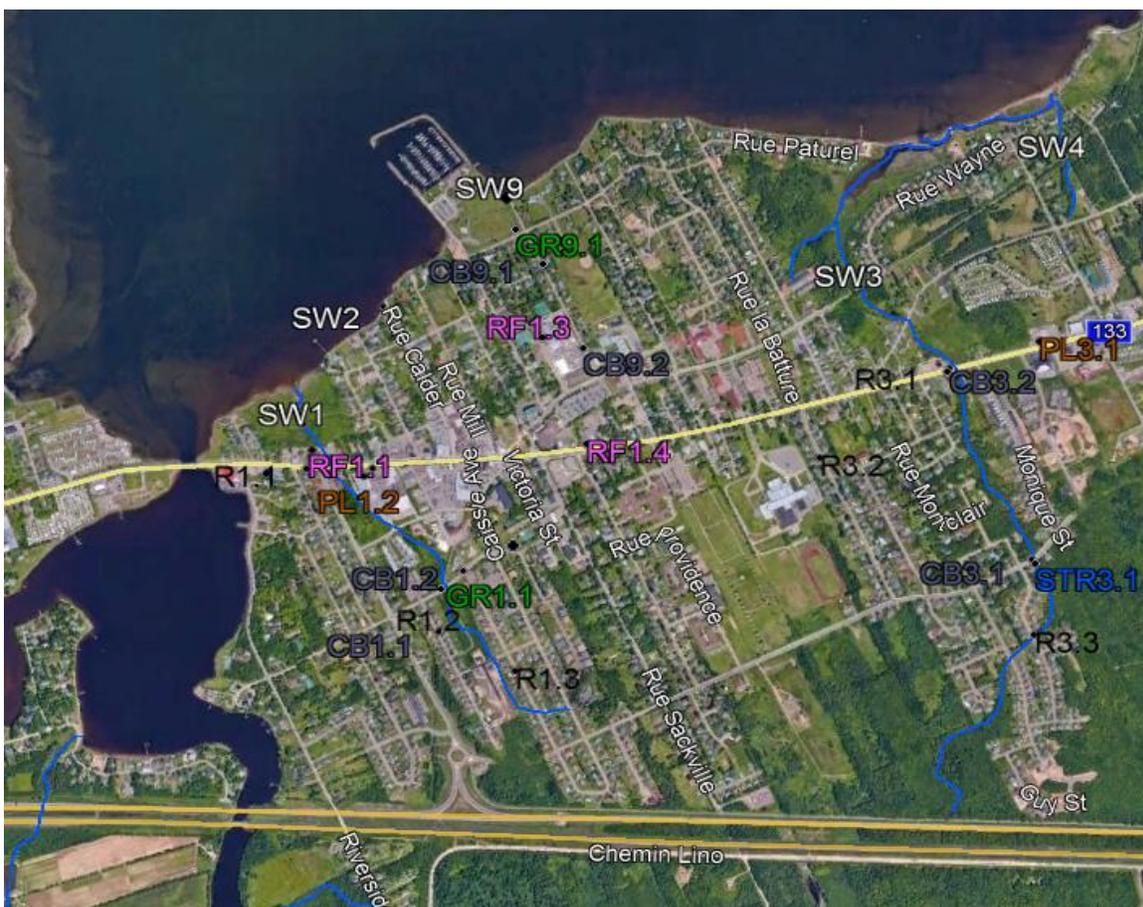


Figure 1. Emplacements de surveillance — Shediac-Ouest.

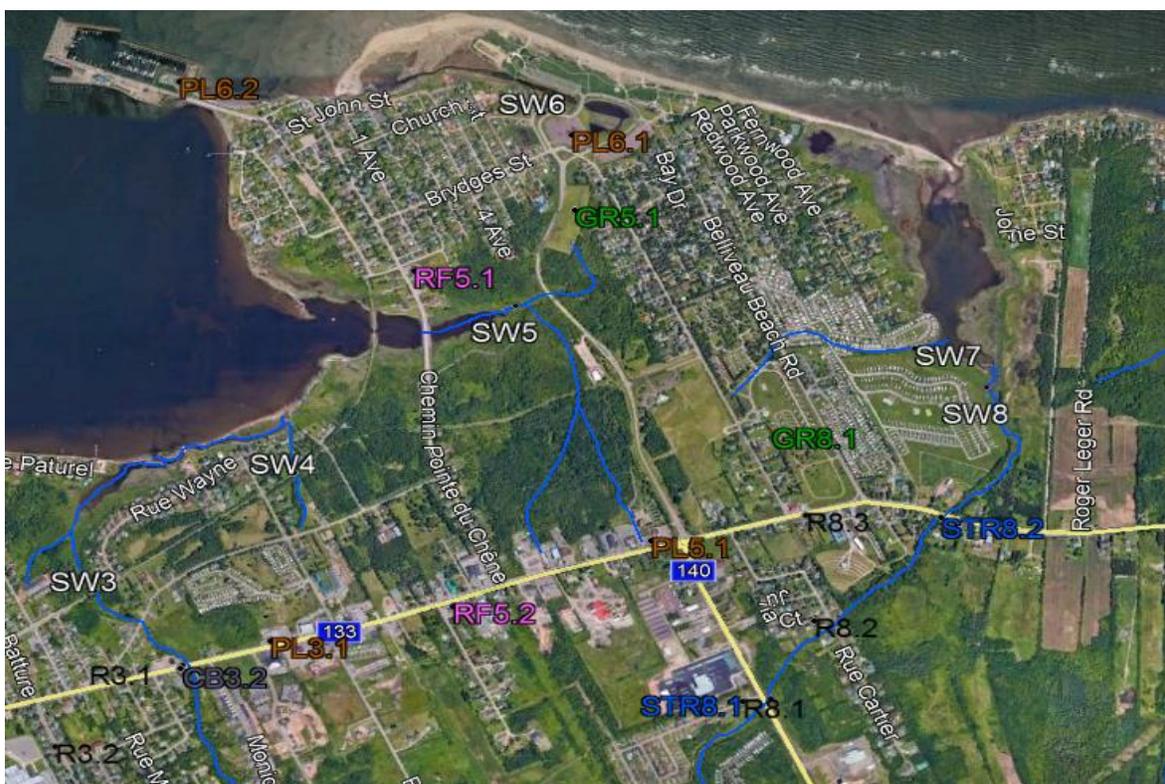


Figure 2. Emplacements de surveillance — Shédiac-Est.

Des échantillons ont été prélevés à 51 emplacements différents au total. Plus de 180 échantillons ont été prélevés. Le nombre d'échantillons et leurs dates sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Nombre d'échantillons et dates d'échantillonnage			
Type d'emplacement	Dates des échantillons (2019)	Nombre d'échantillons	Nombre d'emplacements
Réseau des emplacements d'eaux de ruissellement (SW)	12 juin, 19 juin, 15 juillet, 19 août, 25 sept, 8 oct., 18 oct., 23 oct., 24 oct.	63	9
Bassin de drainage (CB)	2 oct., 15 oct.	12	6
Surface herbeuse (GR)	24 sept., 17 oct., 23 oct.	12	4
Lagune de la plage Parlee (PBPP)	7 oct., 17 oct., 31 oct.	21	7
Aire de stationnement (PL)	24 sept., 7 oct., 17 oct.	17	6
Route (R)	24 sept., 7 oct., 17 oct.	27	9
Toiture (RF)	24 sept., 7 oct., 17 oct.	18	6
Ruisseau (STR)	8 oct., 17 oct., 23 oct.	12	4
Totaux		182	51
Remarque : Le nombre d'échantillons dans ce tableau a trait à l'échantillonnage lié à l'analyse des paramètres chimiques généraux et/ou des BICF.			

Le tableau ci-dessous répertorie les dates des échantillons pour les emplacements d'eaux de ruissellement (SW). Des échantillons sont prélevés à ces emplacements chaque année depuis 2017. Ces prélèvements ont eu lieu une fois par mois, à la majorité de ces emplacements, et deux échantillons par mois ont été prélevés en juin, août et octobre à tous les emplacements.

Dates des échantillons et types d'analyse pour les emplacements d'eaux de ruissellement (SW) (2019)									
Date de l'échantillon	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6	SW7	SW8	SW9
12 juin	2	2	2	2	2		2	2	2
19 juin						2			
15 juillet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19 août	2	2	2	2	2	2	2	2	2
25 sept.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8 oct.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18 oct.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23 oct.	1				1	1			1
24 oct.		1	1	1			1	1	

1= analyse des BICF uniquement; 2 = analyse des BICF et des paramètres chimiques généraux; en blanc = aucun échantillon

Le tableau ci-dessous répertorie le nombre d'échantillons dont le prélèvement était prévu dans le cadre de l'étude intensive par rapport à ceux qui ont été prélevés. D'une manière générale, tous les objectifs ont été atteints pour la majorité des catégories d'emplacements. Aucun objectif n'a été fixé pour les emplacements d'eaux de ruissellement (SW) préexistants pour les bactéries et pour les paramètres chimiques généraux, comme l'échantillonnage avait déjà été planifié pour ces emplacements en 2019. L'absence de prélèvement d'influents et d'effluents d'eaux usées à l'usine de traitement et les sept emplacements où des échantillons ont été prélevés à proximité de la lagune de la plage Parlee constituent les principaux écarts par rapport au plan d'échantillonnage intensif.

Nombre d'échantillons prévus par rapport au nombre d'échantillons recueillis [n]				
Type d'emplacement	Bactéries	PPPH	Agents d'avivage optiques	Facteurs chimiques
Route (R)	27 (3 secteurs) [27]		27 [27]	
Toiture (RF)	18 (2 secteurs) [18]		6 au total [6]	
Aire de stationnement (PL)	18 (2 secteurs) [17]		18 au total [18]	
Herbe (GR)	12 (4 secteurs) [12]		12 au total [12]	
Ruisseau (STR)	12 (2 secteurs) [12]	4 (2 secteurs) [4]	12 au total [12]	12 au total [0]
Bassin de drainage (CB)	12 (3 secteurs) [12]	3 (3 secteurs) [3]	12 au total [12]	
Eaux de ruissellement (SW)	- [63]	6 au total [5]	18 au total [23]	- [27]

Lagune de la plage Parlee (PBPP)	- [21]	- [7]	- [21]	[7]*
Influent d'eaux usées		4 [0]	8 [0]	
Effluent d'eaux usées		4 [0]	8 [0]	
Remarques : le terme « secteurs » désigne les différents sous-bassins hydrographiques de la zone de l'étude. PPPH = produits pharmaceutiques et produits d'hygiène; paramètres chimiques = analyse des ions majeurs et (facultativement) métaux traces. * = seulement MDT (matières dissoutes totales), salinité, pH et température. - indique l'absence d'un chiffre cible fixé pour l'étude des traceurs. Les cellules vides indiquent qu'aucun échantillon n'était requis pour l'étude intensive.				

Précipitations

Au total, des échantillons ont été recueillis aux fins d'analyse de paramètres chimiques ou des BICF à 14 dates différentes. Quand on recueille des échantillons d'eaux de ruissellement, on cherche, en général, à le faire pendant des précipitations ou peu de temps après afin de prélever les premières eaux de ruissellement qui contiennent habituellement les concentrations de contaminants les plus élevées.

Aucune donnée fiable sur les précipitations n'était disponible pour la zone de l'étude. À titre de référence, les données sur les précipitations disponibles aux deux stations pluviométriques les plus proches sont utilisées. Il s'agit de Bouctouche CDA, à 30 km au nord-ouest de Shediac, et de l'aéroport international de Moncton, à 16 km au sud-ouest. Dans le tableau ci-dessous, les précipitations totales sont indiquées à chacune d'elles pour la date des échantillons, ainsi que pour le jour précédent et le jour d'après la date des échantillons. Il convient également de noter que la journée utilisée pour calculer les précipitations à ces endroits n'est pas le jour civil habituel de 24 heures, mais la période de 24 heures prenant fin à 6 h et remontant au jour précédent, à la même heure. Par exemple, les données indiquées pour le 12 juin ont trait à la période du 12 juin à 6 h au 13 juin à 6 h.

Précipitations aux emplacements de surveillance proches aux dates ou à des dates proches de celles des échantillons		
Date	Bouctouche CDA (mm)	Aéroport international de Moncton (mm)
2019-06-11	9,2	5,2
2019-06-12	0	0,4
2019-06-13	14,8	19,2
2019-06-18	0	0
2019-06-19	0	0
2019-06-20	6,9	9,6
2019-06-21	38,4	43,2
2019-07-14	12,8	7,3
2019-07-15	16,6	3
2019-07-16	0,4	0,3
2019-08-18	11,9	9,9
2019-08-19	0	0,2

Précipitations aux emplacements de surveillance proches aux dates ou à des dates proches de celles des échantillons		
2019-08-20	0	0
2019-09-23	1,3	4,2
2019-09-24	38,3	40,7
2019-09-25	8,1	4,1
2019-09-26	0	0
01-10-2019	5,1	4,2
02-10-2019	0,9	0,7
03-10-2019	0	0
2019-10-06	0	0
2019-10-07	17,4	13,6
2019-10-08	0,8	1,1
2019-10-09	0	0
2019-10-16	0	0
2019-10-17	23,7	19,8
2019-10-18	4,5	8,2
2019-10-22	0	0
2019-10-23	20,3	0
2019-10-24	M	0
2019-10-25	M	0
2019-10-30	0	0,2
2019-10-31	16	12,9
2019-11-01	1,7	0,2

D'importantes précipitations ont eu lieu à l'un des emplacements de surveillance les plus proches ou aux deux à la majorité des dates des échantillons, mais pas à toutes. Il convient également de noter qu'une précipitation de 110-120 mm a eu lieu le 6-7 septembre dans la zone de l'étude à cause du passage de l'ouragan Dorian. Aucun échantillon n'a été recueilli à cette date.

3. RÉSULTATS

Résultats aux emplacements SW *Bactéries*

Les résultats pour les bactéries sont présentés dans les figures 3 à 5 pour tous les emplacements SW. Comme lors des saisons précédentes, les bactéries *E. coli* et entérocoques ont été détectées fréquemment à tous les emplacements. Les résultats ont eu tendance à être plus élevés aux emplacements 1, 2 et 6, et des valeurs généralement plus basses ont été observées aux emplacements 4 et 5.

Résultats pour les bactéries aux emplacements SW 1 à 3

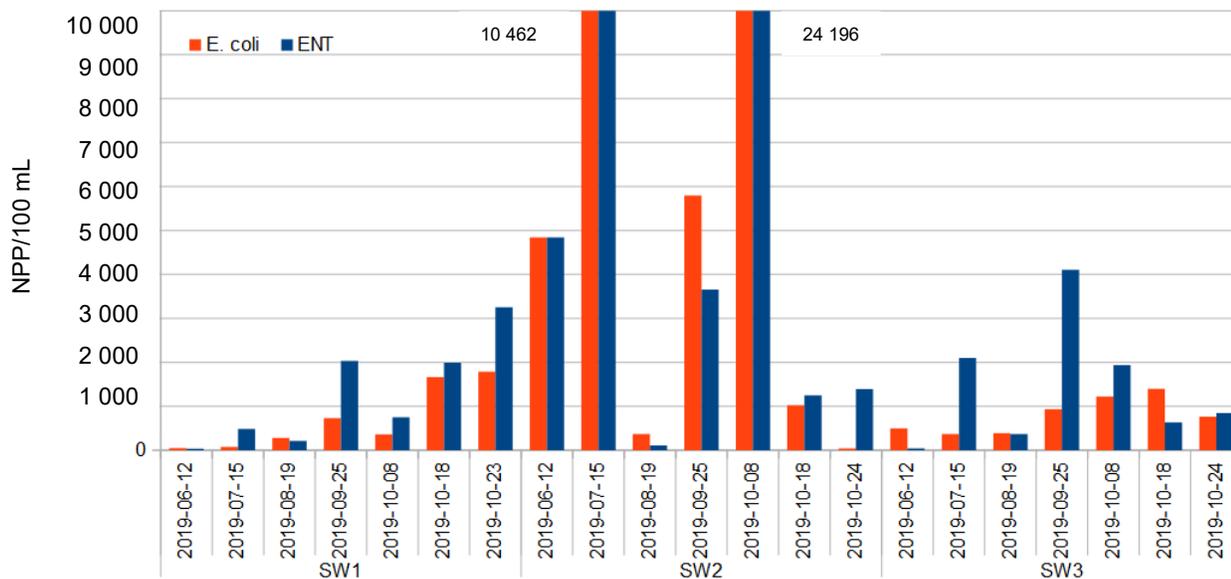


Figure 3. Résultats pour les bactéries aux emplacements SW 1 à 3.

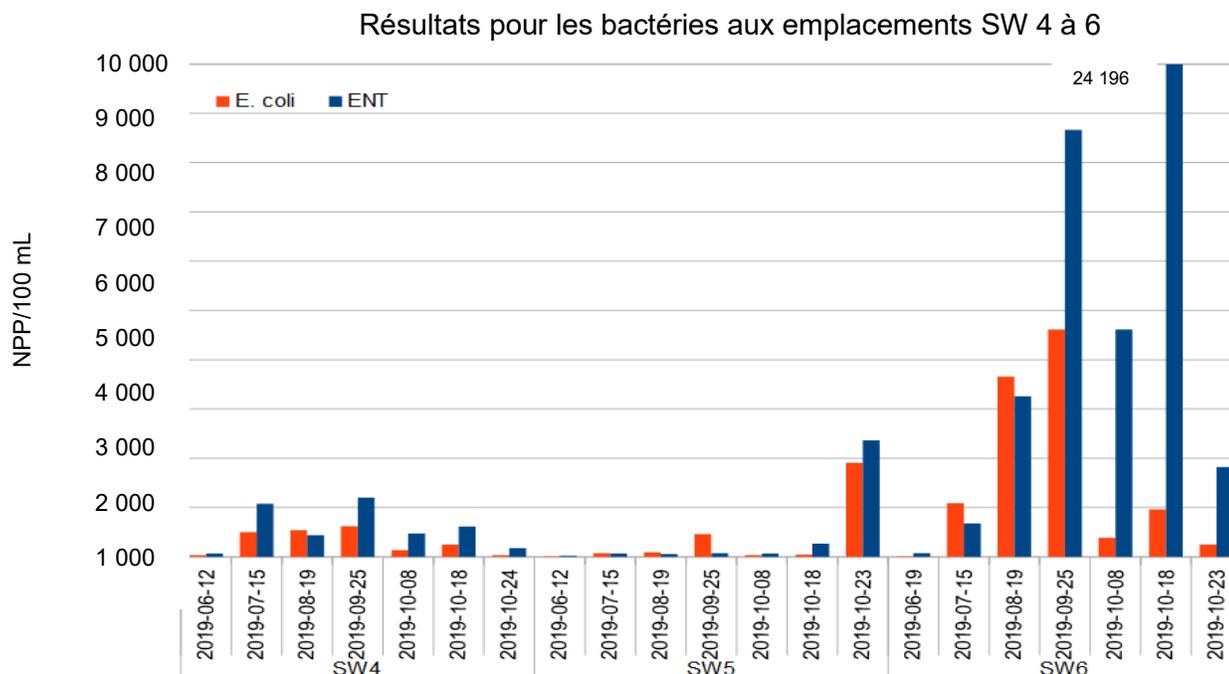


Figure 4. Résultats pour les bactéries aux emplacements SW 4 à 6.

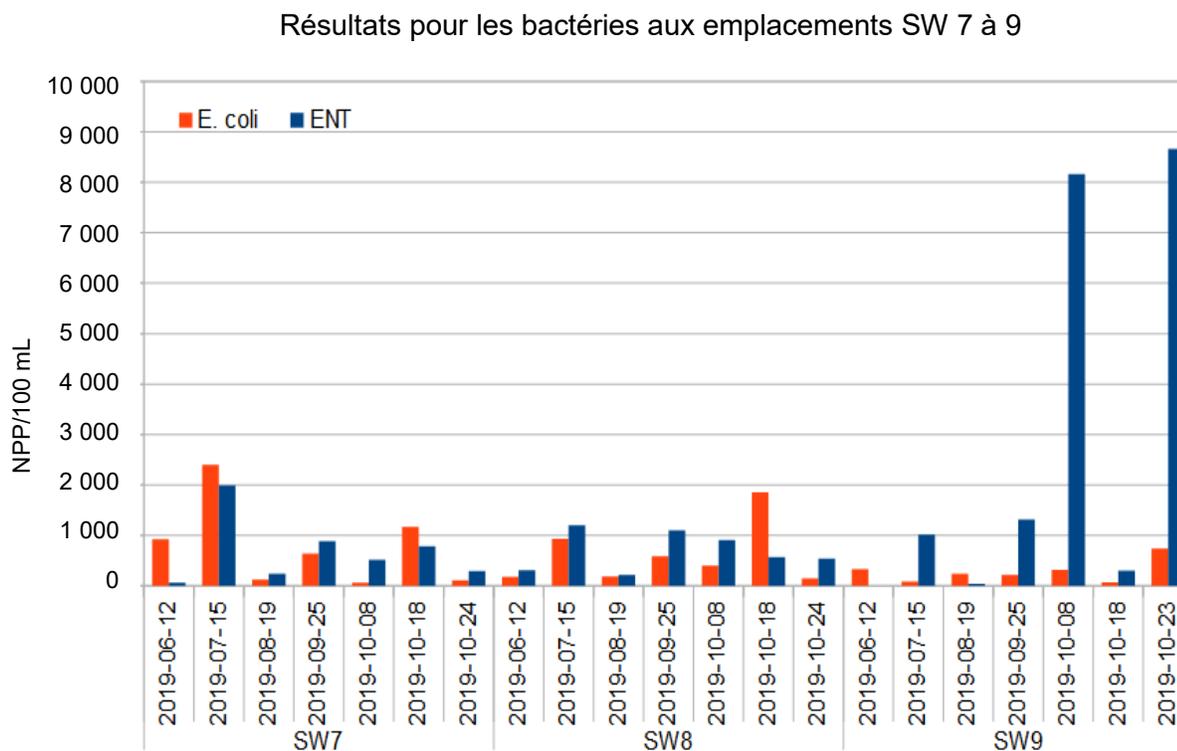


Figure 5. Résultats pour les bactéries aux emplacements SW 7 à 9.

Les statistiques sur le pourcentage d'échantillons dépassant les valeurs maximales des recommandations pour l'*E. coli* et les entérocoques sont indiquées dans le tableau ci-dessous, pour 2019, et pour les deux années précédant l'échantillonnage, à titre de comparaison. Les résultats obtenus en 2019 étaient très proches de ceux de 2017 et de 2018. Les données obtenues par Crandall Engineering pendant son étude de la lagune de la plage Parlee en 2018 sont également indiquées (Crandall Engineering, 2019). Les dépassements des valeurs maximales des recommandations pour les entérocoques ont continué à être constatés à une fréquence supérieure à celle constatée pour l'*E. coli*.

Pourcentage des échantillons d'eaux de ruissellement dépassant les valeurs maximales des recommandations pour les eaux de surface de 2017 à 2019 (emplacements SW)			
	<i>E. coli</i>	Entérocoques	Nombre d'échantillons
2017	37 %	77 %	43
2018	49 %	93 %	47
2019	49 %	84 %	63
Emplacements de la lagune de Crandall 2018	57 %	100 %	7
Recommandations : <i>E. coli</i> : valeur maximale dans un échantillon unique : 400 NPP/100 mL; entérocoques : 70 NPP/100 mL			

En 2019, la moyenne géométrique de tous les résultats obtenus pour l'*E. coli* aux neuf emplacements était 379 NPP/100 mL et, pour les entérocoques, 631 NPP/100 mL. Ces deux résultats dépassent les valeurs maximales dans les échantillons multiples des recommandations de Santé Canada (Santé Canada, 2012) pour la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives, soit 200 NPP/100 mL pour l'*E. coli* et 35 NPP/100 mL pour les entérocoques (moyenne géométrique). Il n'existe actuellement aucune ligne directrice acceptée au Nouveau-Brunswick pour la qualité des eaux de ruissellement en particulier. Les recommandations de Santé Canada citées ici sont souvent employées à titre de référence pour les résultats des BICF obtenus pour les eaux de surface, bien qu'elles s'appliquent en principe aux eaux à usage récréatif. Il est improbable que les petits ruisseaux où les échantillons ont été prélevés pour cette étude soient fréquemment utilisés à des fins récréatives. Néanmoins, le fait que ces cours d'eau se déversent à une distance relativement proche des eaux utilisées à des fins récréatives justifie l'utilisation des recommandations relatives à la qualité des eaux utilisées à ces fins pour évaluer les résultats.

Les résultats les plus élevés pour les BICF ont été constatés le 15 juillet et le 8 octobre à l'emplacement SW2, le 25 septembre à SW6 et les 8 et 23 octobre à SW9. Le 25 septembre, une précipitation d'environ 38 à 40 mm a eu lieu, tandis que les autres résultats élevés pour les BICF ont été obtenus à des jours où le total des précipitations a été compris entre 16 et 20 mm. Les résultats de 2019 ont continué de montrer que les valeurs de BICF les plus élevées dans les eaux de ruissellement correspondent à des précipitations quotidiennes > 10-15 mm.

Autres paramètres chimiques

Bien que les concentrations élevées de BICF dans le bassin hydrographique de la baie de Shediac et dans les eaux de baignade proches aient attiré particulièrement l'attention, ce qui a donné une impulsion à l'éventail de travaux de surveillance et d'évaluation réalisés ces dernières années, divers autres contaminants peuvent être une source de préoccupation dans les écoulements de surface et

les eaux de ruissellement. Les contaminants de ce type peuvent dégrader la qualité des eaux qui les reçoivent et sont notamment des éléments nutritifs, des solides en suspension, des hydrocarbures, le sel, des métaux et divers composés organiques s'échelonnant des pesticides aux produits pharmaceutiques (p. ex. Saskatchewan Water Security Agency, 2014).

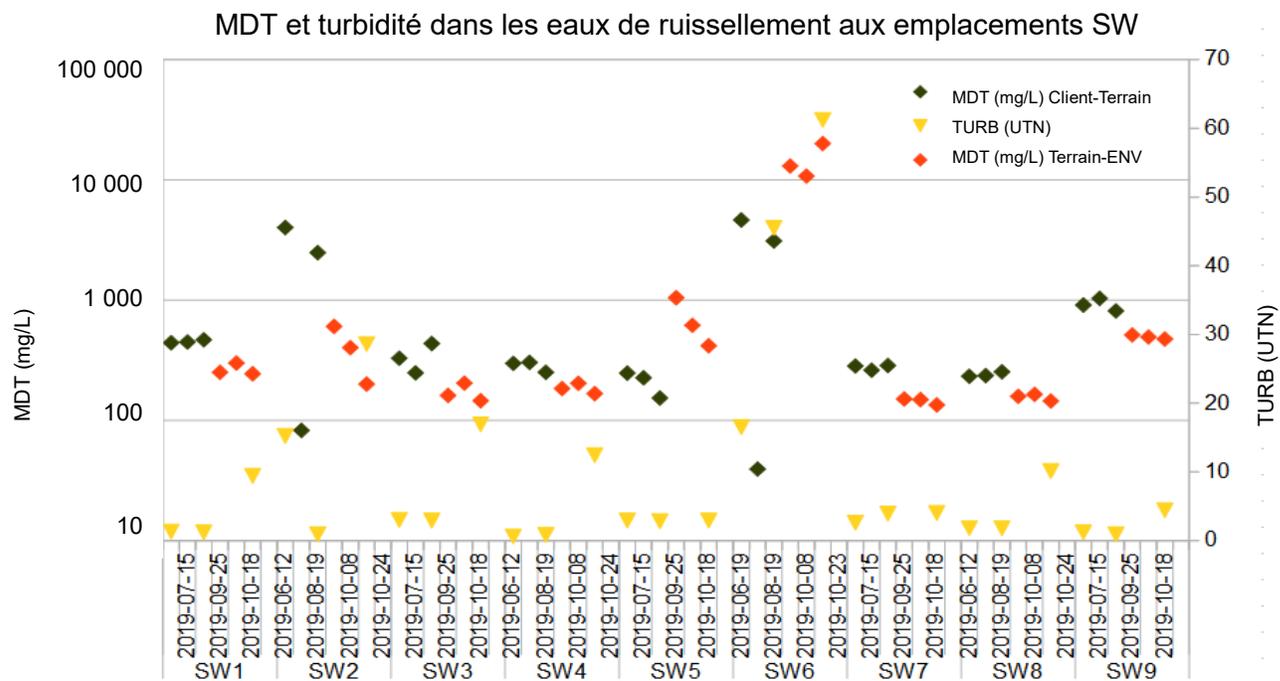


Figure 6. Turbidité et MDT aux emplacements SW.

La figure 6 montre les résultats des emplacements SW pour la turbidité et les matières dissoutes totales (MDT). La turbidité est une mesure de la clarté de l'eau qui varie selon la quantité de particules en suspension, tandis que les MDT correspondent à la teneur totale de l'eau en produits chimiques dissous. Les résultats les plus élevés pour les MDT sont ceux des emplacements SW2, SW6 et SW9. Des résultats relativement élevés en turbidité ont également eu lieu à l'emplacement SW6. Il est probablement significatif que tous ces emplacements soient des drains à tuyaux recevant directement les eaux de ruissellement en provenance des routes adjacentes. SW6 se déverse à proximité de la lagune de la plage Parlee et son bassin versant exact n'est pas connu avec certitude. Une teneur élevée en MDT n'est pas nécessairement un sujet d'inquiétude, mais cela dépend des particules qui la composent. Il est possible qu'à l'emplacement SW6, en raison de sa faible élévation et de sa vulnérabilité aux inondations, du sel marin résiduel en provenance des sols environnants contribue à la hausse des valeurs des MDT. En revanche, la turbidité élevée à l'emplacement SW6 pourrait également s'expliquer par l'influence de l'écoulement de la route ou de l'aire de stationnement.

Quant aux autres composants éventuels des particules qui pourraient être préoccupants, plusieurs métaux traces ont été relevés dans les eaux de ruissellement des revêtements routiers. Les sources connues des métaux de ce type sont les particules provenant de l'usure de plaquettes de frein et des pneus des véhicules. Cette matière particulaire se caractérise par sa teneur en fer, en baryum et en cuivre (freins) et en zinc, en plomb et en cuivre (pneus) (p. ex. McKenzie et autres, 2009). Les

figures 7 et 8 montrent les résultats des emplacements SW pour ces métaux.

La figure 7 apporte la preuve de la corrélation entre les résultats pour tous les métaux, en particulier entre le fer et le cuivre, qui sont les plus élevés aux emplacements 1, 2 et 6. Dans la figure 8, les valeurs les plus élevées pour le plomb et le zinc se trouvent dans les mêmes échantillons (SW1 et SW2), bien que le reste des résultats soit dispersé. SW1 est un ruisseau à découvert qui reçoit l'écoulement urbain et SW2 est un exutoire d'eau pluviale. Comme tous les emplacements SW sont affectés par les eaux de ruissellement en provenance des drains de rue, ils sont probablement tous exposés à l'usure des freins et des pneus, ce qui est conforme aux résultats indicateurs de la présence de métaux. En valeur absolue, l'examen des résultats pour diverses rivières du Nouveau-Brunswick indique que les résultats pour les métaux présents dans les eaux de ruissellement sont environ 3 à 10 fois plus élevés, dans cette étude, que ceux qui se constatent habituellement dans le cours inférieur de grandes rivières, comme la rivière Saint-Jean. Les résultats pour ces métaux sont beaucoup plus bas dans les petits affluents, où ils sont souvent indétectables (Portail de données sur la qualité des eaux de surface du Nouveau-Brunswick, 2020).

Ba, Cu et Fe dans les eaux de ruissellement aux emplacements SW (usure des pneus)

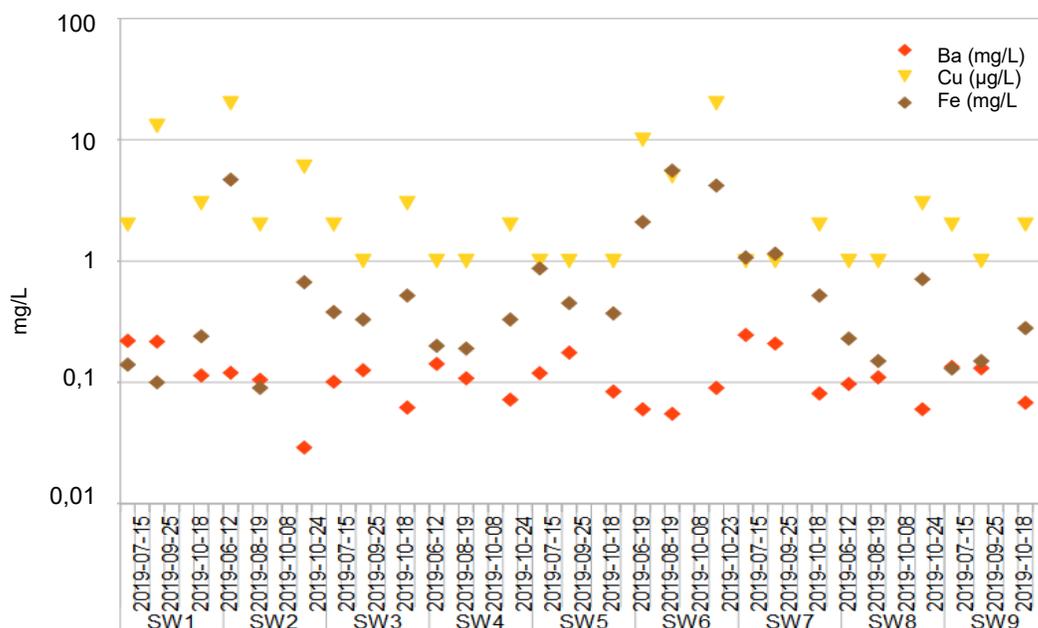


Figure 7. Baryum, cuivre et fer dans les eaux de ruissellement aux emplacements

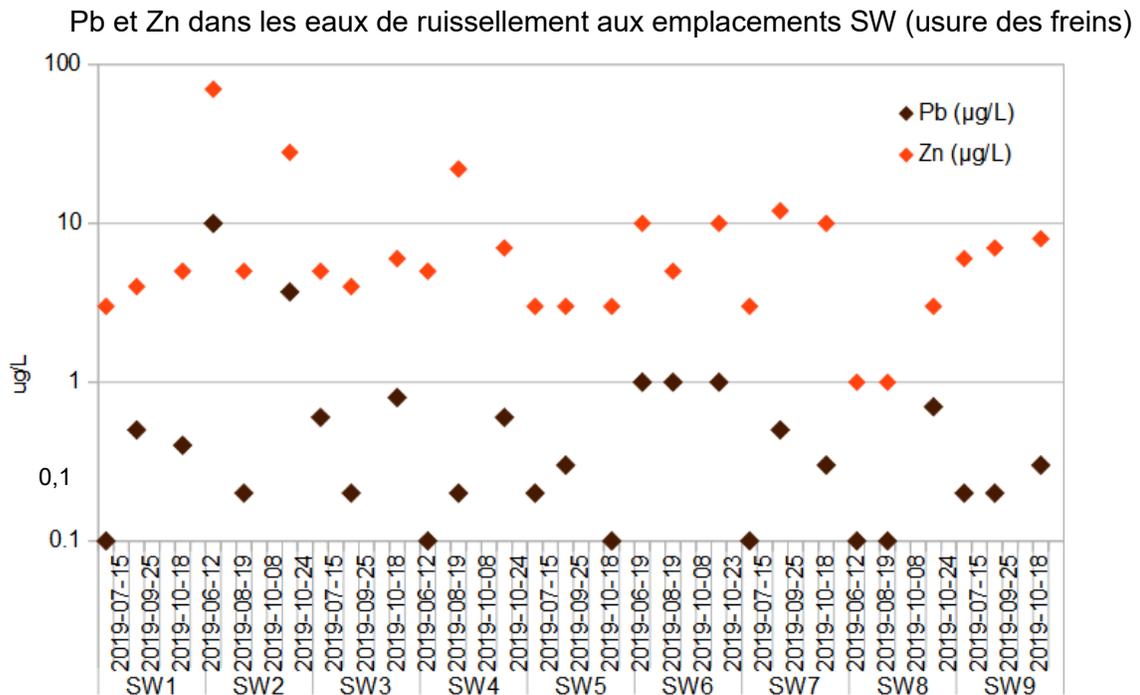


Figure 8. Plomb et zinc dans les eaux de ruissellement aux emplacements SW

Résultats aux emplacements de surface

Dans le cadre du plan d'échantillonnage des eaux de surface de 2019, des échantillons ont été recueillis à divers emplacements pour analyser le profil des BICF associées à plusieurs types de surfaces du sol dans le bassin hydrographique. Ces échantillons ont été prélevés entre le 24 septembre et le 23 octobre, comme cela a été détaillé dans les tableaux de la section précédente. Les échantillons ont été analysés pour y mesurer la présence de BICF et un sous-ensemble d'échantillons a également été analysé pour mesurer la présence d'agents d'avivage optiques et de PPPH.

Résultats pour les BICF

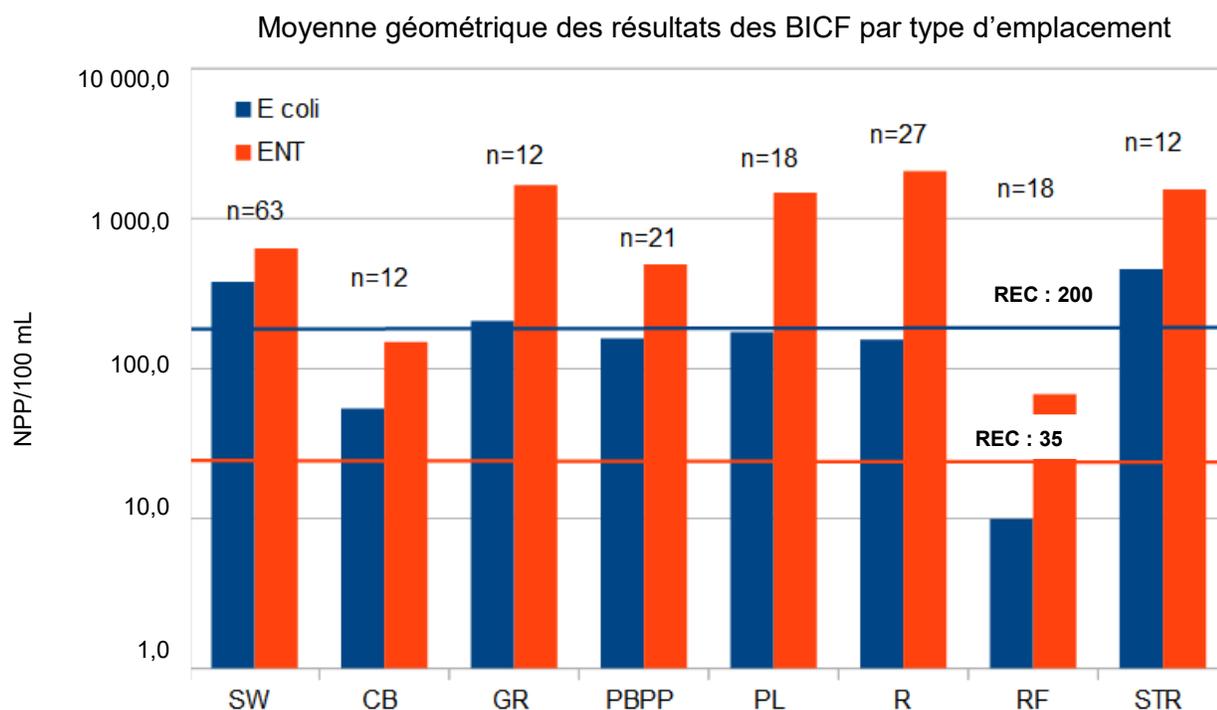


Figure 9. Moyenne géométrique pour les BICF par type d'emplacement.

Les valeurs des moyennes géométriques pour les BICF sont résumées pour chaque type d'emplacement à la figure 9. Veuillez prendre note de l'échelle logarithmique pour l'axe des Y. Le nombre d'échantillons (n) et les recommandations pour la qualité des eaux de surface aux fins récréatives sont indiqués pour les échantillons multiples. Les valeurs de la moyenne géométrique pour les BICF dépassaient la valeur maximale des recommandations relatives à l'*E. coli* aux emplacements SW, GR (herbe) et STR (cours d'eau) et se rapprochaient de la ligne directrice pour plusieurs autres catégories d'emplacements. Les moyennes étaient plus basses pour les emplacements CB (bassin de drainage) et RF (toiture). La valeur maximale dans les échantillons multiples de la recommandation relative aux entérocoques a été dépassée à tous les types d'emplacements.

Les résultats pour les emplacements SW sont résumés dans la section précédente. Les emplacements des ruisseaux ajoutés pour l'étude d'échantillonnage intensive sont d'autres emplacements du même type et il n'est donc pas surprenant que les résultats pour les emplacements STR soient semblables à ceux obtenus aux emplacements SW.

Emplacements en bassin de drainage (CB)

Des échantillons ont été prélevés à trois paires d'emplacements en bassin de drainage, à raison d'une paire d'emplacements dans chacun des sous-bassins hydrographiques associés à SW1, SW3 et SW9. Ces échantillons ont été prélevés à deux reprises dans les emplacements CB, le 2 octobre et le 15 octobre. Dans ces emplacements, il s'agissait de vérifier la présence et la persistance des BICF, entre les précipitations, dans le réseau d'égout pluvial. En revanche, 4 à 5 mm ont été enregistrés aux deux stations pluviométriques de référence le 1^{er} octobre et 2 à 4 mm le 15 octobre même, et les

résultats sont donc plus représentatifs de ce qu'on trouve pendant les précipitations ou 24 heures après.

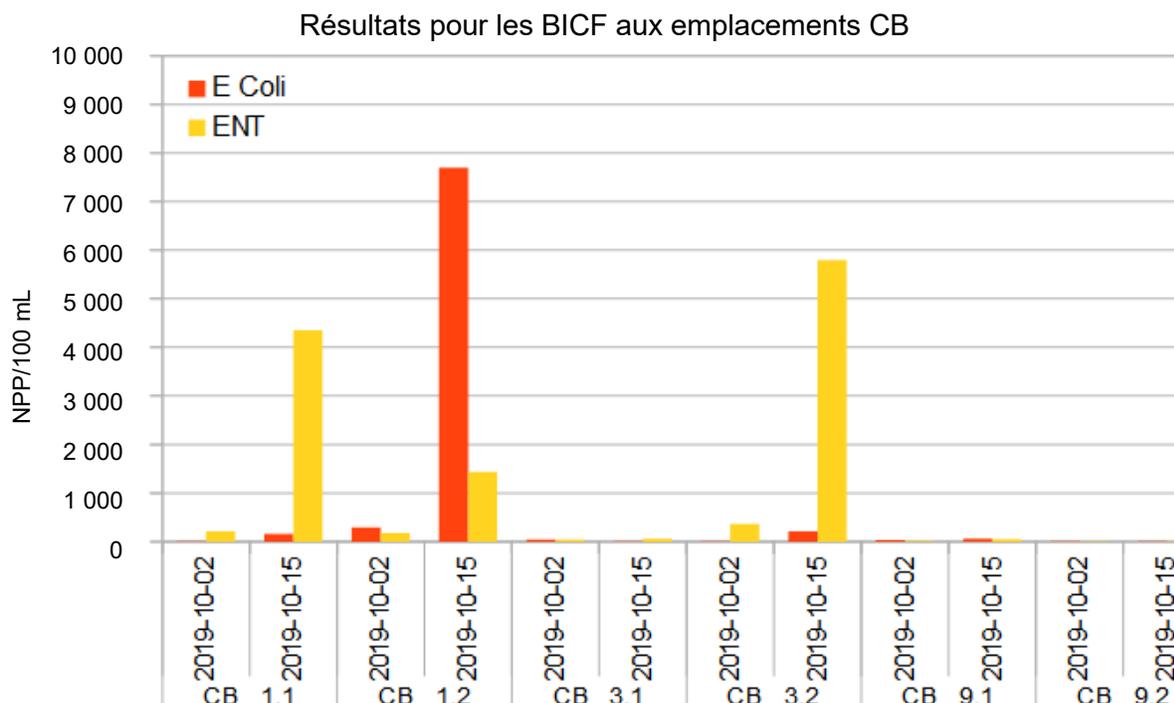


Figure 10. Résultats pour les BICF aux emplacements en bassin de drainage (CB).

Les résultats pour les BICF sont présentés dans la figure 10. Les BICF ont été détectées à tous les emplacements, mais avec des écarts considérables entre les emplacements. Les niveaux de BICF étaient plus élevés à l'emplacement CB 1.2, sur la rive nord-est du ruisseau Taits, surtout le 15 octobre. À cette date, les résultats ont été plus élevés à tous les emplacements, ce qui peut s'expliquer par la précipitation plus importante ce jour-là. L'emplacement CB1.2 se trouve à moins de 100 m et en contrebas d'un parc pour chiens situé rue Rachel, ce qui peut avoir eu une incidence sur ces résultats. Les résultats à l'emplacement CB3.2 (rue Main) ont été plus élevés que ceux de l'emplacement CB3.1 (rue suburbaine plus petite). Cela pourrait s'expliquer par la plus grande étendue de surfaces asphaltées adjacentes à l'emplacement CB3.2 et indiquer une plus forte influence des sources locales de BICF dans le voisinage de l'emplacement CB3.2. En revanche, d'autres facteurs sont peut-être entrés également en jeu, comme la nature des canalisations souterraines des eaux de ruissellement, leur âge et la présence ou l'absence de biofilms.

Les niveaux de BICF ont été bas aux emplacements CB9.1 et CB9.2, rue Brown, aux deux dates d'échantillonnage. CB9.1 est en aval de CB9.2, dans le même réseau de drainage, et on pourrait s'attendre à des niveaux de BICF supérieurs à cet emplacement, ce qui a bien été le cas, mais en présentant une légère différence.

Emplacements en surface herbeuse (GR)

Les emplacements en surface herbeuse étaient au nombre de quatre, à raison d'un dans chacun des sous-bassins hydrographiques associés aux emplacements SW1, SW5, SW8 et SW9. Les emplacements GR1.1 et GR9.1 peuvent être repérés dans la figure 1 et les emplacements GR5.1 et 8.1 dans la figure 2. Des échantillons ont été prélevés trois fois à chacun d'eux, le 24 septembre et les

17 et 23 octobre. Leurs résultats sont résumés graphiquement dans la figure 11.

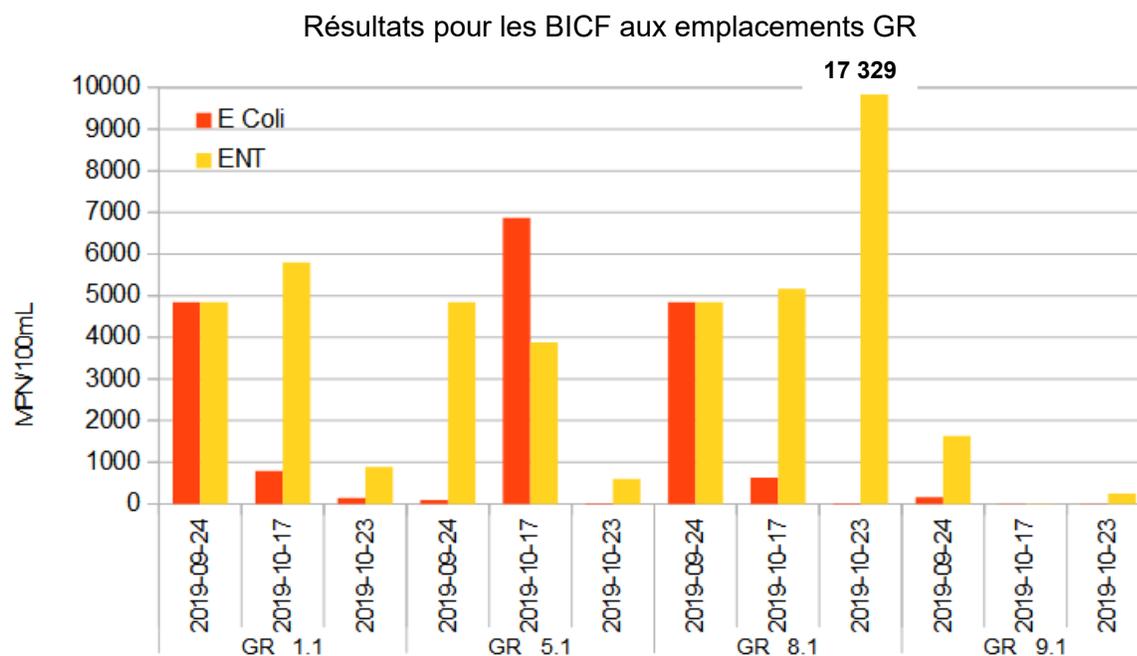


Figure 11. Résultats pour les BICF aux emplacements en surface herbeuse (GR).

Tous les résultats des échantillons ont indiqué la présence de BICF à ces emplacements. D'importantes précipitations (> 20 mm) ont eu lieu à chacune de leurs dates. À chaque emplacement, l'échantillonnage a été réalisé dans des rigoles de drainage ou à des points bas, où l'eau séjournait sur la surface. Tous les emplacements sont adjacents à des secteurs où l'herbe est tondue et courte. Les résultats des BICF à l'emplacement GR9.1 ont été plus bas à chaque fois. Les emplacements 1.1, 8.1 et 9.1 sont tous associés à de petits parcs comportant des sentiers pédestres, tandis que l'emplacement 5.1 est une grande superficie d'herbe tondue, à côté du chemin de la plage Parlee et sans utilisation évidente à des fins récréatives. On pourrait s'attendre à des promenades de chiens aux emplacements 1, 8 et 9, mais les résultats pour les BICF étaient plus élevés à l'emplacement 5 qu'à l'emplacement 9. L'emplacement 1 est proche d'un parc pour chiens. Sans avoir davantage de détails sur les activités qui ont lieu à proximité de ces emplacements, il est impossible de parvenir à des conclusions définitives au sujet des sources de BICF qui contribuent à ces résultats. En revanche, comme il est impossible que le circuit d'eaux usées ait influé sur les résultats, d'autres sources doivent en être responsables. Il s'agirait de la faune (oiseaux, rongeurs et autres mammifères) et d'animaux domestiques.

D'autres recherches ont démontré que l'herbe est un excellent substrat pour la croissance et la subsistance des BICF. Par exemple, Tomasko (2016) a constaté que des concentrations élevées de BICF persistent pendant au moins 30 jours quand les excréments de chiens sont mélangés à l'herbe coupée.

Emplacements de la lagune de la plage Parlee

Des échantillons ont été recueillis à sept endroits autour de la lagune de la plage Parlee, où différentes conduites se déversent dans la lagune. Les emplacements des échantillons sont indiqués à la figure 12. Veuillez noter que PPPB 2 se trouve dans la même rigole où des échantillons sont

prélevés au titre de l'emplacement SW6. Ces drains ont été également étudiés par Crandall Engineering, dans le cadre de son analyse de la lagune en 2018 (Crandall Engineering, 2019). Le système de numérotation employé par Crandall dans son étude a été conservé en 2019 pour les emplacements d'échantillonnage de la présente étude. Crandall (2019) a constaté que les conduites qui se déversent aux emplacements PPPB 3, 4, 5, 7 et 8 transportent toutes de l'eau qui s'écoule d'aires de stationnement adjacentes dans la lagune. PBPP1 est un ponceau qui relie la lagune à son canal de décharge vers la baie de Shediac. PPPB 2 est la même rigole de drainage où des échantillons sont prélevés au titre de l'emplacement SW6 et ses échantillons ont été prélevés à une courte distance de l'emplacement NE de Crandall. Une station de relèvement des eaux usées dont le déversoir se déchargeait dans la lagune se trouvait à son extrémité est, mais elle a été supprimée.



Figure 12. Emplacements d'échantillonnage autour de la lagune de la plage Parlee.

Les résultats pour les BICF sont présentés à la figure 13. Des échantillons ont été prélevés trois fois à chacun de ces emplacements, les 7, 17 et 31 octobre. Les précipitations ont été supérieures à 10 mm à chacune de ces dates et, le 17 octobre, à 20 mm.

Les résultats de la majorité des échantillons ont indiqué la présence de BICF, les valeurs les plus élevées étant à l'emplacement 4. L'emplacement 4 reçoit l'écoulement d'une grande aire de stationnement adjacente, mais c'est également le cas de l'emplacement 5. Les activités récréatives abondent partout aux alentours des emplacements d'échantillonnage, ainsi que, probablement, d'abondantes sources fauniques de BICF (surtout des oiseaux), étant donné la proximité du front océanique. Dans son rapport, Crandall Engineering a recommandé une étude détaillée des eaux de ruissellement transportées par toutes les conduites qui se déversent dans la lagune, y compris une inspection vidéo et des essais à la fumée. Les détails semblent inexistantes au sujet de l'origine de l'eau qui se déverse dans la rigole de l'emplacement d'échantillonnage SW6, qui semble reliée par une courte conduite souterraine à l'emplacement 2 de l'étude de Crandall.

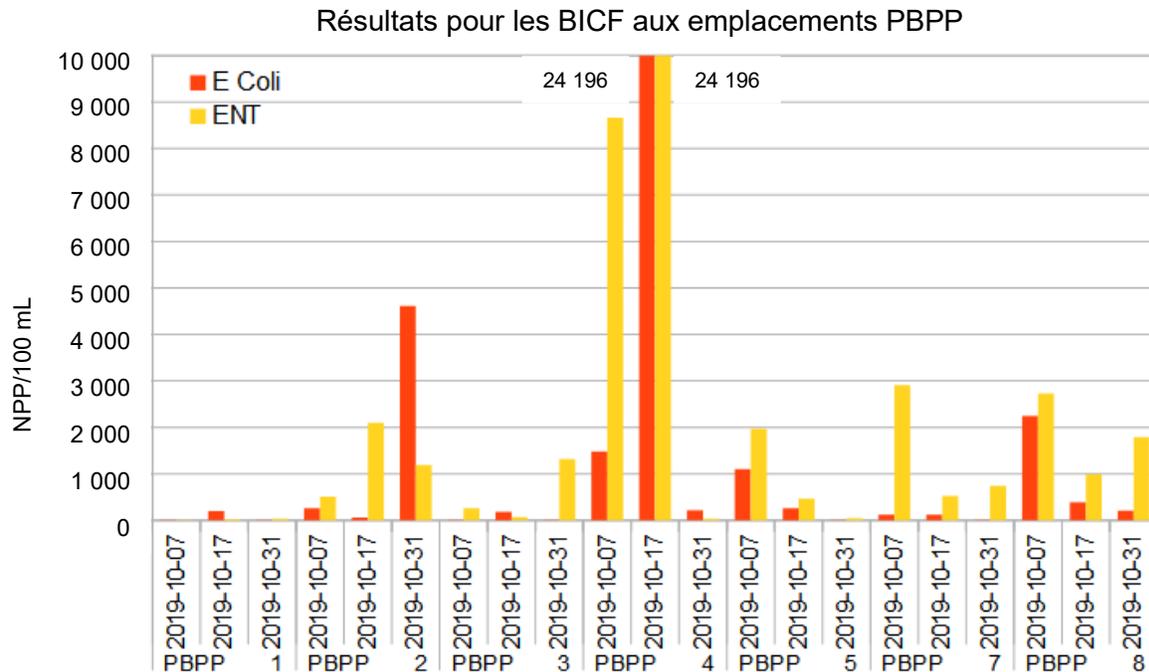


Figure 13. Résultats pour les BICF aux emplacements d'échantillonnage de la lagune de la plage Parlee.

Emplacements en aire de stationnement (PL)

Les emplacements d'échantillonnage en aire de stationnement étaient au nombre de six dans cette étude, dans les sous-bassins hydrographiques 1, 3, 5 et 6, comme le montrent les figures 1 et 2. Des échantillons ont été prélevés trois fois à ces emplacements, le 24 septembre et les 7 et 17 octobre. Les résultats pour les BICF sont résumés à la figure 14.

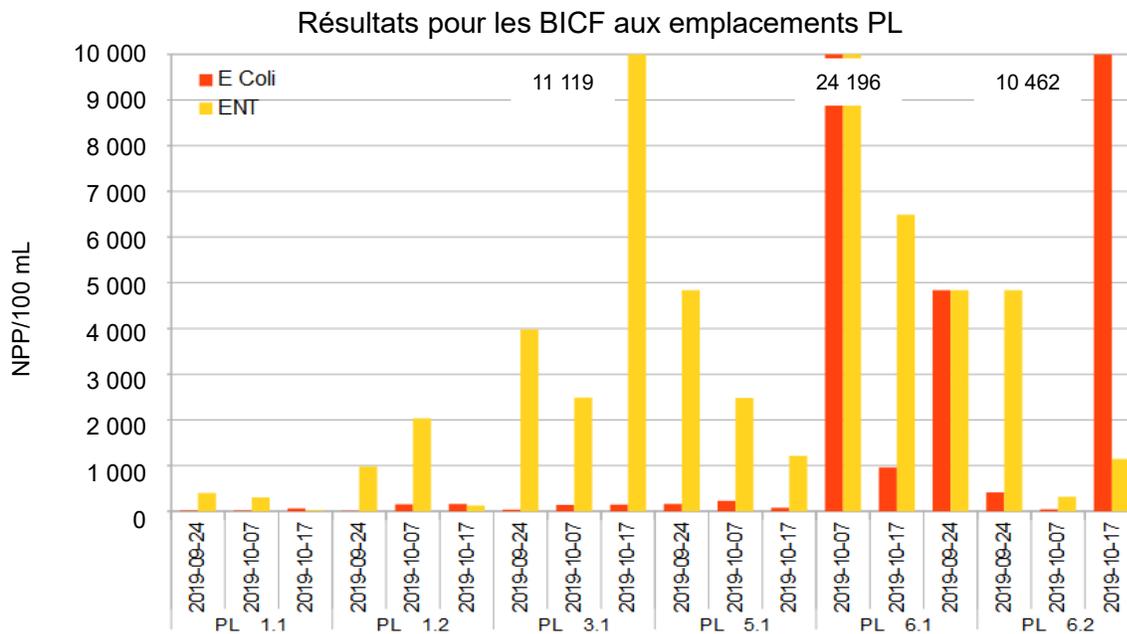


Figure 14. Résultats pour les BICF aux emplacements en aire de stationnement (PL).

Des BICF ont été détectées à toutes les dates et à tous les emplacements d'échantillonnage, bien que les résultats étaient variables, les valeurs les plus élevées étant aux emplacements 3.1, 5.1, 7.1 et 6.2. Les valeurs des résultats étaient plus basses aux emplacements 1.1 et 1.2. Les valeurs étaient particulièrement élevées aux emplacements 3.1 et 5.1 pour les entérocoques, tandis que des résultats élevés pour l'*E. coli* ont été constatés aux emplacements 6.1 et 6.2. Ces deux derniers emplacements sont proches de l'océan : 6.1 est l'aire de stationnement du quai de la Pointe-du-Chêne et 6.2 est la principale aire de stationnement de la plage Parlee elle-même. On peut s'attendre à l'influence des nombreux oiseaux de mer à ces emplacements. Veuillez noter également que l'écoulement de PL6.1 aboutit à l'emplacement PPPB 4, où les résultats pour les BICF sont les plus élevés de tous les emplacements d'échantillonnage situés autour de la lagune. L'emplacement 3.1 est l'aire de stationnement du Tim Hortons de la rue Main. On ignore pourquoi les résultats sont beaucoup plus élevés pour les entérocoques que pour les coliformes, mais un profil de résultats très semblable a également été constaté à l'emplacement 5.1, une aire de stationnement Ultramar qui se trouve également sur la rue Main.

Comme pour les emplacements d'échantillonnage herbeux, il est impossible que les eaux usées de source humaine aient une incidence sur les emplacements PL et il faut donc envisager d'autres sources, vraisemblablement les animaux sauvages, à nouveau, plus les animaux domestiques.

Emplacements routiers (R)

Les emplacements routiers étaient au nombre de neuf dans cette étude et des échantillons ont été prélevés trois fois dans chacun d'eux, le 24 septembre et les 7 et 17 octobre. Les résultats des emplacements routiers sont résumés à la figure 15. Les emplacements routiers se trouvaient dans les sous-bassins hydrographiques 1, 3 et 8.

Résultats pour les BICF aux emplacements R

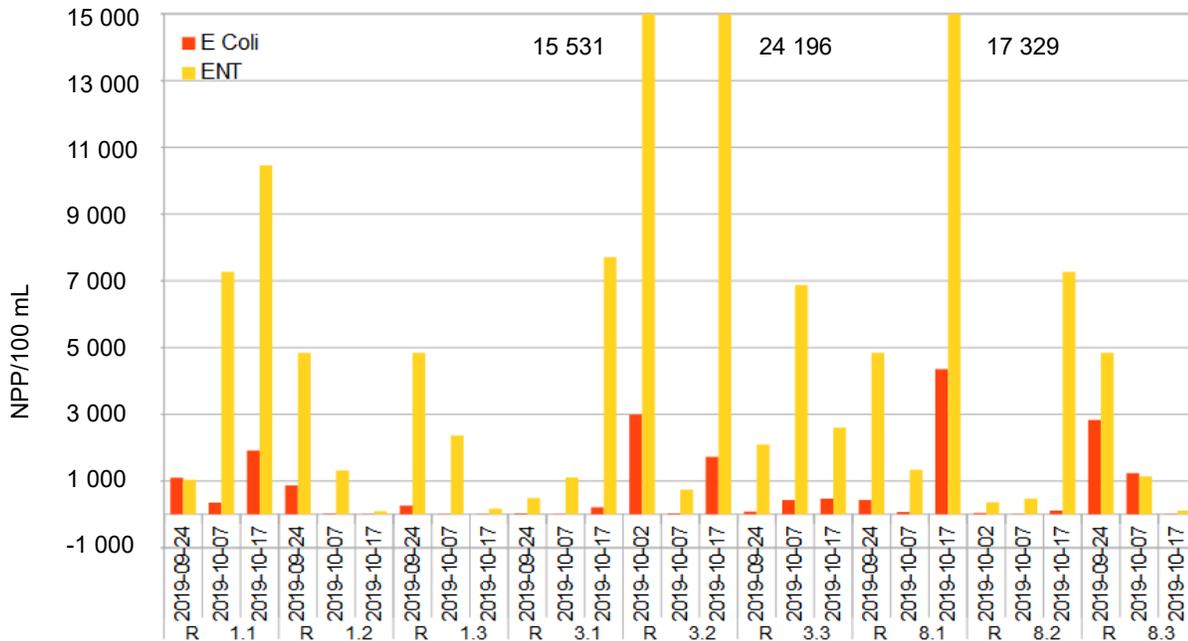


Figure 15. Résultats pour les BICF aux emplacements routiers (R).

Les résultats étaient similaires à ceux des emplacements en aire de stationnement, les valeurs étant relativement plus basses pour l'*E. coli*, mais fréquemment élevées pour les entérocoques. Certains emplacements se trouvaient sur des routes principales (1.1, 3.1, 8.3) et d'autres sur des routes suburbaines (1.2, 1.3, 3.2, 3.3, 8.1, 8.2). Aucune tendance ne lie clairement les différences entre les résultats pour les BICF à ces deux types de routes. Les résultats étaient plus élevés pour les coliformes aux emplacements 1.1, 3.2 et 8.3. Les emplacements 1.1 et 8.3 se trouvent aux extrémités opposées de la rue Main, alors que l'emplacement 3.2 se trouve dans une zone à la circulation beaucoup moins importante, rue Alphonse, en banlieue.

Tous les emplacements aux résultats plus élevés pour l'*E. coli* sont des routes bordées par des allées piétonnes, tandis que les emplacements 1.2, 1.3 et 8.2, où les résultats étaient les plus bas pour les coliformes, en sont dépourvus. Comme les allées piétonnes se prêtent au dépôt d'excréments d'animaux familiers, cela peut expliquer ces différences, mais comme le nombre total d'échantillons est peu important, cela doit demeurer à l'état d'hypothèse. Comme pour les emplacements herbeux et en aire de stationnement, il est impossible que les eaux usées soient responsables de la présence de BICF indiquée par ces résultats et d'autres sources doivent donc en être responsables. Les animaux sauvages et domestiques en sont probablement, à nouveau, les sources.

Bien que la précipitation la plus importante pendant ces trois dates d'échantillonnage ait eu lieu le 24 septembre, les résultats pour les BICF n'ont pas été uniformément plus élevés à cette date.

Emplacements en toiture (RF)

Les emplacements en toiture étaient au nombre de six dans cette étude, à raison de quatre dans le sous-bassin hydrographique 1 et de deux dans le sous-bassin hydrographique 5. Des échantillons ont été prélevés trois fois à chacun d'eux, le 24 septembre et les 7 et 17 octobre. Les toits ne peuvent pas subir l'influence des eaux usées et sont également séparés physiquement des autres sources de BICF potentielles qui sont actives au niveau du sol, comme les déchets d'animaux familiers, et une certaine activité de la faune, à l'exception importante des oiseaux. Les résultats sont indiqués à la figure 16.

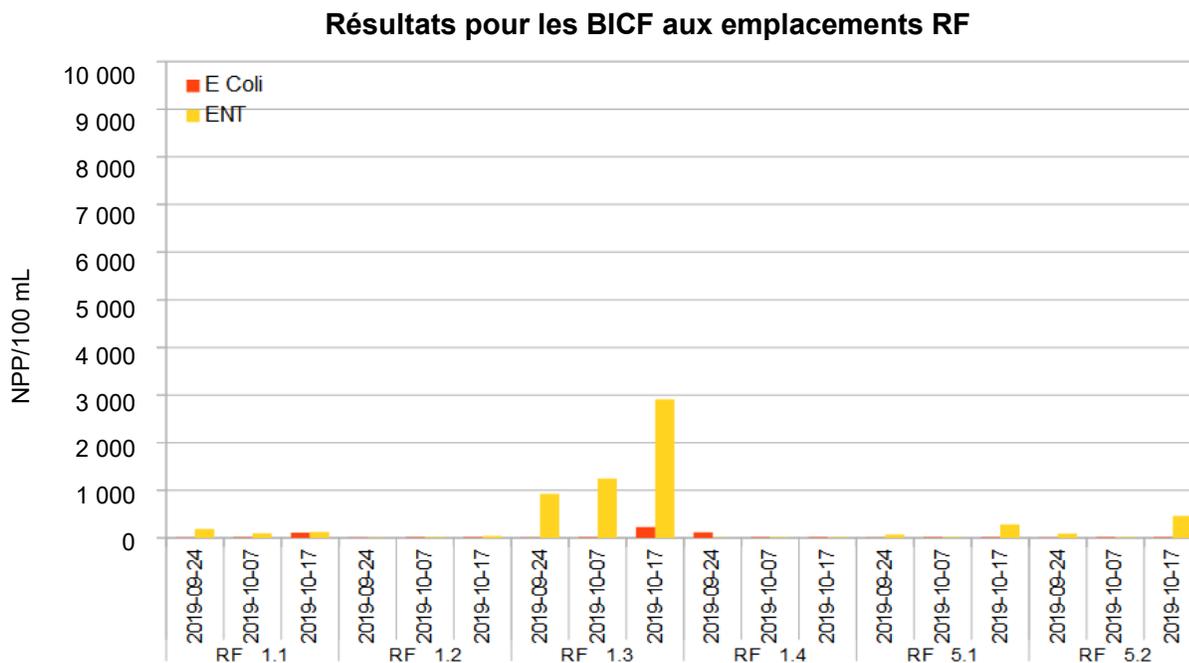


Figure 16. Résultats pour les BICF aux emplacements en toiture (RF).

Bien que des BICF aient été détectées à ces emplacements d'échantillonnage, les résultats étaient beaucoup plus bas qu'à tous les autres types de surface examinés. Les résultats pour l'*E. coli* et les entérocoques étaient bas. Les toits des échantillons faisaient partie de bâtiments de différentes tailles. L'emplacement 1.3 se distingue par ses résultats systématiquement plus élevés. Ce toit est étendu et se trouve sur l'aréna de la rue Festival. Les résultats qui indiquent la présence de BICF sur les toits sont vraisemblablement liés à des excréments d'oiseaux. L'aréna est relativement proche du littoral et pourrait être un lieu de rassemblement favori pour les oiseaux de mer et/ou les pigeons qui se regroupent également sur les toits.

Emplacements en ruisseau (STR)

Deux paires d'emplacements d'échantillonnage en ruisseau ont fait partie de cette étude, une paire d'entre eux dans le ruisseau menant à l'emplacement SW3 et l'autre paire dans le ruisseau menant à l'emplacement SW8. Les emplacements STR3.1 et STR3.2, d'une part, et STR8.1 et STR8.2, d'autre part, sont situés respectivement à environ 600 m et 800 m d'intervalle. Des échantillons ont été prélevés trois fois à ces paires de sites, les 8, 17 et 23 octobre. Entre les deux emplacements d'échantillonnage du ruisseau 3, les eaux de ruissellement se déchargent de la rue Monique et d'autres rues suburbaines adjacentes. Le ruisseau 8 traverse la rue Cartier entre les deux points d'échantillonnage et la carte municipale du drainage des eaux de pluie indique que le ruisseau reçoit, dans sa partie médiane, les eaux de ruissellement de la rue Cartier, ainsi que du lotissement Julia Court. Ces emplacements d'échantillonnage ont été choisis pour savoir si les points d'échantillonnage en amont et en aval présenteraient une différence significative, peut-être en raison des diverses sources présentes entre eux. Les résultats sont présentés dans les figures 17 à 19. Les précipitations totales sont indiquées pour chaque événement dans les figures.

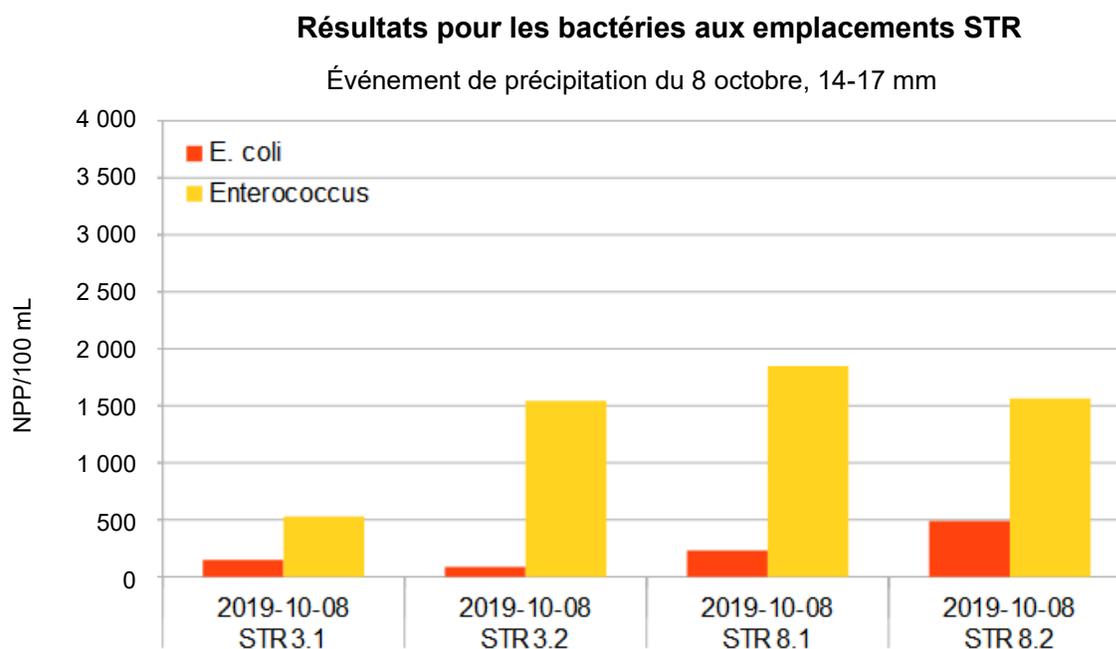


Figure 17. Résultats pour les bactéries aux emplacements en ruisseau (STR), le 8 octobre 2019.

Résultats pour les bactéries pour aux emplacements STR

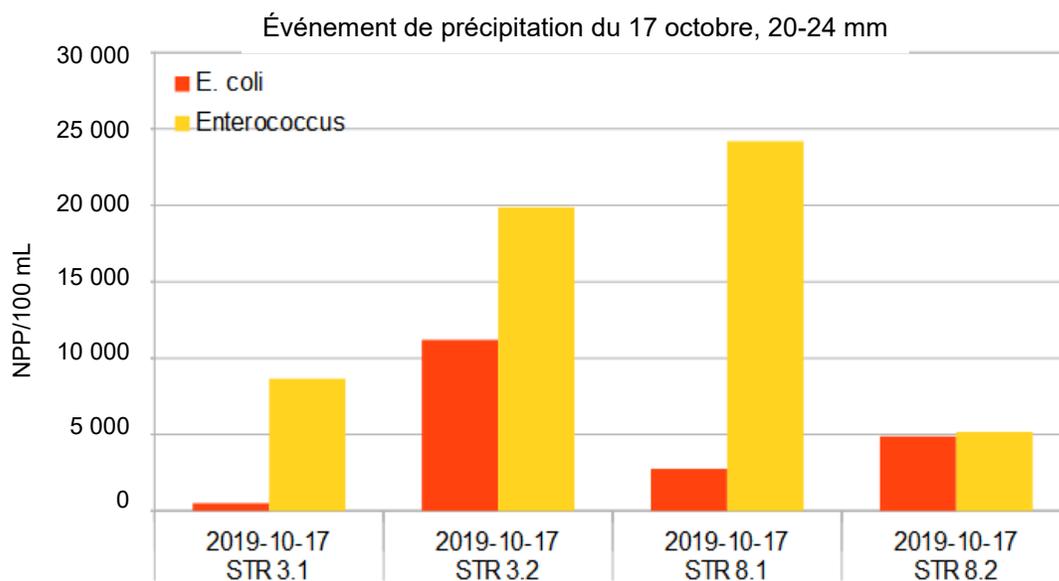


Figure 18. Résultats pour les bactéries aux emplacements en ruisseau (STR), le 17 octobre 2019.

Résultats pour les bactéries aux emplacements STR

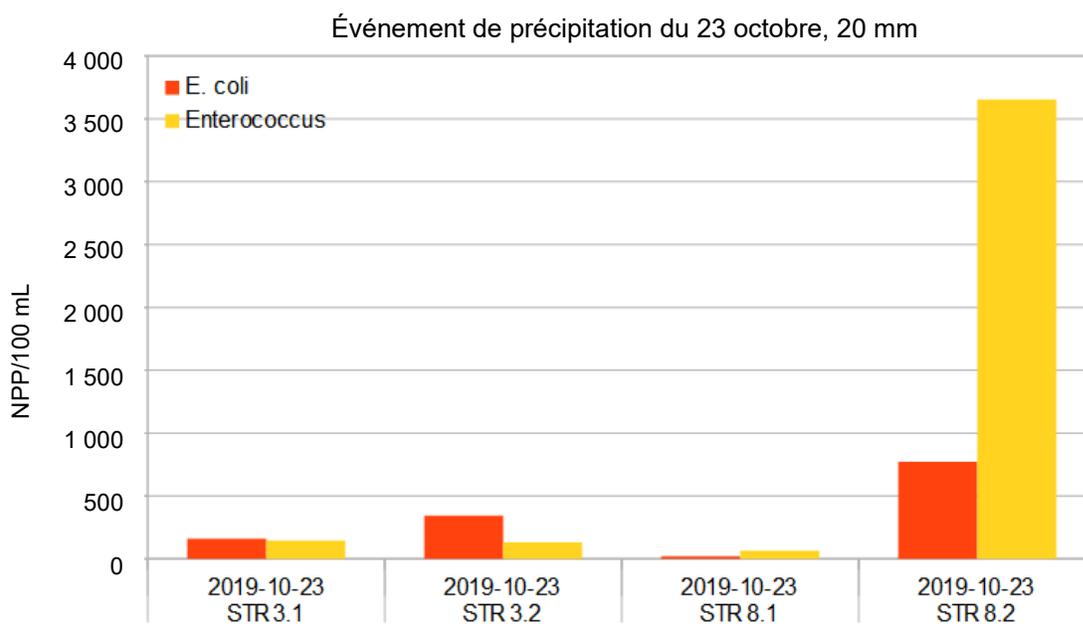


Figure 19. Résultats pour les bactéries aux emplacements en ruisseau (STR), le 23 octobre 2019.

Résultats pour les bactéries aux emplacements STR

Tous événements confondus

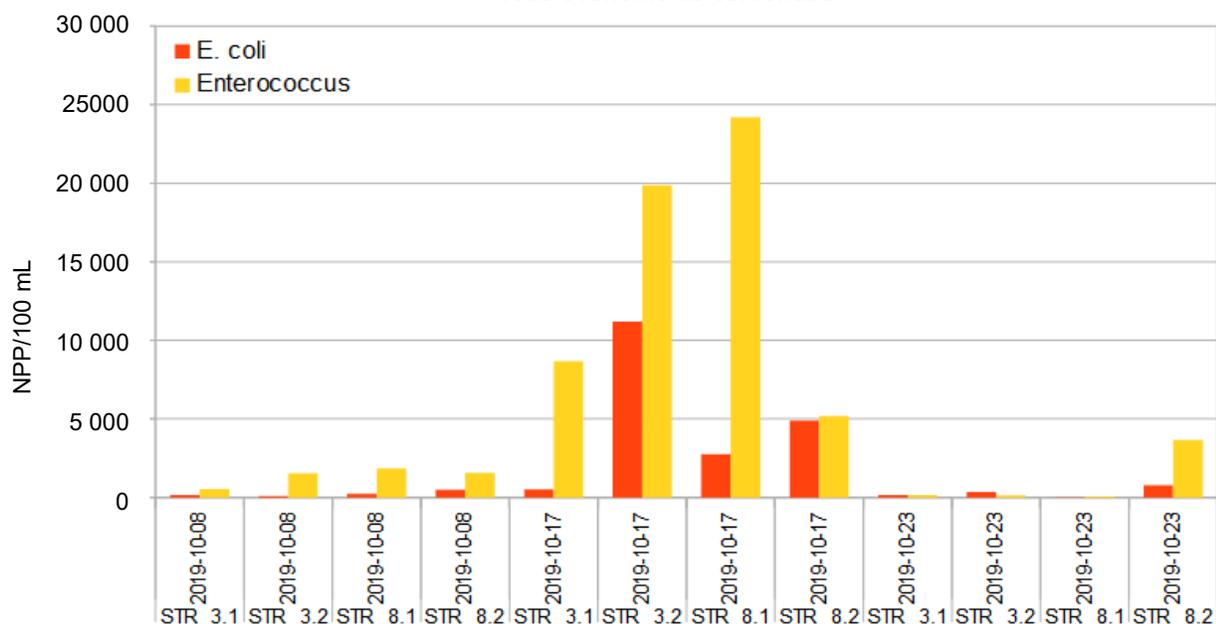


Figure 20. Résultats pour les bactéries à tous les emplacements en ruisseau (STR) (3 précipitations).

Tous les résultats pour les ruisseaux sont regroupés à la figure 20 aux fins de comparaison entre les événements de précipitation. Les résultats du 17 octobre étaient beaucoup plus élevés que ceux des deux autres dates d'échantillonnage. Les précipitations étaient similaires les 17 et 23 octobre aux deux stations météorologiques de référence, mais il est possible que le lieu de l'étude ait reçu une précipitation plus abondante de 17 octobre. L'intensité d'une précipitation est également un élément important dont tenir compte, en raison de son importante incidence sur les eaux d'écoulement et la mobilisation des particules en surface. Il ne s'est dégagé de l'examen individuel de ces événements aucune tendance claire permettant de conclure que les résultats des BICF sont plus élevés aux emplacements en aval. La différence la plus importante a été constatée le 23 octobre entre les emplacements STR8.1 et STR8.2, mais cela n'a pas été le cas pour les événements précédents. Au total, des résultats variables, mais relativement élevés, ont été constatés pour les BICF dans tous les emplacements en ruisseau, en dépassement fréquent des valeurs maximales des recommandations de Santé Canada pour les activités de contact.

Résultats pour les produits pharmaceutiques et les produits d'hygiène (PPPH)

Dans le cadre de cette étude, 20 échantillons ont été analysés au total pour mesurer la présence de produits pharmaceutiques et de produits d'hygiène (PPPH), ainsi que de caféine. Quatre échantillons ont été prélevés à des emplacements en ruisseau (STR), six à des emplacements d'eaux de ruissellement (SW), sept à des drains menant à la lagune de la plage Parlee (PBPP) et trois à des bassins de drainage (CB). La majorité des échantillons ont été recueillis soit le 7, soit le 8 octobre, soit pendant, soit à la suite d'un événement de précipitation d'environ 13 à 17 mm. Un échantillon a été prélevé à un emplacement SW le 15 octobre (précipitation de 2 à 4 mm) et ceux des bassins de drainage l'ont été le 2 octobre (précipitation < 1 mm, mais 4 à 5 mm le 1^{er} octobre).

Les produits dont la présence a été mesurée dans le cadre de cette analyse sont répertoriés dans le

tableau ci-dessous. Un grand nombre de ces produits sont des indicateurs efficaces de la contamination par les eaux usées provenant de sources humaines, comme leurs sources naturelles sont habituellement inexistantes ou insignifiantes. Ils sont largement utilisés dans les études de la contamination environnementale des eaux de surface.

Produits chimiques traceurs échantillonnés dans les eaux de ruissellement	
Produit	Notes
Caféine	Les sources de caféine sont le café, le thé et les produits contenant du cacao.
3,4,4-trichlorocarbanilide	Triclocarban, agent antimicrobien dans les savons, les produits de beauté et d'autres produits d'hygiène.
Acide acétylsalicylique	Médicament largement utilisé (aspirine)
Bézafibrate	Médicament de gestion du cholestérol
Carbamazépine	Médicament antiépileptique largement utilisé
Acide clofibrrique	Métabolite du clofibrate, médicament de réduction du cholestérol
Diclofénac	Anti inflammatoire
Fénoprofène	Anti inflammatoire
Gemfibrozil	Médicament de gestion du cholestérol
Ibuprofène	Anti inflammatoire
Indométacine	Anti inflammatoire
Kétoprofène	Anti-inflammatoire
Acide méclofénamique	Anti inflammatoire
Méthyl-triclosan	Bactéricide
N,N-diéthyl-m-toluamide	DEET, insectifuge couramment utilisé
Naproxène	Anti inflammatoire largement utilisé
Acide salicylique	Utilisé en tant qu'exfoliant de la peau et traitement de l'acné. Métabolite de l'acide acétylsalicylique
Acide tolfénamique	Anti-inflammatoire
Triclosan	Composé antibactérien employé dans de nombreux produits de consommation
Remarque : Les analyses ont été réalisées par le laboratoire Innotech, à Vegreville (Alberta).	

La majorité des résultats obtenus pour tous les produits à tous les emplacements étaient inférieurs au seuil de détection. En revanche, quelques résultats ont été positifs pour un petit nombre de produits, à certains emplacements. Étant donné leur petit nombre, ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Détections positives de produits de type PPPH et de caféine aux emplacements de l'étude			
Emplacement	Date de l'échantillon	Produits détectés	Résultat (µg/L)
SW1	15 oct.	DEET Caféine	0,063 0,020
SW3	8 oct.	DEET Ibuprofène	0,027 0,030
SW5	8 oct.	DEET	0,045

Détections positives de produits de type PPPH et de caféine aux emplacements de l'étude			
		Acide salicylique	0,176
SW6	8 oct.	Aucun	-
SW8	8 oct.	Aucun	-
Emplacement	Date de l'échantillon	Produits détectés	Résultat(µg/L)
SW9	8 oct.	DEET	0,014
STR8.1	8 oct.	DEET Acide salicylique	0,036 0,140
STR8.2	8 oct.	DEET	0,024
STR3.1	8 oct.	DEET	0,016
STR3.2	8 oct.	DEET Ibuprofène	0,011 0,026
PBPP1	7 oct.	DEET	0,108
PBPP2	7 oct.	Aucun	-
PBPP3	7 oct.	DEET	0,158
PBPP4	7 oct.	DEET	0,080
PBPP5	7 oct.	DEET	0,092
PBPP7	7 oct.	DEET	0,272
PBPP8	7 oct.	DEET	0,595
CB1.2	2 oct.	DEET	0,044
CB3.2	2 oct.	DEET Acide salicylique Caféine	0,138 0,147 0,510
CB9.1	2 oct.	DEET Acide salicylique	0,047 0,258

Le N,N-diéthyl-m-toluamide, plus communément appelé DEET, a été le produit le plus souvent détecté. Cet insectifuge largement utilisé a été détecté dans 17 des 20 échantillons recueillis. Ce produit n'a pas été sélectionné spécifiquement, lors de la conception de l'étude, pour servir de traceur dans les eaux de ruissellement, mais il faisait partie de la trousse d'analyse standard des PPPH offerte par le laboratoire d'analyse. On sait que le DEET est largement présent dans l'environnement et moyennement persistant. Weeks et autres (2012) ont signalé que le DEET pénètre dans l'environnement par plusieurs voies : directement dans l'air pendant son application par pulvérisation, sur les eaux de surface en raison d'une pulvérisation excessive et indirectement par le biais des déversements des usines de traitement des eaux usées (UTEU) (à la suite du lavage de la peau et du nettoyage des vêtements). Dans les eaux de surface et le sol, le DEET se dégrade à un rythme modéré à rapide (sa demi-vie se mesure en jours ou en semaines). Cela indique donc que le DEET détecté dans cette étude a été probablement libéré dans le milieu ambiant pendant la même saison. D'après Weeks et autres (2012), le potentiel de bioaccumulation du DEET est faible; il n'est pas considéré comme un produit toxique bioaccumulable persistant ni comme un polluant organique persistant. Chez les espèces aquatiques, les concentrations produisant un effet aigu s'échelonnent entre 4 et 388 mg/L. Les valeurs observées à tous les emplacements étaient plus de 1 000 fois inférieures à cette fourchette.

Clarke et autres (2015), dans une étude des lixiviats de cinq sites d'enfouissement aux États-Unis, ont constaté que le DEET était l'une des dix traces de polluant organique fréquemment détectées dans les eaux de surface et dans les effluents d'eaux usées municipales. Dans leur étude, ils ont indiqué que les concentrations de contaminants les plus élevées qu'ils avaient trouvées étaient des concentrations de DEET (6900–143 000 ng/L) et de sucralose (<10–621 000 ng/L). Ces valeurs de DEET sont environ dix fois supérieures au moins aux valeurs mesurées dans les résultats de Shediac, mais ce n'est pas surprenant, parce qu'on peut s'attendre à ce que les lixiviats des sites d'enfouissement et les eaux usées soient plus fortement contaminés que les eaux de surface. Selon Costanzo et autres (2007), le DEET est couramment détecté dans les échantillons aquatiques du monde entier, parce qu'il est à la fois mobile et persistant, malgré les présomptions antérieures selon lesquelles la pénétration du DEET dans les écosystèmes aquatiques était improbable.

Comme l'application du DEET a souvent lieu en plein air, il peut pénétrer dans l'environnement par diverses voies distinctes du flux d'eaux usées. Il ne constitue donc pas (à lui seul) un indicateur fiable de la contamination des eaux de surface ou des eaux de ruissellement par les eaux usées. Bien que la littérature n'indique pas que la toxicité du DEET dans l'environnement soit particulièrement préoccupante (Costanzo et autres, 2007), sa détection à de multiples emplacements dans la zone de l'étude apporte la confirmation que certains produits d'hygiène deviennent largement présents dans les eaux de surface.

Concentrations de DEET à l'emplacement des échantillons

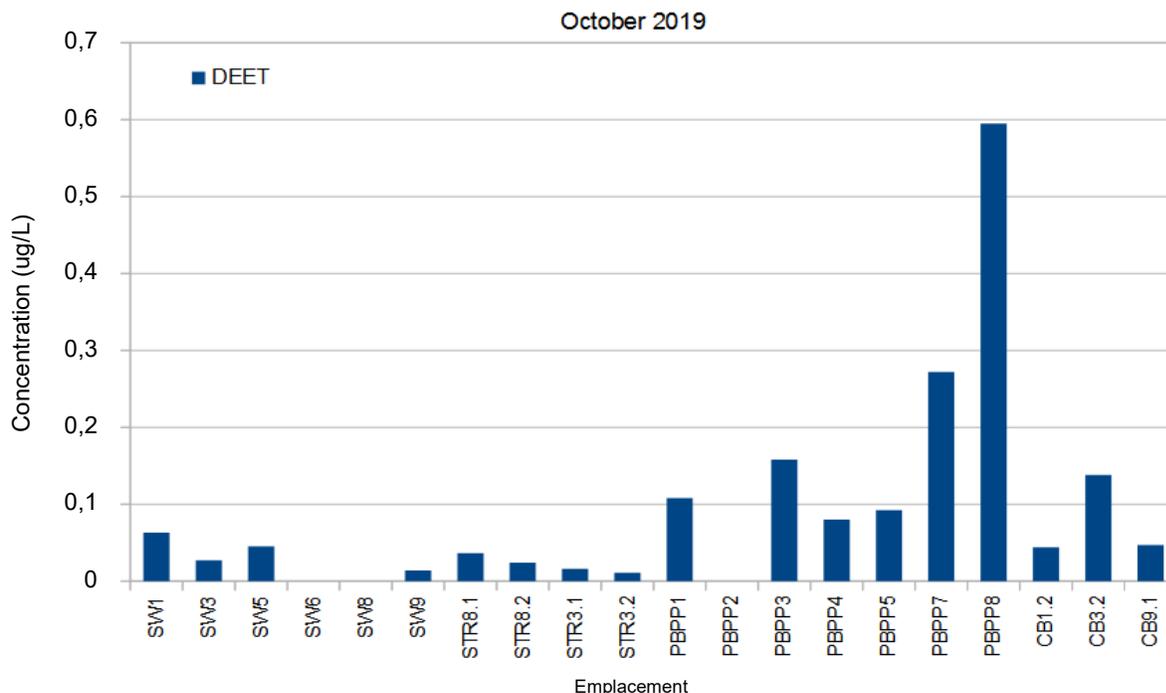


Figure 21. Résultats pour le DEET à tous les emplacements d'échantillonnage.

La figure 21 montre la fourchette des concentrations de DEET aux différents emplacements de l'étude. Les valeurs aux emplacements SW et STR étaient relativement basses et se situaient dans une fourchette similaire. Les valeurs à l'exutoire de la lagune de la plage Parlee et dans les emplacements en bassin de drainage étaient supérieures, mais, comme cela a été indiqué ci-dessus, pas particulièrement élevées par rapport aux valeurs des concentrations produisant un effet aigu. Les

valeurs supérieures à l'emplacement de la plage Parlee sont prévisibles, comme on peut s'attendre à l'utilisation d'insectifuges par un grand nombre de personnes.

Caféine

Ce produit a été détecté à deux emplacements. Malgré la présence de sources végétales de caféine dans l'environnement, les niveaux naturels sont habituellement négligeables et on peut les ignorer (Sauvé et autres, 2011).

Détections de caféine dans le bassin hydrographique de la baie de Shediac			
<i>Emplacement</i>	<i>Caféine ($\mu\text{g/L}$)</i>	<i>E. coli NPP/100 ml</i>	<i>Entérocoques (NPP/100 mL)</i>
SW1	0,020	S.O.	S.O
CB3.2	0,510	10	364

Le résultat de 0,020 $\mu\text{g/L}$ pour l'emplacement SW1 est égal au seuil de détection employé pour cette analyse. Il n'est donc pas possible de conclure avec un grand degré de certitude que cela peut indiquer une contamination par les eaux usées. En revanche, dans presque tous les autres échantillons, ce résultat était inférieur au seuil de détection. Cela peut constituer un avertissement justifiant la poursuite des essais ou des analyses à cet emplacement pour rechercher d'autres indications éventuelles d'impacts des eaux usées.

Le résultat de 0,510 $\mu\text{g/L}$ à l'emplacement CB3.2 semble plus significatif. D'après Sauvé et autres (2011), (en se fondant sur leurs recherches à Montréal) un échantillon d'eau contenant plus de 400 ng/L de caféine est contaminé à coup sûr par plus de 200 UFC/100 mL de BICF. Cet échantillon de CB3.2 est égal à 510 ng/L de caféine. Les résultats des bactéries au même emplacement et à la même date d'échantillonnage étaient les suivants : 10 NPP/100 mL pour l'*E. coli* et 364 NPP/100 mL pour les entérocoques, ce qui est relativement insignifiant par comparaison avec d'autres résultats supérieurs, par exemple ceux des emplacements en bassin de drainage 1.1 et 1.2, mais qui indique quand même des impacts bactériens.

Les sources de BICF sans caféine sont les animaux sauvages et le bétail. Si on trouve des BICF dans un échantillon d'eau, mais sans ou avec peu de caféine, cela indique que les animaux sauvages sont la source des BICF. C'est probablement le cas à la plupart des emplacements des échantillons analysés pour cette étude, où on trouvait souvent des BICF, mais rarement de la caféine. Quand la caféine et les BICF se trouvent ensemble, cela implique une source humaine ou des déchets de source humaine ou à la fois de source humaine et faunique.

Acide salicylique

Quand on ingère de l'aspirine (acide acétylsalicylique), elle s'hydrolyse rapidement en acide salicylique, le principal produit éliminé (Khamis et autres, 2011). On a trouvé de l'acide salicylique aux quatre emplacements ci-dessous du réseau d'emplacements de l'étude.

Détections d'acide salicylique dans le bassin hydrographique de la baie de Shediac			
<i>Emplacement</i>	<i>Acide salicylique ($\mu\text{g/L}$)</i>	<i>E. coli NPP/100 ml</i>	<i>Entérocoques (NPP/100 mL)</i>
SW5	0,176	30	63

STR8.1	0,140	228	1 850
CB3.2	0,147	10	364
CB9.1	0,258	31	20

You et autres (2015) ont étudié la présence de PPPH et de produits connexes dans les eaux de Singapour sur une période de 16 mois et ont trouvé à tous les emplacements des concentrations mesurables de PPPH et de chlorure d'éthylène, les concentrations de caféine (33,9 à 2980 ng/L), d'acide salicylique (5 à 838 ng/L), d'acétaminophène (< 4 à 485,5 ng/L), de bisphénol (< 2 à 919,5 ng/L) et de DEET (13 à 270 ng/L) étant les plus abondantes. Les résultats pour l'acide salicylique dans cette étude de la baie de Shediac se situent dans la même fourchette que celle de l'étude de You et autres.

D'après Khamis et autres (2011), les concentrations d'acide salicylique dans les eaux usées en Palestine étaient 54 µg/L, tandis que sa concentration dans les effluents traités avoisinait 0,5 µg/L. Les valeurs indiquées dans cette étude étaient largement inférieures aux valeurs de ces influents, mais cela n'a rien de surprenant, comme les échantillons du bassin hydrographique de Shediac n'étaient pas prélevés directement dans le circuit d'eaux usées.

Carmona et autres (2014), dans une étude de la rivière Turia, en Espagne, ont trouvé des concentrations d'acide salicylique de 70 ng/L dans l'eau de la rivière (n=22), par comparaison avec 295 ng/L dans l'influent de l'usine de traitement des eaux usées (n=21). Les résultats de l'étude du bassin hydrographique de Shediac sont tous supérieurs aux valeurs de la rivière Turia et devraient donc être considérés comme élevés par rapport aux niveaux naturels quand on les compare aux résultats de la rivière Turia, bien qu'ils soient du même ordre de grandeur.

Comeau et autres (2008) ont étudié la présence de produits pharmaceutiques dans les eaux usées et dans les eaux de surface à trois emplacements dans le Canada atlantique. Ils ont noté dans leur analyse que les concentrations de résidus de médicaments dans les eaux réceptrices se situent habituellement dans la fourchette de quelques ng/L à quelques µg/L. Cela indiquerait à nouveau que les résultats pour l'acide salicylique sont élevés dans bassin hydrographique de Shediac par rapport aux niveaux naturels. Dans le cadre de l'étude de Comeau et autres (2008), des échantillons ont été prélevés dans le secteur de l'estuaire de la rivière Cocagne (près de l'île Surette). Aucun produit pharmaceutique n'a été détecté dans leur étude, mais de l'acide salicylique et de la caféine ont été trouvés, respectivement dans une fourchette de 15 à 36 ng/L et de 15 à 18 ng/L. Ses auteurs ont conclu que ces données indiquaient une pollution organique dans ce secteur, probablement attribuable à des fosses septiques résidentielles qui fuient ou qui sont défectueuses. Les résultats pour l'acide salicylique dans la présente étude étaient environ 10 fois supérieurs à ceux de l'étude de Comeau et autres. Est-ce une preuve évidente de contamination par les eaux usées? Bien que tous les échantillons qui renfermaient de l'acide salicylique contenaient également des BICF, leurs valeurs n'étaient pas particulièrement élevées par rapport aux autres résultats aux mêmes emplacements. En revanche, le petit nombre de résultats utilisés pour analyser la présence de PPPH et de caféine limite leur interprétation. Les valeurs de PPPH et de caféine étaient peut-être également supérieures au seuil de détection, à d'autres occasions, quand des valeurs plus élevées de BICF ont été constatées.

L'échantillon prélevé le 2 octobre à l'emplacement CB 3.2 présente peut-être le plus d'intérêt, en raison des détections positives de caféine et d'acide salicylique, plus de DEET. Ce profil de résultats indique l'incidence des eaux usées de source humaine à cet emplacement. D'autres recherches sur place seraient utiles pour détecter les sources de contamination possibles. La contamination croisée souterraine entre le circuit d'eaux usées et le réseau d'égout pluvial pourrait expliquer ces résultats à cet emplacement, sauf si la caféine et l'acide salicylique provenaient d'autres sources que les eaux

usées, par exemple de boissons caféinées et de produits pharmaceutiques jetés.

Ibuprofène

Ce produit pharmaceutique a été détecté dans les deux échantillons ci-dessous.

Détections d'ibuprofène dans le bassin hydrographique de la baie de Shediac			
<i>Emplacement</i>	<i>Ibuprofène (µg/L)</i>	<i>E. coli NPP/100 ml</i>	<i>Entérocoques (NPP/100 mL)</i>
SW3	0,030	1 223	1 935
STR3.2	0,026	86	1 541

Comme pour de nombreux autres produits pharmaceutiques utilisés en tant que traceurs naturels, il n'existe aucune source naturelle d'ibuprofène et on considère donc généralement que sa présence indique l'impact d'eaux usées d'origine humaine (p. ex. Buser et autres, 1999). Buser et autres ont indiqué des valeurs d'ibuprofène comprises entre 1 et 3 µg/L dans les lacs et les rivières de Suisse. Bendz et autres (2005) ont fait état de concentrations en influent de 3,6 µg/L d'ibuprofène dans la rivière Hoje, au sud de la Suède. Dans leur étude, Comeau et autres (2008) ont constaté des concentrations d'ibuprofène de 13 à 22 ng/L dans le bassin hydrographique de Pictou et de 6 à 230 ng/L à l'emplacement de leur analyse à Halifax. Des valeurs beaucoup plus élevées, comprises entre 140 et 6300 ng/L, ont été trouvées dans des effluents d'usine de traitement des eaux usées.

Les valeurs constatées dans cette étude sont environ 100 fois inférieures à celles indiquées dans les études suisse et suédoise citées ci-dessus (pour les eaux de surface, pas pour les effluents), mais semblables à celles constatées par Comeau et autres (2008). Comme les résultats du bassin hydrographique de la baie de Shediac sont au-dessus du seuil de détection, ils constituent quand même un avertissement pour ces emplacements. Comment ce produit a-t-il abouti dans ces échantillons? Comme les emplacements de ces deux échantillons subissent l'un et l'autre l'influence d'un important bassin hydrographique situé au-dessus du point de prélèvement, la contamination par les eaux usées pourrait s'être produite à de nombreux endroits. Comme dans le cas des résultats pour la caféine et l'acide salicylique, le très petit nombre d'échantillons limite leur interprétation. Tous les échantillons obtenus aux emplacements SW3 et STR3.2 ont révélé la présence d'*E. coli* et d'entérocoques, ce qui indique l'influence d'importantes sources de BICF à ces endroits, quoique pas nécessairement liées à des déchets de source humaine. De plus, à un éventail d'autres sites, les valeurs de BICF étaient élevées, mais ni l'ibuprofène ni d'autres produits pharmaceutiques n'y ont été détectés.

Agents d'avivage optiques

Dans le cadre de l'approche de dépistage des sources de pollution chimique employée dans cette étude, un éventail d'échantillons a été analysé pour détecter les agents d'avivage optiques (AAO). Également appelés agents fluorescents d'avivage, ils se trouvent dans de nombreux produits de nettoyage commerciaux et rendent les produits ainsi nettoyés plus brillants et leurs couleurs plus intenses. Comme ces produits ne se trouvent pas dans la nature, si on les détecte dans l'environnement, c'est qu'ils proviennent d'une source humaine. La plus grande quantité d'agents d'avivage optiques est utilisée dans les détergents à lessive. Par conséquent, leur présence dans l'eau dans l'environnement implique une contamination par les eaux usées de source humaine. Comme dans les eaux usées sanitaires, les agents d'avivage optiques peuvent également se trouver dans d'autres produits contenant des détergents, par exemple, dans ceux utilisés pour nettoyer les

voitures, les parements de maison ou les meubles de plein air. Ils pourraient donc être présents dans l'écoulement de propriétés résidentielles ou commerciales en secteur urbain. Toute détection d'agents d'avivage optiques dans les eaux de ruissellement constituerait un avertissement justifiant des recherches ultérieures pour localiser la ou les sources de contamination.

Les analyses en vue de détecter la présence d'agents d'avivage optiques ont été réalisées en utilisant un fluorimètre Aquafluor, de Turner Designs. Au total, 131 échantillons ont été analysés, provenant d'un sous-ensemble de tous les types de surface des emplacements, ainsi que des emplacements SW. Bien que l'analyse fluorimétrique ait été employée par de nombreux chercheurs pour détecter la présence d'agents d'avivage optiques dans le cadre d'études de la contamination de l'eau, il n'existe aucune méthode normalisée officiellement. Les procédures documentées par Burres (2011) ont été employées dans la présente étude.

Dans l'ensemble, les résultats ont été négatifs pour les agents d'avivage optiques. Dans tous les types d'emplacements examinés, aucun résultat n'a été égal ou supérieur à 5 p.p.m., le seuil suggéré pour conclure qu'un échantillon contient des agents d'avivage optiques, selon la procédure de Burres (2011). Une autre méthode d'analyse, dans le cadre du processus d'évaluation, consiste à irradier les échantillons avec de la lumière ultraviolette pour contrôler la réduction de la valeur de l'agent d'avivage optique. Une réduction de 30 % ou plus est considérée comme la confirmation de la présence d'agents d'avivage optiques, si la concentration était > 5 p.p.m. Bien que l'analyse des échantillons n'ait révélé aucune concentration supérieure à 5 p.p.m, ils ont été irradiés pour confirmer les résultats. Une réduction moyenne > 30 % du relevé d'agents d'avivage optiques a été constatée dans 10 % des 131 échantillons de l'analyse. Aucune relation apparente n'existait entre les valeurs d'AAO et les résultats des BICF dans les échantillons, ce qui indique l'absence de contribution significative des eaux usées aux résultats pour les BICF aux emplacements de ces échantillons.

Par exemple, la figure 22 est un graphique de la réduction des valeurs d'AAO par comparaison avec les valeurs d'entérocoques à tous les emplacements. Des valeurs élevées d'entérocoques se constatent dans un large éventail de réductions des valeurs d'AAO (fréquemment proches de zéro) et, inversement, un nombre significatif de fortes réductions des valeurs d'AAO est associé à de faibles valeurs d'entérocoques.

Réduction d'AAO par rapport à ENT

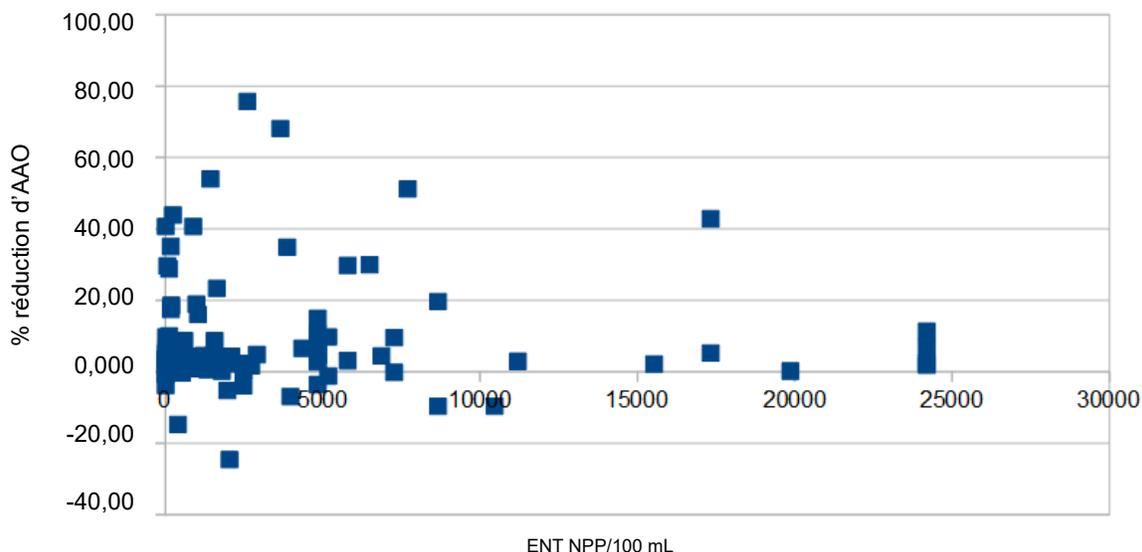


Figure 22. Réduction des résultats d'AAO après irradiation par rapport à ceux des entérocoques.

Une tendance évidente se dégageait de l'examen des résultats relatifs à la réduction des AAO. Les valeurs obtenues aux emplacements d'échantillonnage herbeux étaient significativement supérieures à celles de toutes les autres catégories d'emplacements. Ces données sont résumées dans le tableau ci-dessous. Parmi les échantillons des emplacements herbeux, 75 % (n=12) affichaient une réduction des AAO égale ou supérieure à 10 %. Cette fréquence était plus du triple de celle constatée aux autres types d'emplacements. Il convient peut-être également de noter que la réduction des AAO n'était supérieure à 10 % à aucun des emplacements SW. La chlorophylle de l'herbe elle-même pourrait être la source de la fluorescence dans les échantillons des emplacements herbeux. On ne peut néanmoins pas éliminer l'influence des eaux usées. La chlorophylle est une molécule naturellement fluorescente que l'irradiation par rayonnement ultraviolet peut dégrader au fil du temps pendant le processus d'analyse. Un effet de ce type a été constaté par Nassour et autres (2017) dans leur étude des effets de la lumière ultraviolette sur les algues.

Pourcentage d'échantillons où la réduction des AAO > 10 % par type d'emplacement	
Type d'emplacement	% des échantillons > 10 % de réduction
CB	25,0
GR	75,0
Lagune (PPPB)	9,5
PL	11,1
R	18,5
RF	16,6
STR	16,6
SW	0,0

4. CARTOGRAPHIE DES BASSINS HYDROGRAPHIQUES DES EAUX DE RUISSELLEMENT

Carte des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement

Un exercice a été réalisé pour définir les bassins hydrographiques des eaux de ruissellement dans le secteur municipal desservi par le réseau d'égout pluvial municipal de Shediac. Connaître la zone d'influence associée à chaque emplacement d'échantillonnage permet d'améliorer l'interprétation des données. Cette information peut également servir à guider et à optimiser l'emplacement et les types de mesures de prévention de la pollution, ainsi que les modifications ou les améliorations de la planification de l'infrastructure. Ce travail exigeait de calculer l'écoulement de l'eau en fonction du profil d'élévation de la surface du sol, déterminé en utilisant des outils spécialisés du système d'information géographique (SIG). Les limites des sous-bassins ainsi définies ont dû être comparées aux trajets des écoulements déterminés par le réseau d'égout pluvial et ajustées en conséquence. Ce travail a été effectué par le personnel du ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick (Sections des sciences de l'eau et des systèmes d'information géographique). La méthodologie employée pour calculer ces bassins hydrographiques est présentée dans tous ses détails à l'annexe A.



Figure 23. Bassins hydrographiques des eaux de ruissellement dans le secteur municipal de Shediac. Source : ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick. Voir la méthodologie à l'annexe A.

Les limites des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement créées par cet exercice sont présentées à la figure 23. Un emplacement de déversement (exutoire) est défini pour chaque bassin hydrographique des eaux de ruissellement. Certains d'entre eux sont des tuyaux d'évacuation des eaux de ruissellement, comme les drains qui rejettent directement les déversements des bassins hydrographiques 16 à 18 dans la baie de Shediac. À d'autres points de déversement, un sous-bassin hydrographique se déverse dans un autre, habituellement le long d'un cours d'eau et, dans quelques cas, le déversement aboutit à un fossé qui transporte ultérieurement les eaux de ruissellement jusqu'à un cours d'eau.

Comme on peut le voir dans la figure 23, certaines parties du secteur municipal ne sont pas desservies par le réseau d'égout pluvial souterrain (la Pointe-du-Chêne en particulier). Les eaux de ruissellement dans ces secteurs sont gérées au moyen de fossés en bordure de route et de ponceaux. Ces secteurs ne sont pas inclus dans l'exercice de cartographie des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement.

Caractéristiques des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement

La figure 24 montre les bassins hydrographiques des eaux de ruissellement cartographiés, en relation avec les emplacements de surveillance des eaux de ruissellement d'où sont tirées les données utilisées pour le présent rapport.

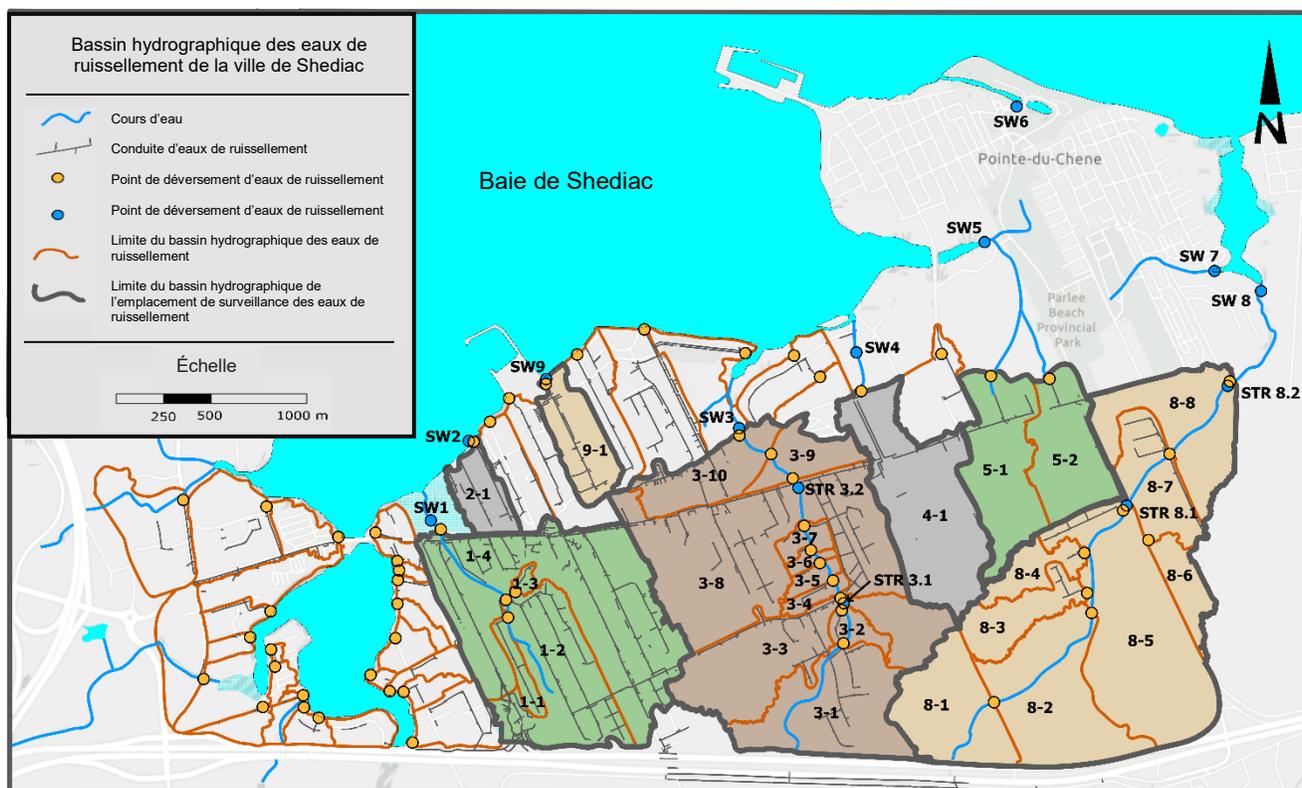


Figure 24. Bassins hydrographiques des eaux de ruissellement de la région municipale de Shediac associés avec l'emplacement des sites de surveillance.

La figure montre les emplacements d'eaux de ruissellement SW1 à SW9, plus les emplacements en ruisseau STR 3.1, STR 3.2, STR 8.1 et STR 8.2. Pour chacun de ces emplacements

d'échantillonnage, tous les sous-bassins hydrographiques ont été délimités.

En partant du côté ouest du secteur, quatre sous-bassins alimentent l'emplacement SW1 (numérotés de 1-1 à 1-4). Cet emplacement est un petit ruisseau (ruisseau Taits) qui se déverse dans la baie derrière l'Hôtel de Ville. L'écoulement des eaux à l'emplacement SW1 est fortement influencé par les eaux de ruissellement recueillies par le réseau d'égout pluvial le long de la rue Main et de plusieurs rues suburbaines voisines.

L'emplacement SW2, au contraire, est alimenté par un bassin hydrographique beaucoup plus petit qui ne contient que quelques rues résidentielles. L'emplacement SW9 est comparable sur le plan de la taille du bassin hydrographique et du type d'utilisation des terres.

L'emplacement SW3 est dans un petit cours d'eau, s'écoulant vers le nord, au centre du secteur municipal. Dix sous-bassins hydrographiques délimités (3-1 à 3-10) alimentent en eau cet emplacement de surveillance. Veuillez noter que les bassins hydrographiques situés au nord de l'emplacement SW3 (22, 23 et 24 dans la figure 23) ne se déversent pas à cet emplacement de surveillance.

L'emplacement SW4 est alimenté par le bassin hydrographique 4-1 dans la figure 24, qui contient un mélange de zones résidentielles de faible densité et de terrain accidentés à découvert dans sa partie haute (la plus au sud). Au centre et au nord de ce bassin hydrographique, les eaux de ruissellement proviennent d'une partie de la rue Main. Dans ce bassin hydrographique, plusieurs secteurs se caractérisent par des ensembles résidentiels à la densité suburbaine typique et par une partie d'un parc de maisons mobiles.

L'emplacement SW5 se situe immédiatement en aval de la confluence de deux petits cours d'eau, dont l'un commence au nord de l'emplacement de surveillance, dans un secteur de terrains à découvert, situé au sud du parc provincial de la plage Parlee. L'autre cours d'eau, plus important, commence immédiatement au nord de la rue Main/route 133. Les bassins hydrographiques 5-1 et 5-2 se déversent dans ces cours d'eau et contiennent principalement des locaux commerciaux et très peu de logements résidentiels. Il est intéressant de constater que les aménagements, comme le nouveau magasin de matériaux de construction de la rue Ohio, créent d'importantes surfaces imperméables. Cet aménagement se trouve dans le sous-bassin hydrographique 5-2 (numéro 30 dans la figure 23) et occupe environ 15 % de sa superficie totale.

L'emplacement SW6, à la Pointe-du-Chêne, est situé dans un fossé de surface qui reçoit l'écoulement des rues adjacentes et probablement d'aires de stationnement. Comme ce secteur n'a pas été cartographié de manière détaillée, on ne peut tenir compte d'aucune limite de sous-bassin hydrographique. Le type d'utilisation des terres adjacentes est résidentiel, avec des logements à faible densité.

L'emplacement SW7 est dans un petit cours d'eau. Comme cet emplacement est également en dehors du réseau d'égout pluvial, les bassins hydrographiques des eaux de ruissellement situés à sa proximité n'ont pas été cartographiés en détail. L'utilisation des terres adjacentes comprend le terrain de camping de la plage Parlee et deux grands parcs de maisons mobiles/VR.

L'emplacement SW8 est dans un cours d'eau qui a son origine dans les terres marécageuses situées au sud de la route 15. De là, il s'écoule en direction du nord-est, en recevant de l'eau provenant des sous-bassins hydrographiques 8-1 à 8-8. Le bassin hydrographique 8-1 est largement boisé; la couverture forestière du bassin hydrographique 8-2 est également abondante, mais un important parc de VR s'y trouve également. Les bassins hydrographiques 8-3 à 8-5 déversent tous au ruisseau les

eaux de ruissellement provenant des rues d'un lotissement de maisons modulaires. L'écoulement de 8-6 est déversé dans un fossé au point de déversement cartographié; à partir de cet emplacement, il se dirige vers le nord-ouest sur 200 m environ, avant de rejoindre finalement le principal cours d'eau. L'utilisation des terres dans le 8-6 est commerciale/industrielle. Le bassin hydrographique 8-7 alimente le réseau d'égout en eaux de ruissellement provenant des rues suburbaines. Le bassin hydrographique 8-8 est de nature différente, comme il se situe en marge du réseau d'égout pluvial et qu'il ne comporte presque aucune infrastructure canalisée pour l'écoulement des eaux de ruissellement. L'imagerie aérienne montre que l'écoulement de la route 133 entre dans le ruisseau 8 après avoir suivi les accotements routiers. Quelques fossés se trouvent également en bordure de route. L'utilisation des terres de l'emplacement 8-7 est résidentielle/commerciale à faible densité au nord du cours d'eau et elles sont presque toutes non aménagées et consistent de terrains accidentés, à découvert ou boisés, au sud.

La superficie de chacun des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement qui se déversent aux emplacements de surveillance est indiquée dans le tableau ci-dessous. Ces données sont incomplètes parce que les bassins hydrographiques associés à certains emplacements ne sont pas déterminés (pour SW6 et SW7). Certains des emplacements de surveillance ne coïncident pas non plus avec les limites des bassins hydrographiques cartographiés; ils reçoivent donc de l'eau provenant d'autres secteurs, non inclus dans les totaux du tableau. Plusieurs points sont cependant clairs : les bassins hydrographiques des emplacements SW1, SW3 et SW8 sont les plus importants, ceux des emplacements SW2 et SW9 sont beaucoup plus petits et SW4 et SW5 sont d'une importance intermédiaire.

Superficies des bassins hydrographiques associés aux emplacements de surveillance des eaux de ruissellement	
Emplacement d'échantillonnage	Superficie du bassin hydrographique (en milliers de mètres carrés)
SW1	1 132
SW2	100
SW3	1 923
SW4*	480
SW5*	539
SW6	S.O.
SW7	S.O.
SW8*	2 050
SW9	153
Remarque : * Les emplacements de surveillance dans ces bassins hydrographiques reçoivent également de l'eau provenant de l'extérieur du bassin hydrographique cartographié.	

La superficie de chaque bassin hydrographique des eaux de ruissellement est importante, comme un bassin hydrographique plus important reçoit des précipitations plus abondantes et qu'on peut donc s'attendre à un écoulement d'eau plus important dans ses cours d'eau. En revanche, étant donné les objectifs de la présente étude de surveillance, les caractéristiques les plus importantes sont la

proportion de surfaces imperméables dans chaque bassin hydrographique des eaux de ruissellement et la vigueur des sources de pollution qui s'y trouvent. Une proportion supérieure de surfaces imperméables se traduit par des volumes d'écoulement plus importants. En général, les eaux d'écoulement de surfaces créées par l'homme sont contaminées par des polluants associés à l'activité humaine et aux ensembles résidentiels signalés dans les sections précédentes du présent rapport.



Figure 25. Exemple de bassins hydrographiques, avec étendue relative des ensembles résidentiels et de la couverture imperméable. Limites des bassins hydrographiques en jaune et des conduites des eaux de ruissellement en rouge.

L'examen de l'imagerie aérienne révèle que c'est dans le bassin hydrographique SW1 que la proportion de surfaces imperméables — aires de stationnement, routes et ensembles résidentiels est la plus importante (environ 50 %). La couverture imperméable du bassin hydrographique SW3 est beaucoup moins importante et celle du bassin hydrographique SW8 est encore inférieure. Dans SW4, la couverture imperméable du bassin hydrographique 4-1 est inférieure à 50 %. Elle est inférieure à 50 % dans le bassin hydrographique 5-1, mais semble légèrement supérieure à 50 % dans 5-2. C'est visible dans la figure 25. Le bassin hydrographique 5-2 est très petit et un aménagement récent à son extrémité sud-est en occupe une grande partie.

L'accroissement de la superficie des surfaces imperméables augmente également la proportion d'eaux de ruissellement par unité de précipitation, mais, si ces eaux sont propres, elles n'ont aucune incidence négative sur la qualité de l'eau. Comme cette étude porte principalement sur la qualité de l'eau, c'est la vigueur de la source de pollution qui est très importante, le pire scénario étant celui d'importantes surfaces imperméables, contaminées par ailleurs par des polluants qui peuvent nuire à la qualité de l'eau. Ce sont vraisemblablement les routes et les aires de stationnement qui contribuent le plus à la pollution des eaux d'écoulement par des polluants liés aux véhicules, comme l'huile, la graisse, les métaux provenant de l'usure des freins et des pneus et le dépôt de matières particulaires des gaz d'échappement. Dans la pratique, les eaux d'écoulement des surfaces imperméables ne sont jamais propres à 100 % dans les environnements municipaux.

Pour les BICF, ce sont les excréments animaux sur les surfaces imperméables qui sont particulièrement néfastes, comme les matières fécales peuvent être rapidement mobilisées par les eaux de surface et acheminées aux collecteurs d'eaux de ruissellement. Les déchets d'animaux de compagnie sur les trottoirs, les routes, les aires de stationnement et les entrées constituent un exemple évident de ce problème et les excréments des animaux sauvages sont également déposés sur ces surfaces. Les oiseaux de mer se rassemblent souvent en nombre important sur les toits plats et les aires de stationnement et ces surfaces permettent toutes l'entrée rapide des eaux d'écoulement dans le réseau d'égout pluvial. Comme toutes les données cartographiques dans le présent rapport le montrent, tous les principaux collecteurs d'eaux de ruissellement se déversent dans les canaux de décharge des eaux de surface ou se déversent directement dans la baie de Shediac. Dans les secteurs dépourvus de collecteurs d'eaux de ruissellement, où l'écoulement des rues est acheminé par les fossés, une certaine filtration et amélioration de la qualité de l'eau peuvent se produire, si le fossé est couvert d'herbe, de roseaux, de buissons ou d'une autre végétation.

Pour les impacts possibles des déversements d'eaux de ruissellement sur les eaux réceptrices de la baie de Shediac, le facteur le plus important est vraisemblablement la masse totale des entrées de polluants (organiques et non organiques) dans la baie. Cela dépend du volume des eaux de ruissellement et de la concentration des polluants. Les échantillons d'eaux de ruissellement prélevés à certains des petits drains d'eaux de ruissellement (comme SW9 ou SW2) présentaient parfois des niveaux élevés de contaminants. En revanche, la petite superficie des bassins hydrographiques qui les alimentent limite la masse totale de polluants pouvant être déversée. Les volumes plus importants d'eaux de ruissellement en provenance des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement d'une superficie plus importante (comme SW1, SW3 et SW8) indiquent que ce sont ces secteurs qui auront vraisemblablement le plus d'incidence sur la qualité de l'eau à la baie de Shediac.

Interprétation des données en tenant compte des bassins hydrographiques

La connaissance des limites des bassins hydrographiques peut faciliter l'interprétation de certains aspects des résultats de la surveillance. Le niveau du sous-bassin hydrographique est pertinent pour les résultats obtenus aux principaux emplacements de surveillance des eaux de ruissellement (SW1-SW9), aux emplacements de surveillance en ruisseau et aux emplacements en bassin de drainage. Il n'est pas pertinent pour les échantillons prélevés sur les routes, les aires de stationnement, les surfaces herbeuses et les toits, comme les échantillons d'eau qui y sont prélevés ne subissent pas l'influence des processus hydrologiques de l'ensemble du bassin hydrographique, mais illustrent plutôt les conditions locales, propres au point d'échantillonnage.

Emplacements d'eaux de ruissellement

Les figures 3, 4 et 5 des résultats des BICF montrent qu'ils ont été les plus élevés aux emplacements 2, 6 et 9. Bien qu'aucune limite détaillée de son bassin hydrographique ne soit disponible pour l'emplacement 6, les emplacements 2 et 9 sont similaires, puisqu'ils sont l'un et l'autre de petits bassins hydrographiques où les déversements sont acheminés directement au point de surveillance par des collecteurs d'eaux de ruissellement. Ces deux emplacements sont adjacents à la côte et de grandes aires de stationnement sont situées à la limite sud des deux bassins hydrographiques. Le passage dans les collecteurs d'eaux de ruissellement est probablement très bref, car la longueur totale de l'un et de l'autre est d'environ 400 à 500 m. Bien que les concentrations de BICF étaient élevées aux emplacements SW2 et SW9, leurs bassins hydrographiques font partie des plus petits dans tout le secteur et cela limite la masse totale des polluants déversés dans la baie. Par conséquent, les déversements de ces drains, bien qu'ils contribuent à la charge globale de polluants, sont très certainement moins importants que les autres déversements des cours d'eau cartographiés.

Les valeurs les plus importantes des métaux traces associés à l'usure des pneus et des freins des véhicules (figures 7 et 8) étaient les plus élevées aux emplacements 1, 2 et 6. Compte tenu des proportions relatives de l'occupation des sols présentées ci-dessus, on pourrait s'attendre à des résultats plus élevés à l'emplacement SW1, étant donné l'importante superficie des routes et des aires de stationnement dans son bassin hydrographique. On peut s'attendre à une incidence plus importante du ruisseau Tait, représenté par les données de l'emplacement SW1, sur le milieu récepteur, compte tenu du déversement beaucoup plus important à cet emplacement qu'aux emplacements SW2 ou SW9.

Emplacements en bassin de drainage

Pour revenir à la discussion à la page 15 au sujet de ces résultats présentés à la figure 10, les valeurs élevées de BICF à l'emplacement 1.2 sont conformes aux indications des données cartographiques du bassin hydrographique qui montrent que plus de 3,5 km de collecteurs d'eaux de ruissellement au total desservent la rue McQueen, l'avenue Caissie et la rue Rachel et convergent au même emplacement d'échantillonnage. L'emplacement en bassin de drainage 1.1 se trouve dans le bassin hydrographique 1-1, à la figure 24, et sa superficie est visiblement beaucoup plus petite. Les sources de BICF dans ces bassins hydrographiques peuvent présenter des différences, ce qui pourrait expliquer les différences dans les résultats, bien qu'aucune donnée recueillie sur le terrain ne soit disponible pour le confirmer. Le nombre d'échantillons est petit, ce qui limite également l'interprétation des résultats.

Les emplacements en bassin de drainage CB3.1 et 3.2 se trouvent l'un et l'autre à l'extrémité de deux égouts collecteurs de longueur comparable, soit environ 1,5 km, bien que les égouts qui aboutissent à CB3.2 desservent une route beaucoup plus fréquentée (rue Main), ce qui peut expliquer les résultats plus élevés pour les BICF à cet emplacement.

Les résultats pour les BICF étaient inférieurs dans les échantillons prélevés dans les bassins de drainage du bassin hydrographique SW9, bien que cela s'explique probablement par les dates du prélèvement de ces échantillons, comme les résultats du plus grand nombre d'échantillons prélevés pour la surveillance des eaux à l'emplacement SW9 étaient relativement élevés par rapport aux autres emplacements.

Emplacements en ruisseau

Deux paires d'emplacements en ruisseau ont fait partie de cette étude, dans les bassins hydrographiques 3 et 8. La superficie desservie par le réseau d'égout pluvial municipal dans le bassin hydrographique 3 est de 1,92 km² et, dans le bassin hydrographique 8, de 2,05 km². Bien que les superficies de ces bassins hydrographiques soient très proches, l'examen de la figure 24 montre que la longueur totale des collecteurs d'eaux de ruissellement qui se déversent dans le cours d'eau principal est beaucoup plus grande pour le ruisseau 3.2. Malgré cette différence apparemment significative, les résultats résumés dans les figures 17 à 20 n'indiquent pas que les données sur les BICF du ruisseau 3 ont systématiquement tendance à être supérieures à celle du ruisseau 8. On aurait pu s'attendre à ce que la longueur plus importante de l'égout collecteur du ruisseau 3 permette un déversement plus rapide des eaux de ruissellement à la suite des précipitations que pour le ruisseau 8 et que le déversement total par événement de précipitation soit également supérieur. L'incidence du déversement du ruisseau 3 sur les eaux réceptrices serait également supérieure par voie de conséquence.

Résultats pour les PPPH

Les résultats pour ces produits sont présentés dans les pages 23 à 29. Le nombre de détections a été faible, mais certaines observations pourraient être utiles. L'ibuprofène a été détecté aux emplacements SW3, STR 3.2 et CB 3.2. Ces emplacements sont tous situés dans le même bassin hydrographique des eaux de ruissellement. De plus, les résultats positifs pour l'ibuprofène aux emplacements SW3 et STR3.2 ont été constatés le même jour, le 8 octobre. Les emplacements CB3.2 et STR 3.2 sont très proches l'un de l'autre à l'endroit où le ruisseau 3 traverse la rue Main. Cela indique un facteur commun et que l'ibuprofène était présent dans les eaux de ruissellement déversées dans le ruisseau 3 par l'égout collecteur de la rue Main. À cet emplacement, des collecteurs d'eaux de ruissellement drainent celles-ci en provenance de l'est et de l'ouest vers le cours d'eau. Il est possible que des sources potentielles de PPPH soient repérées par un travail de terrain dans ce secteur. Toute vérification de la présence possible de points de contact entre le circuit d'eaux usées et le réseau d'égout pluvial devrait porter sur le secteur délimité par le bassin hydrographique du ruisseau 3 à cet endroit. Une teneur élevée en BICF a également été constatée à l'emplacement SW3, le 8 octobre.

Les autres résultats positifs pour les PPPH semblent moins se prêter à une interprétation plus approfondie. De la caféine a été trouvée aux emplacements SW1 et CB 3.2. À l'emplacement CB 3.2, un restaurant Tim Hortons se trouve à environ 330 m à l'est du point de prélèvement de l'échantillon et sur une pente le long du réseau d'eaux de ruissellement qui mène à CB 3.2. Il est possible que du café ou des tasses de café jetés en soient la source : des analyses pourraient être effectuées à cette fin.

Pour les autres résultats, les limites du bassin hydrographique des eaux de ruissellement pertinent peuvent cibler les recherches de sources possibles, bien que, dans certains cas, cela laisse quand même une importante zone à étudier.

5. RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

L'étude d'échantillonnage des eaux de ruissellement de 2019 a apporté une information importante qui complète celle obtenue lors des recherches précédentes. Ses principaux résultats sont résumés ci-dessous.

- Les résultats pour les BICF dans les eaux de ruissellement obtenus dans les échantillons prélevés aux petits emplacements en ruisseau dans le bassin hydrographique de Shediac sont similaires à ceux obtenus en 2017 et en 2018. Cinquante-sept pour cent des échantillons dépassaient la valeur maximale recommandée dans un échantillon unique pour l'*E. coli* et 84 % d'entre eux pour les entérocoques. La moyenne géométrique pour l'*E. coli* et pour les entérocoques dans tous les emplacements d'échantillonnage SW était également supérieure aux valeurs maximales dans les échantillons multiples recommandées Santé Canada (Santé Canada, 2012) pour la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives.
- Comme cela a été constaté les années précédentes, les concentrations de BICF dans les eaux de ruissellement étaient supérieures quand les échantillons étaient prélevés pendant ou peu de temps après d'importantes précipitations (> 10 à 15 mm).
- La présence de métaux traces, comme le plomb, le zinc et le cuivre, dans les eaux de ruissellement aux emplacements SW a été constatée à des niveaux élevés par rapport à ceux mesurés dans de nombreuses grandes rivières du Nouveau-Brunswick. On soupçonne que les métaux de ce type sont associés aux émissions des véhicules à moteur qui se déposent sur

les routes et les aires de stationnement.

- Les échantillons d'eaux d'écoulement prélevés à différents types de surfaces dans le secteur municipal, soit des bassins de drainage, des routes, des aires de stationnement, des surfaces herbeuses, des toits et des cours d'eau intermédiaires, contenaient également souvent des concentrations élevées de BICF. Les concentrations de BICF étaient les plus élevées dans les échantillons prélevés sur les routes, les aires de stationnement et les surfaces herbeuses, tandis que celles des échantillons des toits et des bassins de drainage étaient plus faibles, bien que les résultats aient été positifs à tous les emplacements des échantillons.
- La moyenne géométrique pour les résultats des BICF pour l'*E. coli* dépassait les valeurs maximales dans les échantillons multiples des recommandations de Santé Canada aux emplacements SW, GR et STR, tandis que la valeur maximale de la recommandation pour les entérocoques était dépassée à tous les types d'emplacements (SW, CB, PL, R, RF, PPPB et STR).
- Certains résultats positifs pour les BICF ont été constatés dans des échantillons recueillis à sept emplacements se déversant dans la lagune de la plage Parlee, bien que ces valeurs soient insignifiantes par rapport à celles des autres emplacements en ruisseau et de surface où des échantillons ont été prélevés pendant cette étude. La majorité de ces emplacements reçoivent l'écoulement d'aires de stationnement adjacentes.
- Les valeurs de BICF en aval n'ont pas eu systématiquement tendance à être supérieures à celles des emplacements en amont dans les deux ruisseaux des sous-bassins hydrographiques 3 et 8 où des échantillons ont été prélevés, bien que la majorité des résultats obtenus aient révélé des concentrations de BICF élevées.
- Dans les échantillons d'eaux de ruissellement et d'écoulement analysés pour y détecter la présence de produits pharmaceutiques et de produits d'hygiène d'utilisation courante, ainsi que de caféine, lesquels servent fréquemment de traceurs chimiques des impacts des eaux de ruissellement, ceux-ci ont été inférieurs au seuil de détection dans la majorité des cas. Deux échantillons aux résultats positifs pour la caféine, quatre pour l'acide salicylique et deux pour l'ibuprofène y ont fait exception. Tous les emplacements aux résultats positifs étaient en ruisseau (STR ou SW) ou en bassin de drainage. Les résultats pour les BICF qui leur étaient associés étaient positifs, mais pas remarquablement élevés.
- L'analyse en vue de détecter la présence d'agents d'avivage optiques dans un éventail d'échantillons d'eaux de surface et d'eaux d'écoulement a produit des résultats négatifs. Il n'existait aucune relation apparente entre les valeurs d'agents d'avivage optiques ou entre leur réduction dans les résultats obtenus à la suite de l'irradiation des échantillons et les résultats des BICF.
- La cartographie détaillée des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement a révélé que les eaux de ruissellement sont les plus importantes pour les ruisseaux qui se déversent aux emplacements SW1, SW3 et SW8 et qu'on peut s'attendre à ce qu'ils déversent les plus grandes quantités d'eaux de ruissellement dans la baie de Shediac.
- C'est dans les bassins hydrographiques des eaux de ruissellement 1 et 3 que les surfaces imperméables sont les plus étendues et que l'infrastructure d'égout pluvial est la plus longue.

6. CONCLUSIONS

L'analyse d'échantillons prélevés dans de petits ruisseaux en 2017 et en 2018 (8-9 emplacements SW) a permis de détecter fréquemment la présence de BICF dans ces cours d'eaux, parfois à de fortes concentrations, les plus élevées d'entre elles souvent à la suite d'importantes précipitations. L'échantillonnage en 2019 a permis de constater la même tendance à ces emplacements. Résultat plus significatif, l'analyse d'échantillons d'eaux d'écoulement recueillis à un éventail de types de surfaces du sol a révélé la présence de BICF dans la majorité d'entre eux. La présence de BICF dans les eaux de surface est principalement préoccupante en raison de leur contamination possible par des eaux usées d'origine humaine. Les eaux usées peuvent aboutir dans les ruisseaux et les eaux de ruissellement en raison de fuites des canalisations souterraines des eaux usées, de raccordements croisés des circuits d'écoulement des eaux usées et des eaux de ruissellement, de débordements du circuit d'eaux usées vers la surface ou de fosses septiques défectueuses.

Il est impossible que des eaux usées d'origine humaine aient influencé les résultats des BICF pour les emplacements situés sur des surfaces herbeuses, des aires de stationnement, des routes ou des toits où les échantillons ont été prélevés pendant cette étude. Les résultats positifs pour les BICF à tous ces types d'emplacements prouvent de manière irréfutable que d'autres sources bactériennes en sont responsables. Les sources les plus probables sont les animaux sauvages et domestiques. Le fait que des résultats comparables ont été obtenus pour les BICF à des endroits très éloignés les uns des autres dans le secteur municipal et sur tous les types de surface indique que les sources responsables sont largement répandues.

Les résultats inférieurs (mais quand même positifs) pour les BICF dans les échantillons prélevés sur les toits indiquent que les excréments d'oiseaux contribuent très probablement à la présence de BICF à la surface des toits et que, sur les surfaces dures et plus basses comme les routes et les aires de stationnement, les chargements supérieurs de BICF, proviennent probablement aussi d'oiseaux, plus d'autres animaux sauvages et d'animaux domestiques. Les effets cumulatifs, à savoir l'écoulement des toits qui s'ajoute aux excréments des animaux familiers et des animaux sauvages sur les surfaces herbeuses et asphaltées, plus la persistance et l'établissement possibles des BICF dans les sols et la végétation (p. ex. Minnesota Stormwater Manual [2019], Tomasko [2016]), expliquent probablement les résultats plus élevés constatés dans les résultats recueillis sur les routes et les aires de stationnement.

Quand elles sont mobilisées sur ces surfaces imperméables pendant de fortes précipitations, les matières dissoutes et particulaires présentes dans l'écoulement de surface peuvent aboutir dans un délai très bref, via les collecteurs d'eaux de ruissellement, au réseau hydrographique. Les eaux qui finissent par s'écouler dans ces ruisseaux ont accumulé avant cela un éventail de contaminants (dont les BICF). Il n'est donc sans doute pas surprenant que la moyenne géométrique des niveaux de BICF aux emplacements SW et STR était la plus élevée de toutes (figure 9), supérieure aux valeurs maximales des recommandations établies pour la qualité des eaux utilisées aux fins d'activités récréatives de contact.

Une série d'analyses ont eu lieu précédemment à la lagune de la plage Parlee pour détecter la présence de BICF, à la fois dans l'eau et dans les sédiments (p. ex. Crandall Engineering, 2019). Les analyses de la présente étude ont révélé des résultats généralement insignifiants pour les BICF et, en gardant à l'esprit que les déversements dans la lagune semblent provenir principalement des surfaces des aires de stationnement adjacentes, il ne devrait pas être surprenant que ces résultats bactériens se situaient dans la même fourchette que ceux obtenus dans les analyses d'autres aires de stationnement. Ces aires de stationnement reçoivent les matières fécales déposées par des oiseaux et par d'autres animaux sauvages, plus (probablement) par des chiens.

Une récente analyse, publiée par Santé Canada, de l'utilisation des entérocoques en tant qu'indicateur de la qualité de l'eau est pertinente pour comprendre à la fois l'utilité de cet indicateur et ses limites (Santé Canada, 2019). D'après cette étude de référence, les méthodes d'analyse standard employées pour les entérocoques (et les coliformes) ne révèlent pas les espèces fécales particulières, mais se limitent au niveau du genre, et elles détectent les espèces qui se trouvent naturellement dans l'environnement. Des entérocoques ont été détectés dans un éventail d'habitats environnementaux, dont des plantes, des fleurs, des légumes, des céréales et des herbes, en eau douce et en eau de mer, dans le sable, le sol et des sédiments. Cela complique l'interprétation des résultats des BICF, comme on ne peut plus présumer qu'un seul genre est associé exclusivement aux déchets fécaux. D'après Moore et autres (2008), l'espèce *E. casseliflavus*, très présente dans l'environnement, était l'espèce dominante dans l'écoulement urbain, tandis que l'*E. faecium*, l'*E. faecalis* et l'*E. hirae* étaient dominantes dans les échantillons d'eaux d'égout. Il est très probable qu'un grand nombre d'échantillons de la baie de Shediac étaient influencés de manière similaire par des espèces d'entérocoques non fécaux, bien que les méthodes d'analyse standard ne permettent pas de le savoir.

Le petit nombre de résultats positifs pour les produits PPPH et pour la caféine (indicateurs de l'influence des eaux usées) est intéressant. Pour les emplacements en toiture, dans l'herbe, sur des routes et des aires de stationnement, l'influence des eaux usées sur leurs résultats devrait être impossible, sauf en cas d'importante inondation ou d'un important débordement, attesté ni l'un ni l'autre par aucune preuve pendant cette étude. D'ailleurs, aucune détection de PPPH ou de caféine n'a eu lieu à ces emplacements. Les seuls résultats positifs ont été obtenus à des emplacements en cours d'eau et en bassin de drainage, où l'influence des eaux usées est tout à fait possible si des canalisations des eaux usées fuient ou si des effluents se croisent. Les valeurs de caféine, d'acide salicylique et d'ibuprofène qui ont été trouvées étaient basses, mais peuvent indiquer des endroits où les impacts des eaux usées ou d'autres déchets justifient d'autres recherches. Les valeurs relativement basses des BCIF qui leur étaient associées indiquent qu'aucun point de contact grave n'existe avec les eaux usées aux emplacements de ces échantillons.

Un résultat lié aux analyses ciblant les PPPH a été la forte présence de l'insectifuge synthétique DEET dans de nombreux échantillons d'eaux de ruissellement et d'écoulement. Les niveaux détectés ont été les plus élevés aux emplacements de la lagune de la plage Parlee, ce qui est conforme à leur utilisation intense dans ce secteur aux fins des activités de loisir humaines. Rien n'indique, d'après l'examen de la recherche, que les niveaux de DEET détectés posent un risque pour l'environnement ou la santé humaine (p. ex. Weeks et autres, 2012, Costanzo et autres, 2007).

Les résultats de l'analyse des agents d'avivage optiques n'ont pas révélé l'existence d'une contamination par des eaux usées de source humaine du large éventail d'échantillons d'eaux de surface et d'eaux d'écoulement. Étant donné l'utilisation généralisée des produits à base d'agents d'avivage optiques, leur détection n'aurait rien de surprenant, surtout dans les emplacements en ruisseau où s'accumule l'écoulement de nombreuses sources. La méthode d'analyse employée peut être considérée comme relativement expérimentale et sa sensibilité n'est probablement pas suffisante pour détecter de manière fiable de très faibles concentrations d'agents d'avivage optiques, mais les résultats indiquent l'absence d'une importante contamination par les eaux usées. Le fait que cela concorde avec les résultats des PPPH donne plus de poids à cette conclusion.

7. SECTEURS PRÉOCCUPANTS OU SUJETS DE PRÉOCCUPATION

La principale conclusion de l'échantillonnage réalisé en 2019 a été l'absence de preuve d'impacts importants des eaux usées sur les niveaux de BICF observés dans les échantillons. L'étude n'a pas permis de déterminer des points chauds ou des sujets de préoccupation de cet ordre. Cette conclusion doit être nuancée puisque quelques détections de traceurs chimiques des eaux usées ont

eu lieu à quelques endroits. Les résultats des BICF connexes n'étaient pas élevés, mais une évaluation continue se justifie à ces endroits.

Bien que l'absence de preuve de l'impact d'eaux usées de source humaine soit rassurante, il n'en reste pas moins vrai que des concentrations élevées de BICF ont été trouvées à de nombreux endroits du bassin hydrographique dans des échantillons d'eau de nombreux types différents. Les petits ruisseaux où s'accumulent des contaminants se déversent dans la baie de Shediac, ce qui peut affecter la qualité de l'eau marine. Bien que les recommandations en vigueur pour la qualité des eaux utilisées aux fins d'activités récréatives de contact demeurent les mêmes, tout déversement de BICF, quelles qu'en soient les sources, est significatif, puisqu'il peut entraîner le dépassement de leurs valeurs maximales.

Les bactéries fécales, bien qu'elles suscitent beaucoup d'attention dans le secteur de l'étude, ne sont pas les seuls contaminants contenus dans les eaux de ruissellement. Des concentrations élevées d'autres matières, comme les métaux traces, les éléments nutritifs, les solides en suspension et dissous et les hydrocarbures, ont été trouvées dans ce type d'écoulement et peuvent dégrader les milieux récepteurs. Ces autres composants des eaux de ruissellement n'ont pas suscité autant d'intérêt jusqu'à présent, mais il serait instructif de les étudier de manière plus approfondie.

8. RECOMMANDATIONS ET MESURES D'ATTÉNUATION

Impacts des eaux de ruissellement et qualité de l'eau

D'après ce que nous avons appris jusqu'à présent, plusieurs mesures de suivi devraient être envisagées. Elles permettraient d'obtenir un complément d'information utile pour orienter les futurs efforts d'amélioration de la gestion des eaux de ruissellement dans le bassin hydrographique.

1. Surveillance des précipitations. Étant donné l'importance de la quantité de précipitations, leur moment et leur intensité, afin de comprendre et de gérer les eaux d'écoulement et de ruissellement, à la fois sur le plan de la qualité environnementale et sur celui des inondations et de l'érosion, il serait souhaitable d'envisager d'établir une station d'enregistrement fiable des précipitations, à un endroit adéquat, dans le secteur municipal de Shediac. Dans l'idéal, elle serait équipée d'un pluviomètre enregistreur qui mesurerait l'intensité des précipitations. Cette station emploierait des instruments de mesure standard, et l'emplacement choisi et son exploitation rendraient les résultats ainsi obtenus utilisables par les bases de données et les études climatologiques nationales.
2. Une analyse supplémentaire des paramètres chimiques des eaux de ruissellement devrait être réalisée. Elle serait utile pour situer dans leur contexte les impacts des entrées de métaux traces, d'éléments nutritifs et de particules dans le milieu récepteur. Des analyses supplémentaires seraient nécessaires pour les paramètres connexes pouvant être préoccupants, comme les hydrocarbures.
3. La surveillance de suivi et l'évaluation des impacts potentiels des eaux usées sont indiquées dans les secteurs proches des endroits où des PPPH et de la caféine ont été détectés (emplacements CB3.2, CB9.1, SW3, SW5, et STR 3.1 et STR 8.1).
4. En liaison avec la recommandation précédente, les influents à l'entrée de l'installation de traitement des eaux usées de Cap-Pelé devraient être analysés pour déterminer si ce flux de déchets contient des PPPH et de la caféine et, si oui, à quelles concentrations.

5. Dans le rapport de Crandall Engineering (Crandall Engineering, 2019), d'autres évaluations de l'état interne et du manque d'intégrité possible des conduites qui se déversent dans la lagune de la plage Parlee étaient recommandées. La mise en œuvre de cette recommandation devrait être envisagée et toutes les conduites qui se déversent dans la rigole de l'emplacement d'échantillonnage SW6 devraient être incluses dans cette évaluation.
6. Des efforts devraient viser à appuyer et, si possible, à accroître les travaux en cours pour réduire la quantité de déchets d'animaux familiers partout dans la municipalité. Une information continue des propriétaires d'animaux familiers est nécessaire pour sensibiliser aux impacts de ces déchets, non seulement sur les sentiers pédestres, mais aussi dans les lotissements résidentiels et dans toutes les zones récréatives. L'impact des déchets d'animaux familiers est probablement très important sur les concentrations de BICF dans les eaux d'écoulement, quel que soit l'endroit où ils sont déposés, si on les laisse à l'extérieur, sans les éliminer de manière contrôlée.
7. Le comportement des oiseaux devrait également être étudié à l'échelle de la municipalité. Cela améliorerait la compréhension de l'influence possible des oiseaux sur la qualité de l'eau, en ce qui concerne les niveaux de BICF. La connaissance des habitudes de rassemblement et de nidification permettrait peut-être de repérer des « points chauds ». Des mesures de réduction de la présence des oiseaux sur la plage devraient également être envisagées. Des efforts déployés ailleurs ont permis de constater les effets positifs de l'adoption de mesures de dissuasion des oiseaux sur la réduction des niveaux de BICF dans les plages. Par exemple, Converse et autres (2012), dans une étude de la qualité de l'eau à une plage du lac Michigan, ont démontré la forte baisse de l'*E. coli* et des entérocoques dans les eaux de baignade, quand les mouettes ont été chassées de la plage. Pandey et autres (2014) ont également constaté que les oiseaux constituaient une importante source des BICF trouvées sur les plages.
8. Si les ressources le permettent, l'analyse des BICF entérocoques dans des échantillons d'eaux de ruissellement devrait être réalisée en utilisant des méthodes qui permettent d'identifier les bactéries présentes au niveau des espèces.

Gestion réglementaire

1. Les règlements administratifs municipaux de Shediac qui influent d'une manière ou d'une autre sur la gestion des eaux de ruissellement à la fois sur le plan du volume et de la qualité de l'eau, devraient être passés en revue pour déterminer s'il est possible de les améliorer. Cet exercice devrait s'inscrire dans le cadre d'objectifs clairs en matière de santé humaine, de qualité de l'environnement, d'emplacements récréatifs et de sécurité publique. Une consultation pourra s'avérer nécessaire pour élaborer ces objectifs.
2. L'élaboration d'un manuel de conception municipal pour les eaux de ruissellement devrait être envisagée afin de servir de guide technique pour la planification, la conception et les détails de la construction de tous les éléments de l'infrastructure de drainage et de régularisation des eaux. Ce manuel devrait inclure toutes les pratiques exemplaires actuelles recommandées en matière de conception pour la gestion des eaux de ruissellement.
3. Une démarche de planification et de gestion intégrée des eaux de ruissellement devrait être employée pour orienter les efforts continus d'amélioration des résultats, dans le cadre de laquelle une équipe interdisciplinaire classerait les activités par ordre de priorité.

Planification et mesures à long terme

Les efforts d'amélioration continue dans la gestion des eaux de surface dans la région devraient être coordonnés et évalués dans le cadre d'un plan à l'échelle du bassin hydrographique examiné et mis à jour tous les dix ans. Les mesures à l'appui de l'utilisation d'un éventail d'approches d'aménagement à faible incidence (AFI) devraient s'inscrire dans des buts progressifs et à long terme, visant à mettre à niveau les installations et les équipements, conformément à de meilleures normes de conception, quand d'importants travaux d'entretien ou leur remplacement sont nécessaires.

Utilisation de la cartographie détaillée des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement

La carte détaillée des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement peut être utilisée de diverses façons. Si des mesures supplémentaires sont prises pour améliorer la qualité de l'eau dans la baie de Shediac, les données de la carte indiquent des limites utiles qui peuvent focaliser l'attention sur les endroits où les activités d'amélioration devraient avoir lieu. Compte tenu des impacts des eaux d'écoulement et de ruissellement, il serait logique de classer les mesures par ordre de priorité (par exemple, l'accroissement du nettoyage des déchets d'animaux familiers ou l'utilisation des pratiques exemplaires de gestion (PEG) des eaux de ruissellement dans les bassins hydrographiques des ruisseaux 1, 3 et 8).

La connaissance de la superficie des bassins hydrographiques peut également être utile pour la conception des PEG d'ingénierie en permettant de prévoir de manière détaillée les volumes des eaux d'écoulement. La carte peut également être utile pour planifier les risques d'inondations. L'application des objectifs d'urbanisme, par exemple dans les secteurs où les surfaces imperméables des nouveaux ensembles résidentiels devraient respecter des objectifs précis, peut également tenir compte des bassins hydrographiques des eaux de ruissellement définis. Les buts de conservation, comme la préservation d'une proportion minimale de couverture végétale naturelle, pourraient également être planifiés en utilisant l'information tirée de la carte.

Si des déversements de contaminants se produisent sur les routes, les aires de stationnement où ailleurs où ils peuvent entrer dans les égouts collecteurs, la carte peut indiquer de manière stratégique la direction suivie par les contaminants, ce qui peut accélérer et optimiser les mesures prises pour les endiguer.

9. RÉFÉRENCES

- BENDZ, DAVID, NICKLAS A. PAXEUS, TIMOTHY R. GINN, FRANK J. LOGE. 2005. « Occurrence and fate of pharmaceutically active compounds in the environment, a case study: Hoje River in Sweden », *Journal of Hazardous Materials* 122 (2005), p. 195–204.
- BURRES, ERICK. 2011. *Measuring Optic Brighteners in Ambient Water Samples Using a Fluorometer*. Consulté en ligne à : https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3414.pdf
- BUSER, HANS-RUDOLF, THOMAS POIGER, MARKUS D. MÜLLER. 1999. « Occurrence and Environmental Behavior of the Chiral Pharmaceutical Drug Ibuprofen in Surface Waters and in Wastewater », *Environ. Sci. Technol.* 1999, 33, 15, p. 2529-2535.
- CARMONA, ERIC, VICENTE ANDREU, YOLANDA PICÓ. 2014. « Occurrence of acidic pharmaceuticals and personal care products in Turia River Basin: From waste to drinking water », *Science of the Total Environment* 484 (2014), p. 53-63.
- CLARKE, BRADLEY O, TARUN ANUMOL, MORTON BARLAZ et SHANE A. SNYDER. 2015. « Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants », *Chemosphere*, volume 127, pages 269-275.
- COMEAU, F, C. SURETTE, G.L. BRUN, R. LOSIER. 2008. « The occurrence of acidic drugs and caffeine in sewage effluents and receiving waters from three coastal watersheds in Atlantic Canada », *Science of the Total Environment* 396 (2008), p. 132-146.
- CONVERSE R.R., KINZELMAN J.L., SAMS E.A., HUDGENS E, DUFOUR A.P., RYU H, SANTO-DOMINGO J.W., KELTY C.A., SHANKS O.C., SIEFRING S.D., HAUGLAND R.A., WADE T.J. 2012. « Dramatic improvements in beach water quality following gull removal », *Environ Sci Technol* », 18 sept. 2012; 46(18) : p. 10206-13.
- COSTANZO, S.D. A.J. WATKINSON, E.J. MURBY, D.W. KOLPINC, M.W. SANDSTROM. 2007. « Is there a risk associated with the insect repellent DEET (N,N-diethyl-m-toluamide) commonly found in aquatic environments? », *Science of The Total Environment*, volume 384, numéros 1–3, 1^{er} octobre 2007, pages 214-220.
- CRANDALL ENGINEERING. 2019. *Parlee Beach Provincial Park Channel Assessment Study & Report*, 68 pages.
- HUGHES, R.N., 2019. *Investigative Stormwater Sampling Program for the Shediac Bay Watershed*. Rapport préparé pour le ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick, 34 pages.
- KHAMIS, M, R. KARAMAN, F. AYYASH, A. QTAIT O. DEEB et A. MANSSRA. 2011. « Efficiency of Advanced Membrane Wastewater Treatment Plant towards Removal of Aspirin, Salicylic Acid, Paracetamol and p-Aminophenol », *Journal of Environmental Science and Engineering*, 5 (2011), p. 121-137
- MCKENZIE, ERICA R, JON E. MONEY, PETER G. GREEN et THOMAS M. YOUNG. 2009. « Metals associated with stormwater-relevant brake and tire samples », *Sci Total Environ*, 1^{er} nov. 407 (22), p. 5855–5860.
- MINNESOTA STORMWATER MANUAL, 2019. Ressource Web, consultée en mars 2019. https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Bacteria_in_stormwater

- MOORE, D.F., GUZMAN, J.A. et MCGEE, C. (2008). « Species distribution and antimicrobial resistance of enterococci isolated from surface and ocean water », *J. Appl. Microbiol.*, 105 (4), p. 1017-1025.
- NASSOUR, RANA, AYASH, ABDULKARIM et MOHAMAD, ISSAM. 2017. « The Effect of Ultraviolet Radiation on Chlorophyll in *Chlamydomonas reinhardtii* », *International Journal of Agriculture & Environmental Science*. 4. p. 23-27. 10.14445/23942568/IJAES-V4I6P105.
- PANDEY, PRAMOD K, PHILIP H KASS, MICHELLE L SOUPIR, SAGOR BISWAS et VIJAY P SINGH. 2014. « Contamination of water resources by pathogenic bacteria », *MB Express*. 2014; 4: 51. Publié en ligne le 28 juin 2014. Sur Internet : doi: 10.1186/s13568-014-0051
- PORTAIL DE DONNÉES SUR LA QUALITÉ DES EAUX DU NOUVEAU-BRUNSWICK, 2020. Ressource en ligne, consultée à : <https://www.elgegl.gnb.ca/WaterNB-NBEau/fr/Lieu%C3%89chantillonage/Indice>.
- SANTÉ CANADA. 2012. *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada*, troisième édition, Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario) (numéro au catalogue : H129-15/2012F).
- SANTÉ CANADA. 2019. *Conseils sur l'utilisation des entérocoques comme bactéries indicatrices dans les sources d'approvisionnement en eau potable canadiennes* - Document de conseils pour consultation publique. Consulté à : [https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/consultation-enterococci-drinking-water/Enterococci%202018-1119%20\(consultation%20publique\)%20FR.pdf](https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/consultation-enterococci-drinking-water/Enterococci%202018-1119%20(consultation%20publique)%20FR.pdf)
- SASKATCHEWAN WATER SECURITY AGENCY, 2014. *Stormwater Guidelines*, 22 pages. Consulté à : <http://www.saskh20.ca/DWBinder/epb322.pdf>
- SAUER E.P., VANDEWALLE J.L., BOOTSMA M.J. et MCLELLAN S.L. 2011. Detection of the human specific *Bacteroides* genetic marker provides evidence of widespread sewage contamination of stormwater in the urban environment, « *Water Res.* », 2011; 45 : p. 4081–91.
- SAUVÉ, SÉBASTIEN, KHADIJA ABOUFADL, SARAH DORNER, PIERRE PAYMENT, GUY DESCHAMPS et MICHÈLE PRÉVOST. 2011. « Fecal coliforms, caffeine and carbamazepine in stormwater collection systems in a large urban area », *Chemosphere* 86 (2012), p. 118–123.
- TOMASKO, D. 2016. *Finding sources of fecal coliform bacteria in stormwater runoff*. Consulté à : <https://www.florida-stormwater.org/assets/MemberServices/Webinars/fsa%20webinar%20presenter%20ppt%20%20tomasko%20may%202012.pdf>
- WEEKS, JA, GUINEY PD, NIKIFOROV AI. 2012. « Assessment of the environmental fate and ecotoxicity of N,N-diethyl-m-toluamide (DEET) », *Integr Environ Assess Manag.*, 8 jan. (1): p. 120-34. Sur Internet : doi: 10.1002/ieam.1246.
- YOU, LUHUA, VIET TUNG NGUYEN, AMRITA PAL, HUITING CHEN, YILIANG HE, MARTIN REINHARD, KARINA YEW-HOONG GIN. 2015. « Investigation of pharmaceuticals, personal care products and endocrine disrupting chemicals in a tropical urban catchment and the influence of environmental factors », *Science of The Total Environment*, volume 536, 1^{er} décembre 2015, pages 955-963.

ANNEXE A : MÉTHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE DES BASSINS HYDROGRAPHIQUES DES EAUX DE RUISSELLEMENT

Section des sciences de l'eau, ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick

Le processus décrit ci-dessous a été employé pour créer les limites des zones de drainage des eaux de ruissellement dans le secteur municipal de Shediac. Cette méthodologie, ces principes fondamentaux et ces concepts sont similaires à ceux de la délimitation des bassins hydrographiques naturels, comme elle détermine essentiellement la zone qui draine les eaux vers le même exutoire. En revanche, pour délimiter ces zones pour les eaux de ruissellement, la majorité des points d'écoulement étaient des ouvrages (exutoires ou drains) de l'infrastructure des eaux de ruissellement. Ces dispositifs ont servi d'emplacements d'accumulation de flux la plus élevée (points d'écoulement). Les données SIG sur ces emplacements de l'infrastructure des eaux de ruissellement (c.-à-d. conduites, exutoires, bouches d'égout) ont été fournies par la Ville de Shediac.

Un modèle numérique de terrain (MNT) à haute résolution (résolution de 30 cm) a constitué le travail préparatoire de l'analyse et de la modélisation. La version 10.8 d'ArcMap et l'extension Spatial Analyst ont été utilisées pour préparer les données en vue de la numérisation des zones de drainage des eaux de ruissellement. Ce qui suit est la description des étapes pertinentes de la méthodologie.

- 1) Reconditionnement du MNT sur la base d'une résolution lidar de 30 cm : le modèle numérique du MNT a été préparé en abaissant de 10 mètres l'élévation de 34 ponceaux au total, ce qui a été accompli en utilisant la calculatrice raster. C'est pertinent pour les zones à faible relief topographique comme la ville de Shediac.
- 2) Bassin hydrographique (outils Spatial Analyst) : cette série d'outils et leur séquence d'utilisation ont déterminé les limites des bassins hydrographiques.
 1. Remplissage des cuvettes (correction des imperfections dans le MNT)
 2. Calcul de la direction de flux
 3. Calcul de l'accumulation de flux
 4. Capture des points d'écoulement (exutoires des eaux de ruissellement)
 5. Calcul des limites des bassins hydrographiques (format raster)
 6. Conversion des limites des bassins hydrographiques (format vectoriel)
- 3) Analyse de superposition des limites des bassins hydrographiques et des ouvrages des eaux de ruissellement : la strate de données SIG créée à l'étape 6 a servi de référence pour numériser les nouvelles limites et pour être capable d'intégrer les infrastructures des eaux de ruissellement (conduites, prises d'eau, bouches d'égout). D'autres données SIG ont également fait partie de cette analyse, notamment un raster d'ombrage, des routes, des données du Réseau hydrographique du Nouveau-Brunswick et l'imagerie.
- 4) Examen et commentaires : les limites des bassins hydrographiques ont été passées en revue par les techniciens et les spécialistes de la Ville de Shediac et leurs observations ont été intégrées à la version finale.
- 5) Correction et observations : les limites des bassins hydrographiques ont été adaptées ou modifiées aux endroits nécessaires pour inclure les ouvrages des eaux de ruissellement (exutoires et conduites).

Sources consultées

LI, RUOPU et TANG, ZHENGHONG et LI, XU et WINTER, JESSIE. (2013). « Drainage Structure Datasets and Effects on LiDAR-Derived Surface Flow Modeling », *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2. p. 1136-1152. 10.3390/ijgi2041136.

JOSEPH, T. (2014). *Catchment and Overland Flow Pathway Delineation using LiDAR and GIS Grid Based Approach in Urban Stormwater and Sewer Network Models*. ASPRS – Annual Conference.
MAPC (2015). Neponset Outfall Catchment Analysis.