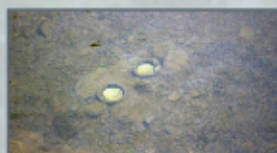


RAPPORT

Projet de recherche et développement sur le transport sédimentaire dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge





RAPPORT

Projet de recherche et développement sur le transport sédimentaire dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge

Mars 2010

N/Réf. : 55858-100



3075, ch. des Quatre-Bourgeois, bureau 300
Québec (Québec) G1W 4Y4
T 418 654-9600 **F** 418 654-9699

Équipe de travail

Élaboré et réalisé par : Roche Itée Groupe-conseil pour le Conseil de bassin versant de la rivière du Cap Rouge (CBRCR).

- Vital Boulé, M.Sc., PMP, Directeur de projet
- Gabriel Caisse, M.Sc., biologiste, spécialiste des milieux humides
- Pierre Côté, cartographe, technicien en géomatique
- Marie-Lou Coulombe, M.Sc., biologiste, spécialiste de la qualité de l'eau et des sédiments
- Maxime Léveillé, M.Sc., biologiste, spécialiste de l'habitat du poisson
- Catherine Vallières, M.Sc., biologiste, spécialiste de la qualité de l'eau et des sédiments
- Rénaud Pelletier, technicien en sciences naturelles
- Nadine Pagé, adjointe administrative

Avec la participation de :

- Roche Itée, Secteur Environnement, André Vachon, biologiste, vice-président principal
- Roche Itée, Secteur Municipal, Sylvie Lavigne, ing. vice-présidente adjointe
- Roche Itée, Secteur Développement Durable, Gaston Déry, ing. forestier, vice-président
- Biolistik
- Conseil de bassin versant de la rivière du Cap Rouge (CBRCR)
- Firme XpertSea dirigée par Valérie Robitaille candidate au doctorat à l'INRS-ETE et spécialiste en transport sédimentaire
- Laboratoire Exova
- Ville de Québec

Avec la participation bénévole de :

- Caroline Anderson
- Isabelle Beaudin
- Vital Boulé
- Louis Désilet
- Claudine Fortier
- Nathalie Gaudette
- Pierre-Olivier Laflamme
- Valérie Robitaille
- Frédéric Rochon
- Martin Bouchard Valentine

Vital Boulé, Directeur de projet

Table des matières

Équipe de travail	iii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Liste des photos	x
Liste des cartes	xii
Liste des annexes	xii
Lexique	xiii
1. Introduction	1
1.1 Préambule.....	1
1.2 Objectifs visés par l'étude	4
1.3 Hypothèses	4
1.4 Mesures réalisées pour quantifier et valider les hypothèses.....	5
1.5 Composantes du projet.....	5
2. Sables urbains (matières solides potentiellement mobilisables)	7
2.1 Contexte et objectifs	7
2.2 Méthodologie.....	7
2.3 Résultats et discussion	11
2.3.1 Conditions météorologiques	11
2.3.2 Matières solides potentiellement mobilisables.....	11
2.4 Synthèse et conclusion	17
3. Qualité de l'eau.....	19
3.1 Contexte et objectifs	19
3.2 Méthodologie.....	19
3.2.1 Sites et périodes d'échantillonnage	19
3.2.1.1 Programme de suivi du CBRCCR.....	19
3.2.1.2 Suivi de trois tributaires en périodes de précipitations	21
3.2.2 Analyse statistique	22
3.3 Résultats et discussion	22
3.3.1 Qualité de l'eau de la rivière du Cap Rouge	23
3.3.1.1 Physico-chimie de base.....	29
3.3.1.2 Nutriments	32

3.3.1.3	Microbiologie.....	33
3.3.2	Qualité de l'eau des tributaires	35
3.3.2.1	Précipitations et aspects des tributaires lors de l'échantillonnage	42
3.3.2.2	Physico-chimie de base.....	43
3.3.2.3	Nutriments	47
3.3.2.4	Anions et cations	48
3.3.2.5	Métaux et métalloïdes.....	50
3.4	Synthèse et conclusion	53
3.4.1	Suivi de la qualité de l'eau de la rivière.....	53
3.4.2	Suivi de la qualité de l'eau des tributaires.....	54
4.	Qualité des sédiments	57
4.1	Contexte et objectifs.....	57
4.2	Méthodologie.....	57
4.3	Résultats et discussion	58
4.4	Synthèse et conclusion	68
5.	Trappes à sédiments	71
5.1	Contexte et objectifs.....	71
5.2	Conception et essais.....	73
5.3	Méthodologie.....	76
5.3.1	Description des sites	76
5.3.2	Taux de déposition des sédiments	82
5.3.3	Granulométrie des sédiments	84
5.4	Résultats et discussion	85
5.4.1	Taux de déposition des sédiments	85
5.4.2	Granulométrie des sédiments	88
5.5	Synthèse et conclusion	92
6.	Historique de sédimentation	95
6.1	Contexte et objectifs.....	95
6.2	Méthodologie.....	95
6.3	Résultats et discussion	98
6.4	Synthèse et conclusion	102
7.	Caractérisation de l'habitat du poisson.....	103
7.1	Contexte et objectifs.....	103
7.2	Méthodologie.....	103
7.2.1	Habitat du poisson	103
7.2.2	Pêches expérimentales.....	103

7.3	Résultats et discussion	104
7.3.1	Habitat du poisson	104
7.3.1.1	Section 1 - Confluence des deux principaux tributaires de la rivière du Cap Rouge.....	104
7.3.1.2	Section 2 - De la confluence des deux principaux tributaires de la rivière du Cap Rouge à l'amont du boulevard Hamel	108
7.3.1.3	Section 3 - De l'amont du boulevard Hamel au parc des Écores (boul. Chaudière).....	108
7.3.1.4	Section 4 - Du parc des Écores jusqu'à l'embouchure de la rivière....	111
7.3.2	Effets de la charge sédimentaire sur les habitats du poisson	113
7.3.3	Pêches expérimentales.....	114
7.4	Synthèse et conclusion	120
8.	Participation bénévole et contribution de Roche ltée et de ses partenaires	123
8.1	Participation bénévole.....	123
8.2	Contribution de Roche	123
8.3	Contributions des divers partenaires	124
9.	Conclusion et recommandations	125
	Références.....	133

Liste des tableaux

Tableau 2.1	Résultats des placettes échantillons utilisées pour mesurer les quantités de matières solides potentiellement transportées vers la rivière du Cap Rouge par ruissellement.	13
Tableau 3.1	Qualité de l'eau des cinq stations de suivi de la rivière du Cap Rouge et conformité avec les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique	25
Tableau 3.2	Statistiques descriptives des paramètres mesurés lors du suivi de la qualité de l'eau dans la rivière du Cap Rouge	27
Tableau 3.3	Qualité de l'eau de trois tributaires et conformité avec les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.....	37
Tableau 3.4	Moyennes (Moy.) et écart-types (É-T) des paramètres de qualité de l'eau mesurés lors des pluies du 10 mai, du 19 juin et du 27 septembre dans trois tributaires.	41
Tableau 3.5	Précipitations enregistrées à la station météorologique de l'aéroport Jean Lesage Intl (701S001) les jours d'échantillonnage et les jours précédents	42
Tableau 3.6	Coefficients de corrélation de Pearson (<i>r</i>) exposant la relation entre le transport sédimentaire, exprimé par les concentrations de matière en suspension et la turbidité, et certains métaux (<i>en italique</i> : valeurs <i>P</i> ; <i>N</i> = 9).....	52
Tableau 4.1	Qualité des sédiments prélevés à deux stations du cours principal de la rivière Cap-Rouge (embouchure et 1,5 km en amont) et à trois stations situées sur certains de ces tributaires.....	59
Tableau 4.2	Statistiques descriptives de la qualité des sédiments prélevés à 5 stations	61
Tableau 4.3	Teneurs totales de divers éléments dans la croûte terrestre	64
Tableau 5.1	Statistiques descriptives sommaires des résultats liés à l'utilisation de trappes à sédiments.....	76
Tableau 5.2	Occupation du sol dans les sous-bassins des stations de suivi.....	79
Tableau 5.3	Variabilité (%) des taux de déposition ($\text{kg/m}^2/\text{jour/ha}$) entre les deux trappes à sédiments installées à une même station.....	85
Tableau 5.4	Statistiques descriptives des taux de déposition mesurés dans chacune des trappes à sédiments.....	87
Tableau 7.1	Caractéristiques des stations de pêche expérimentale	107
Tableau 7.2	Données de caractérisation de l'habitat du poisson	115

Tableau 7.3	Habitat de reproduction des espèces de poissons lithophiles potentiellement présentes	117
Tableau 7.4	Poissons capturés lors des pêches expérimentales	118
Tableau 7.5	Abondance relative des poissons capturés lors des pêches expérimentales	120

Liste des figures

Figure 1.1	Localisation géographique du bassin versant de la rivière du Cap Rouge par rapport à la Ville de Québec.....	2
Figure 2.1	Masse sèche de matières solides récoltées (g/m^2) sur les placettes en fonction de l'occupation du sol	12
Figure 2.2	Masse sèche (par classe granulométrique) de matières solides récoltées sur les placettes en fonction de l'occupation du sol.	12
Figure 2.3	Proportion (%) de matières solides fines et grossières récoltées sur les placettes selon l'occupation du sol.	15
Figure 2.4	Terrains non boisés situés dans le parc industriel François-Leclerc à Saint-Augustin-de-Desmaures	16
Figure 3.1	Positionnement des stations de suivi régulier de la qualité de l'eau	20
Figure 3.2	Positionnement des stations d'échantillonnage de l'eau lors de 3 périodes de pluie. En orange : délimitation du bassin versant. En jaune : délimitation des sous-bassins versants secondaires.....	21
Figure 3.3	Variations spatiales du pH et de la conductivité dans le cours principal de la rivière en fonction de la date d'échantillonnage	30
Figure 3.4	Variations spatiales des concentrations de MES et de la turbidité dans la rivière du Cap Rouge en fonction de la date d'échantillonnage.....	31
Figure 3.5	Variations spatiales des concentrations de phosphore total dans la rivière du Cap Rouge en fonction de la date d'échantillonnage (à gauche) et en moyenne (à droite; les barres d'erreur représentent l'écart-type). La ligne pointillée du graphique de gauche indique le critère de protection de la vie aquatique du MDDEP pour le phosphore.....	33
Figure 3.6	Variations spatiales des concentrations de nitrites-nitrates dans la rivière du Cap Rouge en fonction de la date d'échantillonnage (à gauche) et en moyenne (à droite; les barres d'erreur représentent l'écart-type)	34

Figure 3.7	Variations spatiales (à gauche) et temporelle (à droite) des concentrations de coliformes fécaux dans le cours principal de la rivière. Les traits pointillés représentent les critères d'activités aquatiques de contact primaire (200 UFC/100 ml) et secondaire (1000 UFC/100 ml) du MDDEP (2008).....	35
Figure 3.8	Réseau routier du sous-bassin versant No. 3 drainé par le tributaire de la station T-3	49
Figure 3.9	Parc industriel Félix-Leclerc dans le sous-bassin versant No. 16	50
Figure 3.10	Dates d'échantillonnage de l'eau du suivi en fonction des précipitations journalières.	54
Figure 4.1	Position des stations d'échantillonnage des sédiments prélevés le 31 juillet 2009. ...	58
Figure 4.2	Distribution des concentrations de métaux et de métalloïdes les plus abondants dans les sédiments	66
Figure 4.3	Distribution des concentrations de métaux et de métalloïdes les moins abondants dans les sédiments	67
Figure 5.1	Température moyenne de l'air à l'aéroport Jean-Lesage.....	72
Figure 5.2	Étapes pour installer et récolter les sédiments avec un SÉDIBAC (tirée de Lachance et Dubé, 2004)	74
Figure 5.3	Image Google Earth du sous-bassin 18 où se situe la station T-1.....	78
Figure 5.4	Image Google Earth du sous-bassin 16 où se situe la station T-2.....	78
Figure 5.5	Image Google Earth du sous-bassin 3 où se situe la station T-3.....	81
Figure 5.6	Image Google Earth des sous-bassins 20 à 27 où se situe la station T-4	81
Figure 5.7	Taux de déposition des sédiments en fonction de l'intensité des précipitations pour diverses occupations du sol.....	87
Figure 5.8	Variations de la concentration de matières en suspension en fonction de la profondeur de l'eau pour différentes classes granulométriques (sable grossier, sable moyen, sable fin et silt et argile) représentant leur vitesse de déposition (Bartram et Ballance 1996).....	88
Figure 5.9	Proportion de sédiments inférieurs à 1000 µm, de débris organiques et de sable moyen et grossier récoltés dans les trappes selon l'occupation du sol.....	90
Figure 5.10	Distribution granulométrique des sédiments (inférieur à 1000 µm) récoltées dans certaines trappes selon les différents sites et date de collecte.	90

Figure 5.11	Proportion de sédiments fins, de sable fin et très fin ainsi que de sable moyen et grossier pour diverses occupations du sol	91
Figure 5.12	Proportion de sédiments fins et grossiers (< 1000 µm) en fonction de l'intensité des précipitations.....	92
Figure 5.13	Période couverte par les trappes à sédiments lors de la saison hydrologique 2009. .	92
Figure 6.1	Visualisation des matériaux grossiers dans chacune des carottes de sédiment prélevées	100
Figure 6.2	Résultats de la stratigraphie de la carotte A.....	100
Figure 6.3	Résultats de la stratigraphie de la carotte B.....	101
Figure 6.4	Résultats de la stratigraphie de la carotte C	101

Liste des photos

Photo 2.1	Concentration des matières solides en bordure de la rue du Domaine le 31 mars 2009 suite aux pluies de la fin du mois de mars.....	7
Photo 2.2	Quantité de matières solides récoltées sur une placette échantillon de 1 m ² sur le trottoir de la rue du Domaine (17 mars 2009)	7
Photo 2.3	Exemple de placette échantillon sur le trottoir de la rue du Domaine (2009-03-17).	8
Photo 2.4	Équipement utilisé pour récolter les échantillons.	8
Photo 2.5	Rivière du Cap Rouge à l'aval de la la rue du Domaine, le 31 mars 2009.....	8
Photo 2.6	Matières solides restantes en bordure de la rue du Domaine, le 8 avril 2009	8
Photo 3.1	Comparaison des trois tributaires échantillonnés pour la qualité de l'eau selon les dates d'échantillonnage	45
Photo 3.2	Ponceau effondré dans le tributaire tout juste à l'amont de T-2.....	47
Photo 3.3	Périphyton sur le substrat du tributaire T-2 drainant un sous-bassin versant industriel et agricole (28 août 2009).....	47
Photo 5.1	Concept retenu pour les trappes à sédiments développées par Roche	75
Photo 5.2	Site d'implantation des trappes à sédiments T-1-1 et T-1-2 dans le sous-bassin No. 18	77
Photo 5.3	Trappes à sédiments arrachées au site T-2 le 27 septembre 2009.....	82

Photo 5.4	Site d'implantation des trappes à sédiments T-2-1 et T-2-2 dans le sous-bassin No. 16	83
Photo 5.5	Site d'implantation des trappes à sédiments T-3-1 et T-3-2 dans le sous-bassin No. 3	83
Photo 5.6	Site d'implantation des trappes à sédiments T-4-1 et T-4-2 dans les sous-bassins No. 20 à 27	83
Photo 5.7	Tamis et dessicateur utilisés pour trier et sécher les sédiments	84
Photo 5.8	Balances utilisées pour peser les sédiments.....	84
Photo 5.9	Appareil de mesure au laser pour déterminer la granulométrie des particules fines ..	84
Photo 5.10	Ponceau effondré dans le tributaire tout juste à l'amont de la station T-2	86
Photo 6.1	Tube utilisé pour prélever les carottes de sédiments	95
Photo 6.2	Station A de prélèvement des carottes de sédiments	96
Photo 6.3	Carottage de sédiments à la station B.....	96
Photo 6.4	Carottage de sédiments à la station C.....	96
Photo 6.5	Appareil d'imagerie médicale utilisé pour reconstituer la stratigraphie des carottes de sédiments (INRS-ETE)	96
Photo 7.1	Confluence des deux ruisseaux.....	108
Photo 7.2	Traverse de machinerie agricole dans le ruisseau du Grand Village	108
Photo 7.3	Zone de rapide dans la rivière du Cap Rouge	110
Photo 7.4	Seuil infranchissable pour les poissons.....	110
Photo 7.5	Fossé de drainage en bordure de l'autoroute 40.....	110
Photo 7.6	Émissaire d'eaux pluviales dans le tronçon TR-20.....	110
Photo 7.7	Faciès d'écoulement de type chenal dans le tronçon TR-24	110
Photo 7.8	Zone de gravier potentiellement utilisée pour la fraie des poissons dans le tronçon TR-24	110
Photo 7.9	Meunier rouge dont on aperçoit la ligne latérale rouge, en comportement de fraie sur un haut-fond graveleux, le 12 mai 2009	111
Photo 7.10	Frayère typique à meunier rouge sur un haut-fond graveleux le 12 mai 2009.....	111
Photo 7.11	Émissaire d'eaux pluviales dans le tronçon TR-18.....	111

Photo 7.12	Émissaire d'eaux pluviales dans le tronçon TR-19	111
Photo 7.13	Embouchure de la rivière du Cap Rouge	112
Photo 7.14	Image satellite du seuil situé près du boulevard de la Chaudière	112
Photo 7.15	Refoulement des eaux de la rivière devenues stagnantes dû à l'effet de la marée (6 mai 2009)	112
Photo 7.16	Périphyton sur le substrat de la station T-3 (28 août 2009)	113
Photo 7.17	Eaux turbides dans le tributaire T-3 en période de hautes eaux dans le sous-bassin 3 (4 juillet 2009)	113

Liste des cartes

Carte 2.1	Positionnement des placettes échantillons de sables urbains et des stations de trappe à sédiments	9
Carte 6.1	Emplacement général des stations de carottage (A, B, C) des sédiments à l'embouchure de la rivière du Cap Rouge.	97
Carte 6.2	Emplacement des stations de carottage des sédiments A et B.	97
Carte 7.1	Positionnement des tronçons homogènes et des stations de pêches expérimentales	105

Liste des annexes

Annexe 5.1	Exemples de dispositifs et de méthodes de mesure du transport sédimentaire identifiés lors de la revue de littérature
Annexe 5.2	Relations entre les taux de déposition (kg de masse sèche/m ² de substrat/jour/ha de bassin versant) en fonction de l'intensité de précipitation (mm/jour de pluie)
Annexe 5.3	Données brutes récoltées à l'aide des trappes à sédiments

Lexique

Adsorption :	<i>Fixation, à la surface d'un solide, de molécules gazeuses, liquides, d'une substance dissoute ou de particules solides. (OLF, 2010)</i>
Aire d'alevinage:	<i>Désigne une zone où l'on retrouve des alevins qui sont définis comme des jeunes poissons vivant encore sur les réserves alimentaires de leur sac vitellin.</i>
Aire d'alimentation :	<i>Désigne une zone où des individus de l'espèce s'alimentent ou peuvent trouver de la nourriture. (http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/habitat/fr/classes.htm)</i>
Aire de reproduction :	<i>Zone où les mâles et les femelles d'une espèce se rassemblent pour se reproduire ce qui inclut les frayères connues ou potentielles. (http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/habitat/fr/classes.htm)</i>
Azote total Kjeldalh :	<i>Par la méthode Kjeldalh, on dose en même temps l'ammoniac et l'azote organique. (McNeely et al., 1980)</i>
Blanc d'échantillonnage :	<i>Un échantillon du solvant (eau distillée) utilisé pour le rinçage final du matériel d'échantillonnage qui est manipulé, conservé et analysé de la même façon que les échantillons. Il permet de détecter une éventuelle contamination des échantillons durant le prélèvement et le transport de ceux-ci.</i>
Charriage :	<i>Limon, sable, gravier ou débris de sol et de roche charriés par un cours d'eau sur le lit ou immédiatement au-dessus. (OLF, 2010)</i>
Duplicata :	<i>Échantillon prélevé en double provenant du même endroit et prélevé de la même façon</i>

	<i>permettant de vérifier la variabilité inhérente au medium (eau ou sédiment) ainsi que la fiabilité et la performance analytique des analyses.</i>
Espèce à statut particulier :	<i>Les espèces à statut particulier regroupent les espèces apparaissant sur la liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec, en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables (LEMV), au Québec (MRNF, 2009), les espèces en péril selon la liste des espèces en péril du Canada (Gouvernement du Canada, 2009) élaborée par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC, 2009).</i>
Espèces lithophiles d'eaux calmes :	<i>Espèces qui déposent leurs œufs sur des fonds constitués de blocs, de roche, de gravier ou de sable dans des eaux avec un courant de moins de 30 cm/s. (plus de détails dans Lavoie et Talbot, 1988)</i>
Espèces lithophiles d'eaux vives :	<i>Espèces qui déposent leurs œufs sur des fonds constitués de blocs, de roche, de gravier ou de sable dans des eaux avec un courant de 30 cm/s et plus. (plus de détails dans Lavoie et Talbot, 1988)</i>
Frayère confirmée :	<i>Les frayères confirmées sont celles où des travaux spécifiques ont permis de mettre en évidence la fraie d'une espèce en particulier (observation de comportement de fraie ou d'œufs).</i>
Frayère potentielle :	<i>Les frayères potentielles correspondent aux sites identifiés sur la base des habitats préférentiels de fraie des espèces et des caractéristiques des cours d'eau. Dans le cadre de la présente étude, le potentiel pour la fraie a été évalué à l'aide des critères établis par</i>

	<i>Lavoie et Talbot (1984) tiré de Armellin et Mousseau (1998) pour huit des principales guildes de poissons.</i>
Guilde :	<i>Ensemble d'espèces voisines qui exploitent une même ressource environnementale (e.g. habitat) de façon similaire. (Root, 1967)</i>
Granulométrie :	<i>Science ayant pour objet la mesure des dimensions et la détermination de la forme des particules ou des grains. (OLF, 2010)</i>
Habitat du poisson :	<i>Frayères, aires d'alevinage, de croissance et d'alimentation et routes migratoires dont dépend, directement ou indirectement, la survie des poissons. (Loi sur les pêches : L.R., 1985, ch. F-14)</i>
Herbier aquatique :	<i>Milieu aquatique caractérisé par une dominance de la végétation flottante, de la végétation algale, de la végétation submergée ou des trois. (Jacques et Hamel, 1982)</i>
Juvéniles :	<i>Utilisé pour désigner, de façon générale, les individus immatures chez les poissons et les invertébrés, incluant les oeufs et les alevins.</i>
Matières suspension :	<i>Matières de taille microscopique dans une eau. Elles peuvent être éliminées par décantation ou filtrage. (Parent, 1990)</i>
Matières solides :	<i>Ensemble des matières de nature diverse présente dans une eau. (Parent, 1990)</i>
Benthiques :	<i>1) Qualifie le milieu correspondant au fond des océans, mers, lacs. 2) Se dit également des organismes vivants, animaux et végétaux, qui y vivent. (Parent, 1990)</i>
Particule :	<i>Matière d'origine minérale ou organique en suspension dans l'eau. (Parent, 1990)</i>

Poisson :	<i>Le terme poisson comprend les poissons proprement dits et leurs parties et par assimilation les mollusques, les crustacés et les animaux marins ainsi que leurs parties, selon le cas, les oeufs, le sperme, la laitance, le frai, les larves, le naissain et les petits des animaux mentionnés. (Loi sur les pêches : L.R., 1985, ch. F-14)</i>
Saltation :	<i>Mode de déplacement par sauts successifs des particules grossières entraînées par de l'eau ou le vent. (Parent, 1990)</i>
Sédiment :	<i>Dépôt d'origine détritique, chimique ou organique, résultant de l'altération physique et chimique des roches, de la précipitation de matières dissoutes ou en suspension dans l'eau ou de l'accumulation continentale ou marine de matières organiques. (Parent, 1990)</i>
Sensibilité :	<i>Résilience et robustesse des poissons et de leurs habitats en considérant la rareté et l'importance relatives de ceux-ci, ainsi que la relation espèces-habitats.</i>

1. Introduction

1.1 Préambule

La Politique nationale de l'eau (PNE), rendue publique en 2002, prône une gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Cette approche vise une gestion selon les limites d'un bassin versant, au lieu des limites administratives des villes, des municipalités ou des municipalités régionales de comté (MRC). Au Québec, les organismes de bassin versant (OBV) sont les organismes responsables de l'application de ce mode de gestion de l'eau par le biais de tables de concertation et de planification. Leur mandat premier est d'élaborer un plan directeur de l'eau (PDE) présentant un portrait et un diagnostic du bassin versant, les enjeux, les orientations et les objectifs à atteindre ainsi qu'un plan d'action qui sera concrétisé par la signature de contrats de bassin. Les OBV sont formés de représentants de tous les acteurs d'un bassin versant tels que les MRC, les municipalités, les usagers, les groupes environnementaux et les citoyens. Des représentants gouvernementaux y siègent mais sans droit de vote. Le PDE doit entre autre permettre de mieux comprendre les enjeux liés à la gestion de l'eau sur le territoire du bassin versant et fournir des lignes directrices et objectifs de prévention, de protection, de restauration et de mise en valeur pour les différents sous-bassins du territoire. Le portrait du bassin versant constitue la première étape de préparation d'un PDE.

Le Conseil de bassin de la rivière du Cap Rouge (CBRCR) qui fait maintenant partie de l'organisme de zone de la rivière Saint-Charles, complète présentement un portrait du bassin versant de la rivière du Cap Rouge. Le CBRCR qui a été fondé en 2003, joue un rôle de catalyseur et de médiateur en privilégiant la concertation de l'ensemble des usagers et des acteurs du bassin versant et en agissant à plusieurs niveaux pour la restauration et la préservation de la rivière. Il est à noter que le bassin versant de la rivière du Cap Rouge a déjà fait l'objet de nombreux rapports couvrant divers aspects du territoire dont les informations sont intégrées au portrait qui sera complété au début 2010.

La rivière du Cap Rouge est située à la périphérie de la Ville de Québec et possède un bassin versant de 82 km² (Figure 1.1). Ce bassin subit, comme bien des rivières du Québec, l'influence des activités agricoles et de secteurs urbains. Plusieurs facteurs ont modifié le régime hydrologique de la rivière en diminuant significativement la capacité de rétention et d'infiltration des eaux de ruissellement dans le bassin versant. Parmi ces facteurs notons le déboisement, le redressement et la canalisation des ruisseaux, la perte graduelle de milieux humides et l'imperméabilisation des surfaces due à l'étalement urbain. Les eaux de ruissellement empruntent maintenant les voies préférentielles d'écoulement que sont les fossés de drainage et les égouts pluviaux, les infrastructures routières ainsi que les surfaces imperméables. Les eaux de ruissellement et les matières solides qu'elles transportent sont ainsi acheminées plus rapidement qu'auparavant dans la rivière. Ainsi, on observe des crues de fortes amplitudes qui contribuent à l'érosion des rives et des

étiages sévères en période estivale qui peuvent limiter l'utilisation de la rivière par la faune aquatique ou pour les activités récréatives.

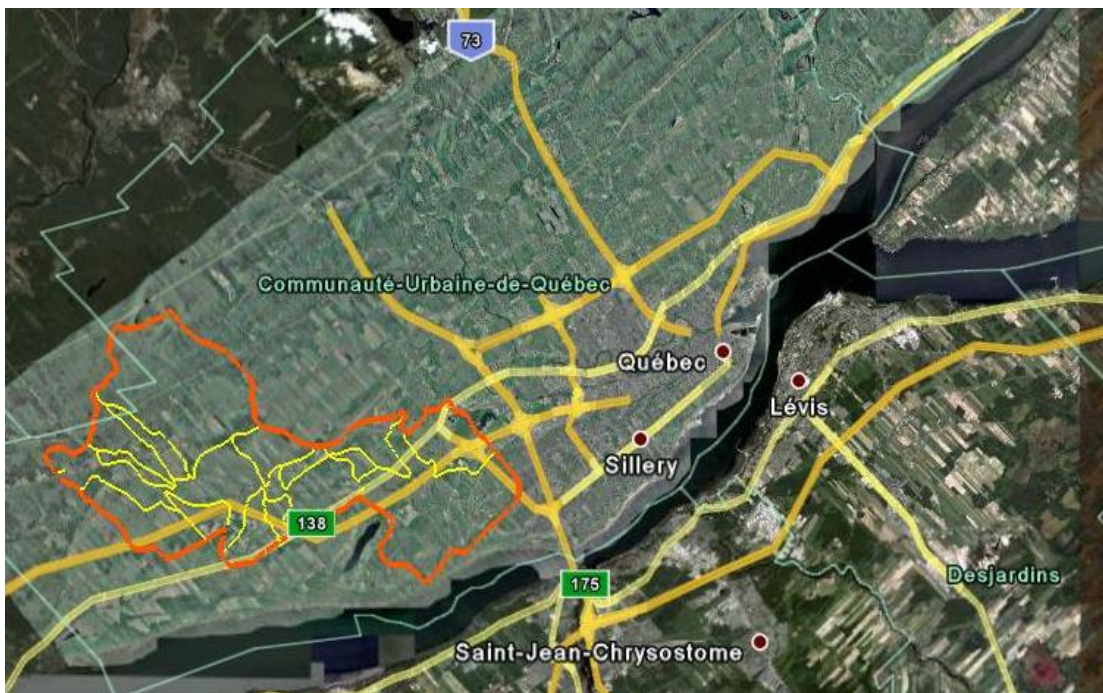


Figure 1.1 Localisation géographique du bassin versant de la rivière du Cap Rouge par rapport à la Ville de Québec

Ces changements du régime hydrologique peuvent modifier la géométrie et les conditions hydrodynamiques dans la rivière. Elles peuvent également modifier la nature et la qualité des substrats disponibles pour la fraie des poissons et le développement des organismes benthiques qui leur servent de nourriture. De plus, divers contaminants transportés par les eaux de ruissellement agricoles et urbaines (nutriments, bactéries coliformes, matières en suspension, métaux, chlorures et produits pétroliers) peuvent potentiellement :

- diminuer la qualité de l'écosystème;
- limiter la richesse faunique de la rivière;
- dégrader le milieu de vie de la communauté;
- limiter les usages de la rivière par la population qui y pratique des activités récréatives.

Après plusieurs années d'investissements soutenus dans le contrôle des effluents municipaux et industriels, le Gouvernement du Québec a constaté qu'une bonne partie des contaminants qui occasionnait l'eutrophisation des cours d'eau provenait de sources diffuses réparties dans les bassins versants. C'est pourquoi le gouvernement s'attaque maintenant au contrôle des sources de pollution diffuse à travers le plan d'intervention du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) sur les algues bleu-vert 2007-2017 et le programme Prime-Vert du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). Entre 2005 et

2008, les épisodes de floraison des fleurs d'eau ont été fort variables. Un des seuls facteurs qui a influencé l'ensemble du Québec et qui a été en partie corrélé avec l'importance des épisodes de fleurs d'eau est la fréquence et l'intensité des événements de pluie abondante en relation avec les périodes d'épandage.

Or, il existe peu de données empiriques ou d'essais terrain qui permettent d'établir à partir de quel niveau de précipitation (hauteur et intensité), on commence à observer de l'exportation massive de solides en suspension et de phosphore vers les cours d'eau. Diverses études réalisées au Québec et ailleurs dans le monde démontrent que la majeure partie des charges sédimentaires et de nutriments sont transportées vers les cours d'eau lors de quelques périodes de précipitations importantes dans l'année (ex. crue printanière, pluies estivales abondantes, grandes dépressions) (Beaudin, 2008; Birgand, 2009; Meybeck *et al.*, 2003; Olsen, 2009). Dans la mesure du possible, il est donc important de s'assurer que les programmes de suivi de la qualité de l'eau couvrent ces périodes où les contaminants sont transportés, afin de pouvoir évaluer l'importance relative des apports des tributaires des cours d'eau. Une fréquence d'échantillonnage plus élevée permet de réduire grandement l'incertitude liée à l'évaluation des flux de contaminants mais contribue également à augmenter les coûts des programmes de suivi (Moatar *et. al.* 2007; Birgand, 2009).

L'évaluation du transport sédimentaire par le biais de suivi de la qualité de l'eau est souvent coûteux et comporte d'importantes difficultés liées à la forte variabilité temporelle des concentrations en matière en suspension (MES). L'échantillonnage de la qualité de l'eau est souvent réalisé en conditions de débit de base, de sorte que peu d'échantillonnages sont réalisés lorsque la majorité des matières solides est transportée par les eaux. Par conséquent, les programmes de suivi de la qualité de l'eau ont de la difficulté à évaluer adéquatement quels sont les tributaires qui transportent le plus de contaminants vers les rivières, puisque l'échantillonnage de l'eau n'est pas nécessairement réalisé lorsque ces contaminants sont transportés. Les tentatives d'évaluation du transport sédimentaire ont donc tendance à sous-estimer les quantités de matières solides transportées et se déposant dans des milieux sensibles à protéger. Ces travaux de recherche soulignent bien l'importance de tenir compte de ces périodes de précipitations importantes dans le cadre de programmes de suivi environnementaux et de contrôle de l'érosion ainsi que dans la gestion des pratiques culturales (travaux d'épandage, labour).

Le projet de recherche et développement (R&D) présenté dans ce rapport utilise une approche mixte où tant la qualité de l'eau que la déposition effective des sédiments sur le substrat de la rivière sont mesurées. Cette dernière variable est intégratrice des événements de précipitation qui sont survenus entre deux relevés.

Réseau Environnement (2009) recommande d'ailleurs de favoriser, à travers la recherche, le développement d'outils de mesure et de suivi environnemental afin de permettre une analyse plus fine des données.

Le projet vise entre autre, à fournir de nouveaux outils pour mesurer l'influence de l'occupation du sol sur le transport sédimentaire et de déterminer dans quelles conditions le transport sédimentaire est observé. Le projet permet également de tester une trappe à sédiments expérimentale peu coûteuse qui pourrait éventuellement être utilisée par les OBV dans le cadre de suivi environnemental. Plusieurs modèles hydrologiques de gestion intégrée par bassin versant (ODEP (IRDA), GIBSI (INRS-ETE), SWAT, etc.) font face à certaines lacunes de données de terrain récoltées au Québec sur les coefficients d'exportation de matières solides provenant de sous-bassins versants avec des occupations du sol variées (ex. agricole, résidentielle, commerciale, industrielle, etc.). De par sa petite taille et son occupation du sol variée, le bassin de la rivière du Cap Rouge et le projet de R&D fournissent une opportunité unique d'obtenir des données de terrain qui permettront éventuellement d'établir des relations entre les précipitations et la quantité de matériel solide mobilisable et transportée, selon l'occupation du sol. Ces données pourront éventuellement être intégrées à des modèles prédictifs et améliorer leur capacité de prédiction.

Finalement, Le projet de R&D d'une durée initiale d'un an, est complémentaire aux activités du CBRCR qui sont en cours depuis déjà 5 ans. Certaines des données récoltées dans le cadre de ce projet de R&D permettent de compléter certaines lacunes d'information identifiées dans le cadre du portrait réalisé par le CBRCR, en plus de fournir des informations qui faciliteront l'étape du diagnostic qui suivra le portrait.

1.2 Objectifs visés par l'étude

- Déterminer quelle est l'influence de l'occupation du sol sur l'importance relative du transport et de la déposition de sédiments dans le réseau hydrique.
- Vérifier l'influence de l'occupation du sol et des précipitations sur la granulométrie et la qualité des sédiments transportés.
- Vérifier l'influence des conditions de précipitations sur le taux de déposition de sédiments sur le substrat de la rivière.
- Développer et vérifier l'efficacité de trappes à sédiments expérimentales peu coûteuses pour mesurer le taux de déposition de sédiments sur le substrat des cours d'eau.
- Sur une échelle temporelle plus grande, déterminer si le taux de déposition et la granulométrie des sédiments à l'embouchure de la rivière ont subi des variations importantes liées aux événements hydrologiques des dernières années.

1.3 Hypothèses

- Est-il possible avec des trappes à sédiments peu coûteuses, de mesurer l'importance relative de la déposition des sédiments avec un certain degré de confiance et d'utiliser cette technique dans le cadre d'un suivi ?

- Est-ce que le développement urbain et agricole observé au cours des 50 dernières années a contribué et contribue toujours à accélérer le processus de déposition des sédiments dans la rivière et son eutrophisation ?

1.4 Mesures réalisées pour quantifier et valider les hypothèses

- Quelle est l'importance relative de la déposition de sédiments provenant de sous-bassins :
 - Majoritairement forestier avec un peu d'agriculture;
 - Résidentiel et commercial avec un réseau routier important;
 - Majoritairement agricole;
 - Industriel et agricole.
- Quelle est la granulométrie et la qualité des sédiments provenant de ces différents sous-bassins ?
- Quelle est la hauteur et l'intensité de précipitation qui contribuent à générer des apports importants de matières en suspension vers la rivière et les habitats utilisés par la faune aquatique (aire de fraie, aire d'alimentation et de croissance)?

1.5 Composantes du projet

Le projet de recherche et développement comporte 6 composantes principales dont les résultats sont complémentaires pour répondre aux objectifs du projet.

- Sables urbains (matières solides potentiellement mobilisables);
- Qualité de l'eau;
- Qualité des sédiments;
- Trappes à sédiments;
- Historique de sédimentation;
- Caractérisation de l'habitat du poisson.

Les objectifs spécifiques, les méthodes, les résultats et les conclusions de chaque composante du projet sont présentés aux sections 2 à 7.

La section 2 sur les sables urbains vise à mesurer la quantité et la qualité des matières solides qui sont retrouvées au printemps sur les surfaces imperméables et qui sont transportées vers le réseau hydrique lors des premières pluies importantes. La section 3 sur la qualité de l'eau, traite de l'influence de l'occupation du sol sur la qualité de l'eau de la rivière du Cap Rouge. La section 4 sur la qualité des sédiments traite de l'influence de l'occupation du sol sur la qualité physico-chimique des sédiments de l'embouchure de la rivière du Cap Rouge et de certains de ses tributaires. La section 5 sur les trappes à sédiments vise à vérifier si des trappes à sédiments expérimentales développées par Roche peuvent mesurer, avec un certain degré de confiance, l'importance relative

du transport sédimentaire par charriage et la déposition de sédiments sur le substrat de tributaires de la rivière. Cette composante du projet vise également à vérifier l'influence de l'occupation du sol sur la qualité des sédiments transportés par les tributaires vers la rivière. La section 6 traite de l'historique récent de sédimentation dans la partie aval de la rivière. Il s'agit de travaux exploratoires visant à déterminer s'il est possible, à partir de carottes de sédiment de reconstituer la stratigraphie des événements de déposition à l'aide d'un appareil d'imagerie médicale et de les relier aux événements hydrologiques récents. La section 7 traite de la caractérisation de l'habitat du poisson de la rivière du Cap Rouge et vise à identifier les espèces et les habitats du poisson qui sont les plus susceptibles d'être affectés par le transport sédimentaire. Finalement, la section 8 résume la participation bénévole d'individus au projet ainsi que les contributions respectives de Roche et de ses partenaires au projet, deux ingrédients sans lesquels le projet n'aurait pas été possible.

2. Sables urbains (matières solides potentiellement mobilisables)

2.1 Contexte et objectifs

Au mois de mars, le sable épandu pendant l'hiver et les divers rebuts et contaminants qui se sont déposés dans la neige, s'accumulent sur les trottoirs et dans les premiers mètres en bordure des rues (Photos 2.1 et 2.2). Ces zones sont des voies préférentielles d'écoulement qui favorisent le transport de ces matières facilement mobilisables vers la rivière, par les eaux de ruissellement.

L'objectif de l'échantillonnage était de pouvoir évaluer l'importance relative des matières solides potentiellement mobilisables dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge et de vérifier si l'occupation du sol a une influence sur la qualité des matières solides récoltées.



Photo 2.1 Concentration des matières solides en bordure de la rue du Domaine le 31 mars 2009 suite aux pluies de la fin du mois de mars



Photo 2.2 Quantité de matières solides récoltées sur une placette échantillon de 1 m² sur le trottoir de la rue du Domaine (17 mars 2009)

2.2 Méthodologie

Entre le 17 et le 21 mars 2009, 15 placettes-échantillons de 1 m² ont été délimitées sur des substrats imperméables du bassin versant de la rivière du Cap Rouge ainsi qu'à proximité (Photo 2.3). Ces placettes ont été distribuées dans l'ensemble du bassin versant dans des zones représentatives de l'occupation du sol et des débits de circulation routière (Carte 2.1). Le débit de circulation a été évalué selon trois classes : fort achalandage, achalandage modéré et faible achalandage.

Les matières solides présentes dans les placettes ont été récoltées à l'aide d'une brosse dure, suivie d'une brosse fine (Photo 2.4), afin d'en évaluer la quantité et la granulométrie. Les matières récoltées ont été séchées à l'aide d'un dessiccateur puis ensuite pesées à l'aide de balances et micro-balances électroniques. La granulométrie des matières solides récoltées a été mesurée au laboratoire de l'INRS-ETE et rapportée en classe granulométrique standard. Elle a été déterminée à l'aide de tamis pour l'analyse des matériaux plus grossiers, tandis qu'un compteur de particules au laser a été utilisé pour déterminer la granulométrie des matériaux plus fins. Ces équipements ont été gracieusement rendus accessibles grâce à la participation de l'INRS-ETE. La masse et la

granulométrie des matières solides récoltées ont été mesurées au laboratoire de l'INRS-ETE par la firme XpertSea.



Photo 2.3 Exemple de placette échantillon sur le trottoir de la rue du Domaine (2009-03-17).



Photo 2.4 Équipement utilisé pour récolter les échantillons.

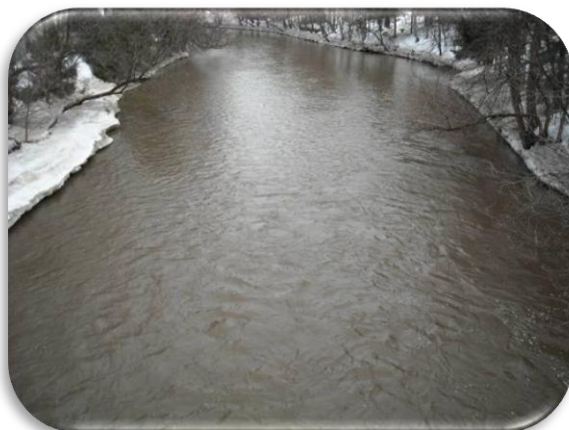


Photo 2.5 Rivière du Cap Rouge à l'aval de la rue du Domaine, le 31 mars 2009

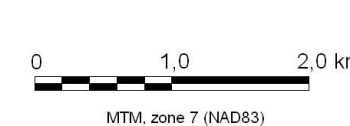


Photo 2.6 Matières solides restantes en bordure de la rue du Domaine, le 8 avril 2009

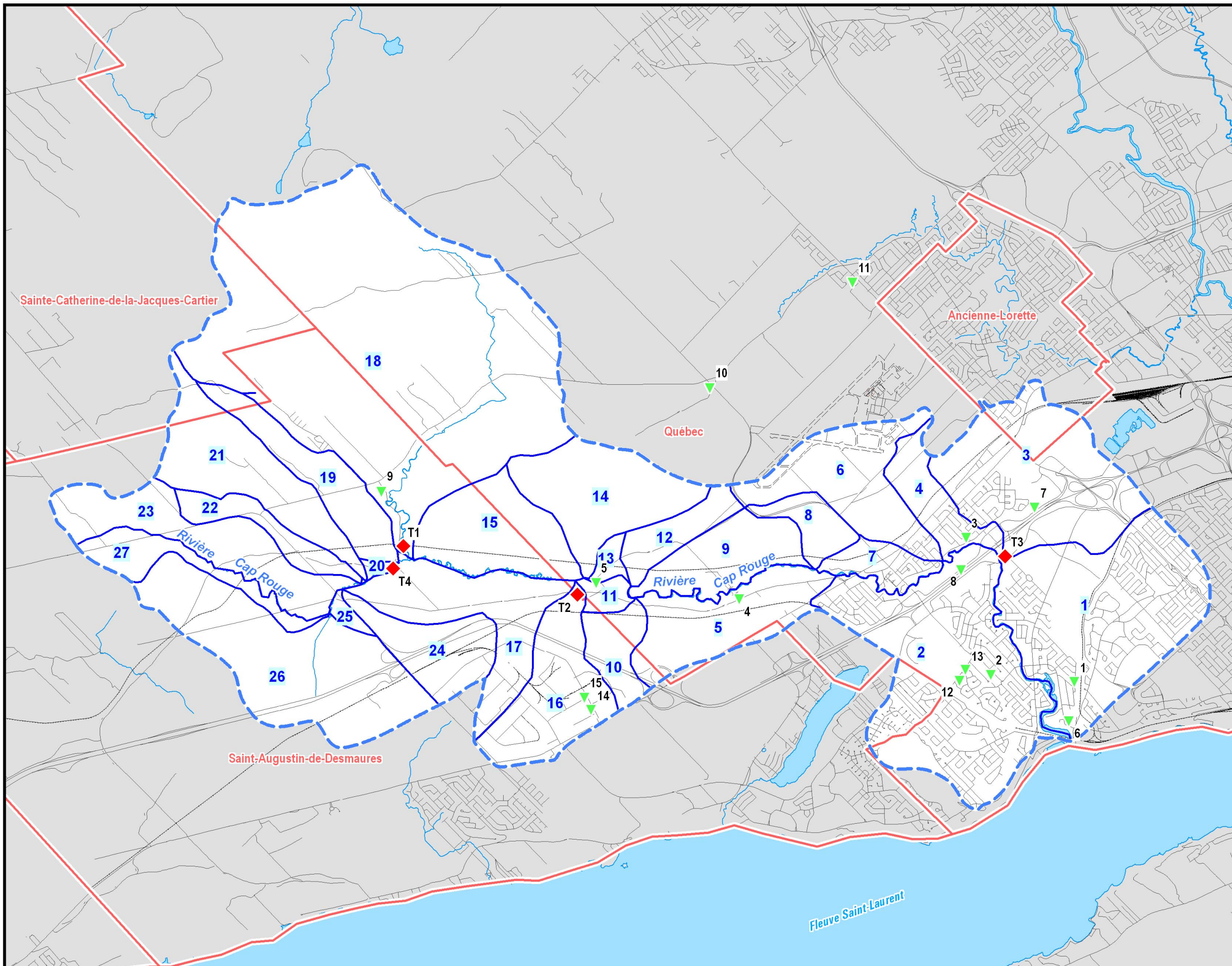
POSITIONNEMENT DES PLACETTES
ÉCHANTILLONS DE SABLES URBAINS ET
DES STATIONS DE TRAPPES À SÉDIMENTS

- ▼ Placette échantillon de sables urbains*
- ◆ Station de trappes à sédiment
- Limite municipale
- - - Limite du bassin versant
- No. de sous-bassin versant 1
- Limite de sous-bassin versant

* Les échantillons 10 et 11 ont été récoltés à l'extérieur des limites du bassin versant



Source : CBRCR
Base cartographique : Ville de Québec, 2003
Fichier : 55858_stat_sediments_091217.WOR



2.3 Résultats et discussion

2.3.1 Conditions météorologiques

Avant et pendant la période de récolte des échantillons, aucune précipitation appréciable n'a généré un écoulement de surface qui aurait pu contribuer à transporter les matières accumulées sur les surfaces échantillonnées vers la rivière. Les précipitations les plus importantes enregistrées à l'aéroport Jean-Lesage ont eu lieu le 6 (15,9 mm) et le 11 mars (12,2 mm) lorsque les températures moyennes journalières étaient respectivement de $-3,3$ et $-1,6^{\circ}\text{C}$, ce qui était trop froid pour générer un ruissellement de surface appréciable. Les précipitations sont principalement tombées sous forme de neige, de pluie verglaçante ou de grésil. Lors de la période de collecte des échantillons, les précipitations quotidiennes journalières n'ont pas contribué à modifier significativement la quantité de matière solide mobilisable. Ces précipitations sont demeurées relativement constantes et faibles entre 0 et 2,0 mm. Les premières précipitations qui ont généré du ruissellement et concentré les matières solides en bordure de rue (Photo 2.1) sont survenues à la fin mars après la récolte des échantillons. Les précipitations cumulées entre le 26 et le 29 mars étaient de 17,9 mm. La température moyenne journalière au cours de cette période a oscillé entre $0,4$ et $3,6^{\circ}\text{C}$. Les 30 et 31 mars, les eaux de la rivière du Cap Rouge à la hauteur de la rue du Domaine étaient turbides et commençaient à montrer un bon débit (Photo 2.5).

2.3.2 Matières solides potentiellement mobilisables

Les quantités de matière solides récoltées sur 15 placettes échantillons variaient entre $102,2 \text{ g/m}^2$ et $3284,5 \text{ g/m}^2$, les résultats étant exprimés en masse sèche de matières solides (Tableau 2.1). La moyenne, pour l'ensemble des placettes était de $1001,2 \text{ g/m}^2 \pm 895,8 \text{ g/m}^2$. L'échantillon No. 6 a été prélevé en duplicata afin de mesurer le degré de variabilité entre deux placettes contigües. La quantité de matière sèche récoltée (g/m^2) variait de l'ordre de 30% entre les deux duplicatas.

La quantité totale de matières sèches récoltées sur les surfaces imperméables était significativement plus élevée en milieu industriel et résidentiel qu'en milieu commercial, institutionnel ou rural (Figure 2.1). On pourrait penser que pour des raisons de sécurité, plus de sable est épandu dans les zones à fort débit de circulation, mais la quantité de matières solides récoltée sur chacune des placettes ne semble pas varier selon le débit de circulation, bien que le nombre d'échantillons prélevés soit plutôt modeste.

La masse sèche de particules fines et de particules grossières est plus élevée en milieu industriel et résidentiel que dans les autres types d'occupation du sol (Figure 2.2). Par contre, la proportion de matériaux fins est plus faible que celle de matériaux grossiers dans tous les types d'occupation du sol (Figure 2.3).

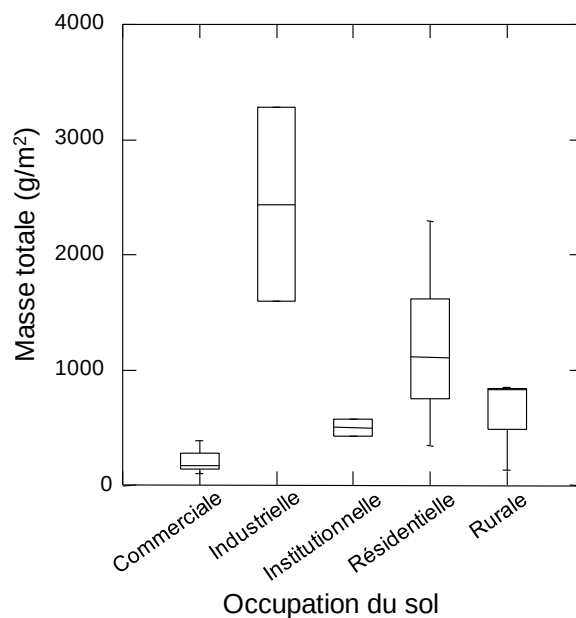


Figure 2.1 Masse sèche de matières solides récoltées (g/m^2) sur les placettes en fonction de l'occupation du sol

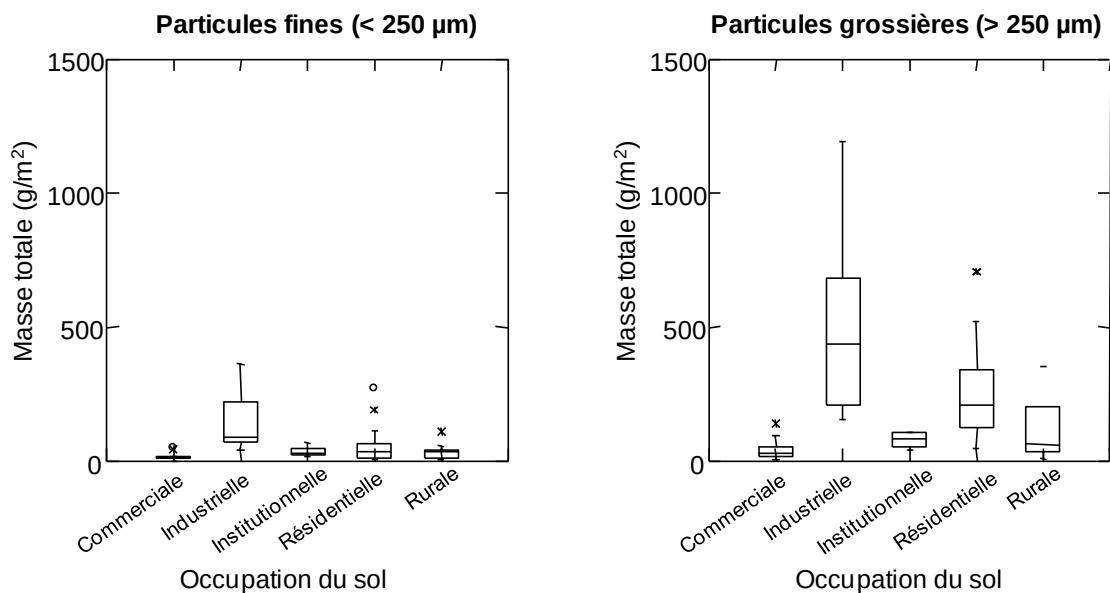


Figure 2.2 Masse sèche (par classe granulométrique) de matières solides récoltées sur les placettes en fonction de l'occupation du sol.

Tableau 2.1 Placettes échantillons utilisées pour mesurer les quantités de matières solides qui peuvent être potentiellement transportées vers la rivière du Cap Rouge par ruissellement

Occupation du sol	Date	Placette	Coordonnées		Rue	Débit de circulation	Silt		Sable très fin		Sable fin		Sable moyen		Sable grossier		Sable très grossier		Gravier		Masse de matières solides récoltées (g/m²)	Remarques
			Latitude	Longitude			Proportion (%)	Masse (g/m²)	Proportion (%)	Masse (g/m²)	Proportion (%)	Masse (g/m²)	Proportion (%)	Masse (g/m²)	Proportion (%)	Masse (g/m²)	Proportion (%)	Masse (g/m²)	Proportion (%)	Masse (g/m²)		
Résidentielle	2009-03-15	1	46°45'21.68"N	71°20'30.12"O	Noirefontaine	faible	2.38	18.00	4.89	36.98	15.20	114.96	27.38	207.08	23.05	174.33	13.06	98.78	13.72	103.77	753.9	Principalement sur le trottoir
Résidentielle	2009-03-15	2	46°45'24.68"N	71°21'30.07"O	du Domaine	fort	1.1	25.33	2.7	62.17	11.7	269.42	30.7	706.93	30.7	706.93	13.7	315.47	9.0	207.24	2293.5	Trottoir (1m) et 1 m de rue
Résidentielle	2009-03-15	3	46°46'32.08"N	71°21'48.92"O	Zéphyr	modéré	0.9	7.95	2.2	19.43	8.4	74.20	21.3	188.15	32.8	289.73	18.1	159.88	15.9	140.45	879.8	Artère du boulevard Auclair près de la rivière.
Résidentielle	2009-03-21	12	46°45'21.52"N	71°21'52.57"O	Claude Pâquet	faible	1.3	4.49	3.0	10.35	10.7	36.92	21.2	73.15	24.8	85.57	13.5	46.58	25.2	86.95	344.0	Rue avec rond point et cul-de-sac
Résidentielle	2009-03-21	13	46°45'27.11"N	71°21'48.26"O	Promenade des sœurs	fort	0.4	6.47	0.7	11.32	3.4	54.96	13.8	223.08	32.3	522.14	24.7	399.28	24.5	396.05	1613.3	1,5 m de trottoir et 1,80 m de rue ensablé. Récolté sur le trottoir.
Résidentielle - rurale	2009-03-15	4	46°46'0.52"N	71°24'30.86"O	des Labours	faible	2.1	28.33	3.6	48.56	14.1	190.21	27.4	369.62	20.7	279.24	11.7	157.83	20.0	269.80	1343.6	Coin rang St-Denis et rue des Labours. Milieu rural près du pont-route de la rivière.
Rurale	2009-03-15	5	46°46'7.65"N	71°26'13.69"O	Rang St-Denis	faible	3.9	33.29	5.0	42.69	13.0	110.98	41.6	355.15	21.6	184.40	6.4	54.64	8.1	69.15	850.3	En amont du pont-route à l'ouest du rang St-Denis.
Rurale	2009-03-19	9	46°46'51.35"N	71°28'48.28"O	4ième rang ouest	faible	0.4	3.33	1.1	9.17	6.7	55.85	26.9	224.23	40.9	340.92	17.6	146.71	6.0	50.01	830.22	Petit rang rural
Rurale	2009-03-19	10	46°47'44.31"N	71°24'53.83"O	Jean-Gauvin	faible	4.7	6.35	9.2	12.42	27.6	37.27	31.4	42.40	15.1	20.39	6.2	8.37	5.4	7.29	134.5	Petite route rurale
Institutionnelle	2009-03-17	6A	46°45'2.29"N	71°20'33.79"O	Provancher	fort	3.4	14.54	6.9	29.51	15.8	67.58	25.0	106.93	23.9	102.23	14.7	62.88	9.8	41.92	425.6	Stationnement École Marguerite d'Youville en face du cercle de musique 4170
Institutionnelle	2009-03-17	6B	46°45'2.29"N	71°20'33.79"O	Provancher	fort	1.5	8.74	2.6	15.15	7.6	44.27	20.3	118.25	27.6	160.77	21.7	126.41	18.2	106.02	579.6	Duplicat contigue, Stationnement École Marguerite d'Youville en face du cercle de musique 4170
Commerciale	2009-03-18	7	46°46'47.23"N	71°21'0.01"O	Jules Vernes	fort	0.9	0.92	2.7	2.76	11.7	11.97	29.9	30.59	35.1	35.91	16.4	16.78	3.2	3.27	102.2	Stationnement côté ouest du Home Dépôt, derrière Remax
Commerciale	2009-03-18	8	46°46'16.15"N	71°21'52.23"O	Jules Vernes	modéré	4.9	8.67	9.6	16.99	27.4	48.50	23.6	41.78	15.1	26.73	7.7	13.63	10.5	18.59	174.9	Accotement route de desserte le long de la 40 Ouest, en face de Multivrac
Commerciale	2009-03-19	11	46°48'37.13"N	71°23'12.32"O	Route de l'aéroport	modéré	1.9	7.45	4.0	15.68	11.2	43.90	24.4	95.65	35.5	139.16	17.0	66.64	5.9	23.13	391.6	Stationnement du laboratoire d'analyse, quartier industriel
Industrielle	2009-03-21	14	46°45'5.12"N	71°26'16.12"O	Rotterdam	modéré	2.4	38.46	4.5	72.10	13.8	221.12	26.6	426.21	27.7	443.84	14.8	237.14	9.8	157.03	1595.9	1,5 m de trottoir et 1,6 m de rue ensablé. Récolté sur le trottoir.
Industrielle	2009-03-21	15	46°45'11.10"N	71°26'21.15"O	Rotterdam	modéré	2.2	72.40	3.2	105.31	11	362.02	24.3	799.73	36.3	1194.66	17.3	569.36	5.5	181.01	3284.5	Récolté sur le bord de la rue. Pas de trottoir.

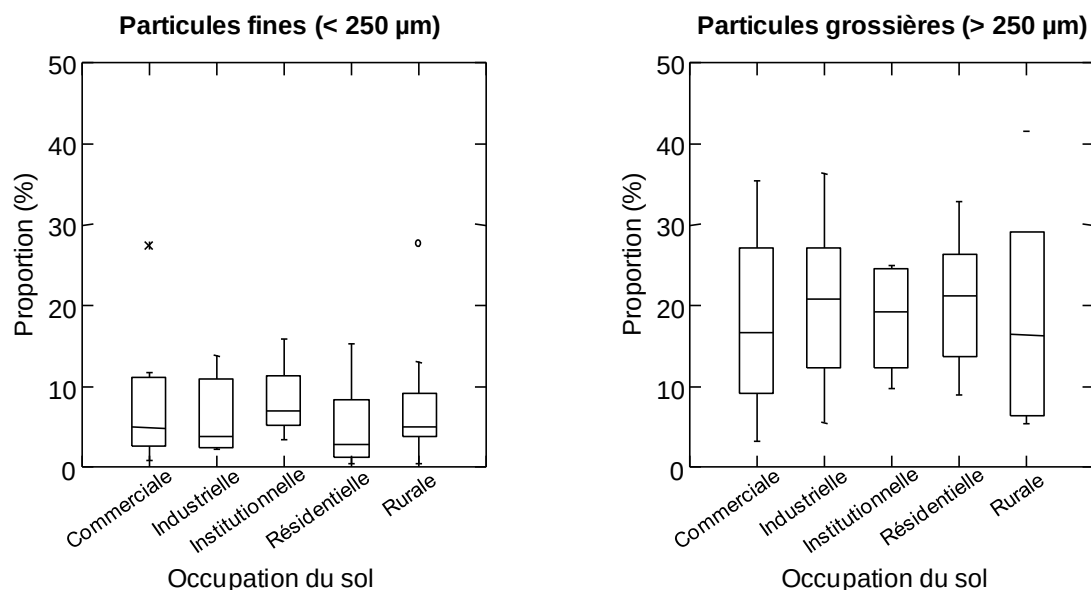


Figure 2.3 Proportion (%) de matières solides fines et grossières récoltées sur les placettes selon l'occupation du sol.

La densité importante du réseau routier en milieu industriel et résidentiel influence la quantité de sable épandue lors de la saison hivernale. De plus, la présence de terrains non boisés et non pavés de grandes superficies en milieu industriel (Figure 2.4) peut favoriser l'exportation de grandes quantités de matières solides sous l'effet de l'érosion hydraulique et éolienne.

Dès la fonte des neiges et l'augmentation des températures moyennes journalières, les matières solides accumulées sur les surfaces imperméables sont graduellement transportées vers le réseau hydrique. La taille des particules présentes sur les surfaces imperméables influence la quantité de matières solides qui seront transportées par ruissellement vers la rivière ainsi que la date à laquelle ces matières seront transportées. Dès la fin mars et le début d'avril, les particules fines telles que le silt, le sable très fin et le sable fin sont rapidement lessivées et transportées par les eaux de ruissellement et les égouts pluviaux vers la rivière du Cap Rouge.

À titre d'exemple, certains des impacts des particules fines sur les habitats fauniques (Lisle, 1989; Cordone et Kelley, 1961) sont :

- la déposition de particules fines dans les fosses et sur le substrat;
- le colmatage des interstices du substrat où plusieurs organismes benthiques vivent;
- l'augmentation de la turbidité et de la température de l'eau;
- la diminution de la concentration en oxygène dissous;
- l'augmentation de certains contaminants (e.x. phosphore, métaux) qui sont adsorbés aux particules.



Figure 2.4 Terrains non boisés situés dans le parc industriel François-Leclerc à Saint-Augustin-de-Desmaures

L'impact des chlorures contenus dans les sable urbains (e.x. chlorures) sur la qualité de l'eau est traité plus loin à la section 3.

Les particules de plus forte granulométrie peuvent occasionner d'autres types d'impacts sur la rivière du Cap Rouge et les organismes qui y vivent. L'accumulation importante de matières solides dans les zones de déposition peut modifier la géométrie de la rivière, les profondeurs disponibles ainsi que la nature du substrat (Lisle, 1989). La modification du substrat peut entraîner des changements dans la composition et la structure des communautés d'invertébrés benthiques (ex. : larves d'insectes, moules, crustacés) qui servent de nourriture aux poissons (Schofield *et al.* 2004). Ces modifications du substrat peuvent également engendrer une diminution de la richesse des espèces de poissons présentes ou des changements dans la structure de leur communauté (Cordone et Kelley, 1961). Les individus peuvent aussi être affectés par l'abrasion de leurs branchies au contact de l'eau contenant des particules solides (Sutherland et Meyer, 2007). Pour les espèces adaptées aux eaux claires, l'augmentation de la turbidité de l'eau aura pour effet de modifier leurs activités liées à l'alimentation (Gradall et Swenson, 1982). De plus, la masse élevée de matières solides transportée vers la rivière tôt au printemps peut venir affecter les activités de reproduction des espèces à fraie printanière comme le doré jaune (avril – début mai) et le meunier rouge (mi-mai).

D'ailleurs, les premières précipitations qui ont généré un ruissellement significatif sur les surfaces imperméables et qui ont favorisé le transport de matières solides présentes sur les surfaces imperméables sont survenues à la fin mars, période correspondant à la saison de reproduction de plusieurs espèces de poissons (Tableau 7.3).

2.4 Synthèse et conclusion

La quantité et la taille des particules présentes au mois de mars sur les surfaces imperméables du bassin versant de la rivière du Cap Rouge peuvent significativement augmenter le transport sédimentaire et modifier la qualité de l'habitat du poisson à une période de l'année où le transport sédimentaire est déjà élevé et où certaines espèces de poissons se reproduisent. Avec le développement urbain, ce phénomène est susceptible d'augmenter.

À titre d'exemple, les matières solides présentes au mois de mars dans une rue comme la rue du Domaine, entre le boulevard Chaudière et le boulevard de l'Hétrière (2,27 km) peuvent représenter jusqu'à 28 715 kg de solides potentiellement transportés vers la rivière (2 270 m x 5,5 m (trottoir et bordures de rue côtés est et ouest) x 2,3 kg/m² (matière sèche)).

La plupart des études menées dans les années 80 et 90 arrivaient à la conclusion que le nettoyage des rues ne permettaient pas de diminuer de façon significative les concentrations de polluants dans les eaux de ruissellement (Pitt *et al.*, 2004; Claytor, 2000; Walker *et al.* 1999). Or, cela était principalement dû à l'inefficacité des équipements traditionnels de nettoyage des rues dans la récupération des particules fines (<100 µm) auxquelles sont liés la plupart des contaminants.

Une étude plus récente effectuée avec des équipements modernes a démontré que ces équipements permettraient de récupérer un grand pourcentage des matières particulaires routières, incluant même les plus fines qui sont les plus fortement contaminées et les plus facilement emportées par les eaux de ruissellement (Pitt *et al.*, 2004; Claytor, 2000). Le nettoyage des rues est particulièrement efficace dans les zones susceptibles d'accumuler des contaminants, telles les autoroutes, les stationnements commerciaux et les zones d'entrepôt pavées (Pitt *et al.*, 2004). Les facteurs affectant l'efficacité du nettoyage des rues incluent : la charge de particules, la texture de la rue, l'humidité, les équipements utilisés (et leur condition), la présence de voitures stationnées et la fréquence de nettoyage (Pitt *et al.*, 2004). La fréquence et l'intensité des précipitations sont cependant les variables clés qui contrôlent les besoins de nettoyage et l'efficacité d'enlèvement des contaminants (Claytor, 2000). À titre d'exemple, la charge de matière sédimentaire dans une rue résidentielle (région Pacifique Nord-Ouest) pourrait être diminuée de 50% par un nettoyage mensuel et de 78% par un nettoyage hebdomadaire (Claytor, 2000).

Un nettoyage plus hâtif des rues (fin mars- début avril) avec une balayeuse-aspiratrice et plus fréquent dans la période libre de glace permettrait d'atténuer significativement les charges sédimentaires qui sont transportés vers la rivière tout en valorisant les matières solides récoltées.

Cette mesure permet de récupérer le sable pour un usage subséquent tout en protégeant les écosystèmes aquatiques.

Les premières précipitations qui ont généré du ruissellement et concentré les matières solides en bordure de rue sont survenues à la fin mars (entre le 26 et le 29 mars) et le nettoyage annuel des rues a commencé autour du 16 avril au soir, où une première balayeuse-aspiratrice a été observée dans le secteur de la rue Noirefontaine. Par la suite, les bordures de la rue du Domaine étaient relativement propres et exemptes de matières solides bien qu'une partie des matières solides ait déjà été transportées vers la rivière au 8 avril (Photo 2.6). Par conséquent, les matières solides présentes sur les surfaces imperméables ont été potentiellement mobilisables par le ruissellement pendant une période de 22 jours.

La réplication de l'échantillonnage de sables urbains, permettrait d'augmenter la taille de l'échantillon et d'ainsi mieux évaluer la variabilité spatiale et cibler les zones prioritaires. L'échantillonnage de placettes pourrait facilement être réalisé à nouveau dans le cadre d'une journée d'action bénévole qui favoriserait la sensibilisation à ce problème. Ainsi des recommandations pourraient éventuellement être faites auprès des municipalités afin de tenter, dans la mesure du possible, de réaliser un nettoyage printanier hâtif des rues, en aspirant ces matières solides avant les premières grandes pluies printanières, évitant ainsi que ces matières ne viennent réduire l'efficacité des égouts pluviaux et aussi détériorer la qualité de l'habitat aquatique. De plus, cela permettrait de récupérer le sable pour une utilisation future.

3. Qualité de l'eau

3.1 Contexte et objectifs

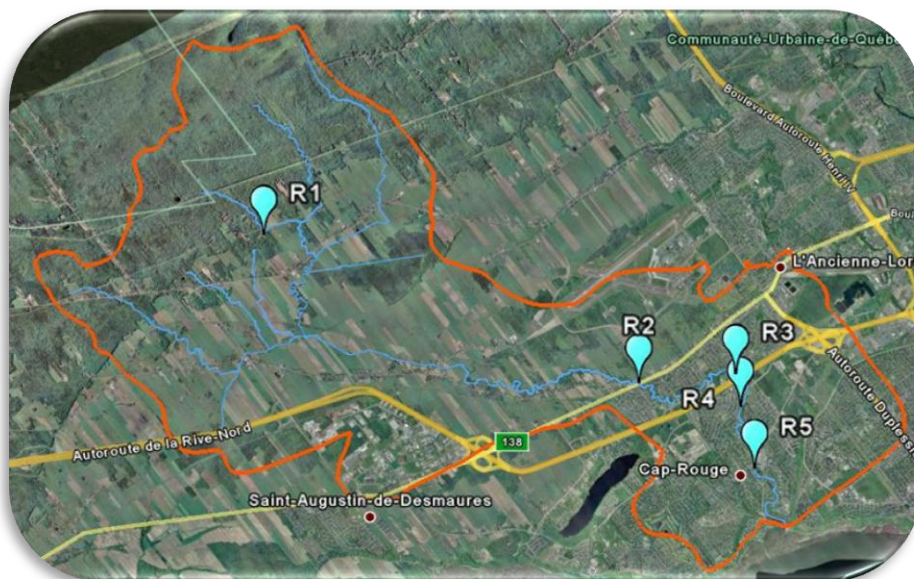
La qualité de l'eau de la rivière du Cap Rouge a fait l'objet d'un suivi par le CBRCR lors de la période libre de glace de 2009. Ce suivi qui a été réalisé à cinq stations a pour but de décrire la variabilité de divers indicateurs de la qualité de l'eau (turbidité, pH, conductivité, matières en suspension, nutriments (azote et phosphore), coliformes fécaux et métaux) et d'identifier quels sont les paramètres qui sont problématiques par rapport aux usages de la rivière du Cap Rouge. En complément au programme de suivi du CBRCR, trois campagnes d'échantillonnage de l'eau ont été réalisées sur trois tributaires de la rivière lors de précipitations dans le cadre du projet de recherche et développement. L'objectif de cet échantillonnage était de mesurer l'influence de l'occupation du sol sur la qualité de l'eau des tributaires lors de précipitations.

3.2 Méthodologie

3.2.1 Sites et périodes d'échantillonnage

3.2.1.1 Programme de suivi du CBRCR

Le suivi de la qualité de l'eau de la rivière du Cap Rouge s'est déroulé du 21 avril au 14 décembre 2009. Pour les fins du projet de R&D, seules les données récoltées à l'intérieur de la période du projet sont ici interprétées soit du 21 avril au 13 octobre 2009. Sept campagnes d'échantillonnage ont été effectuées au cours de cette période à cinq stations situées principalement sur le cours principal de la rivière (Figure 3.1). La station R-1 se trouve sur un tributaire forestier de la rivière du Cap Rouge nommé ruisseau Guillaume et situé en amont de toutes activités agricoles et industrielles. La station R-2 est située en aval de la zone agricole à la hauteur du boulevard Wilfrid-Hamel. La distance entre les stations R-1 et R-2 est d'environ 9 km. La station R-3 se trouve environ 2 km en aval de R-2 près de la rue Jules-Vernes. La station R-4 est située au bout de la rue François-Lemire. Finalement, la station R-5 se trouve à la hauteur de la rue Provancher.



Source : GoogleEarth, 2009

Figure 3.1 Positionnement des stations de suivi régulier de la qualité de l'eau

À chaque mission d'échantillonnage, le niveau de l'eau de la rivière a été mesuré en aval de la station R-4 au niveau de la rue François-Boulet. Les résultats des mesures sont présentés à l'annexe 3.1.

Le 20 mai, le 13 juillet et le 15 septembre, des blancs d'échantillonnage¹ ont été prélevés afin de vérifier la présence de contamination lors du processus d'échantillonnage. Les résultats des analyses des blancs sont présentés en annexe 3.2. En général, les critères de performance sont rencontrés, sauf pour l'azote ammoniacal et l'azote total Kjeldahl le 20 mai, la turbidité le 13 juillet et le phosphore total dissous le 15 septembre.

Le 21 avril et le 4 août, des duplicata² ont été prélevés à la station R-2 afin d'évaluer la variabilité et la précision des résultats d'analyse. La comparaison des duplicata est présentée à l'annexe 3.3. Les critères de performance sont atteints dans tous les cas sauf pour la conductivité du 4 août.

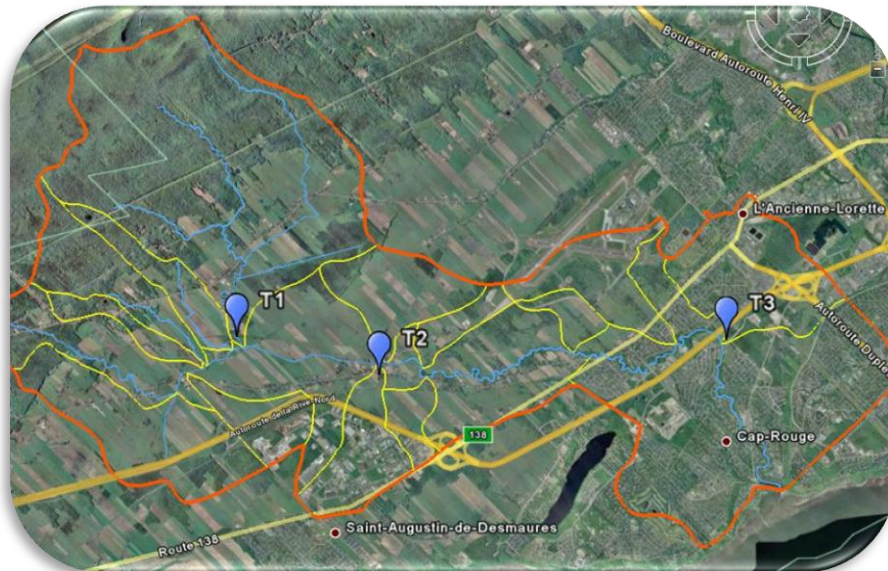
¹ Blanc d'échantillonnage : un échantillon du solvant (eau distillée) utilisé pour le rinçage final du matériel d'échantillonnage qui est manipulé, conservé et analysé de la même façon que les échantillons. Il permet de détecter une éventuelle contamination des échantillons durant le prélèvement et le transport de ceux-ci.

² Duplicata : Échantillon prélevé en double provenant du même endroit et prélevé de la même façon permettant de vérifier la variabilité inhérente au medium (eau ou sédiment) ainsi que la fiabilité et la performance analytique des analyses.

3.2.1.2 Suivi de trois tributaires en périodes de précipitations

Les trois tributaires de la rivière du Cap Rouge ont été échantillonnés lors de trois périodes de précipitations, soit le 10 mai, le 19 juin et le 27 septembre. À chaque date, un échantillon d'eau a été prélevé à chaque station à partir de la rive. Les précipitations enregistrées le jour de l'échantillonnage et le jour précédent ont été obtenues à partir du site Internet des Archives nationales du climat d'Environnement Canada (2009).

Les tributaires étaient échantillonnés entre 100 m et 300 m en amont de leur confluence avec la rivière du Cap Rouge (Figure 3.2). La station T-1 était positionnée sur la branche principale (nord-est) qui alimente le cours principal de la rivière du Cap Rouge. Elle est située dans le ruisseau Bélair qui draine le sous-bassin versant No. 18 qui est principalement forestier (68,5%) et agricole (27,8%). Il rejoint la rivière du Cap Rouge aux environs du 4^e rang. La station T-2 se trouve un peu plus en aval, sur un tributaire sans nom qui draine le sous-bassin No. 16 qui est agricole (42%) et industriel (urbain : 14,8%; non classifié : 24%). Ce tributaire reçoit entre autre une partie des eaux de ruissellement du parc industriel François Leclerc de Saint-Augustin-de-Desmaures. Il se jette ensuite dans la rivière du Cap Rouge près de la route du rang des Mines et du rang Saint-Denis à la hauteur du restaurant la Tanière. Finalement, la station T-3 est située sur un tributaire sans nom du sous-bassin versant No. 3 qui est nettement plus urbain que les deux autres et dont les principales occupations du sol sont résidentielle et commerciale avec un réseau autoroutier fort développé (urbain 28%, routes 14%, non classifié 24%). Ce tributaire rejoint la rivière du Cap Rouge à la hauteur de la rue du Capitaine-Bernier.



Source : GoogleEarth, 2009

Figure 3.2 Positionnement des stations d'échantillonnage de l'eau lors de 3 périodes de pluie. En orange : délimitation du bassin versant. En jaune : délimitation des sous-bassins versants secondaires.

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide de contenants fournis par le laboratoire Exova (anciennement BodyCote) et immédiatement mis au froid dans des glacières. Les échantillons étaient livrés au laboratoire immédiatement après la fin de l'échantillonnage.

La qualité de l'eau de la rivière du Cap Rouge et de ses tributaires a été comparée aux critères applicables à la protection de la vie aquatique (MDDEP, 2008 et CCME, 2007). Il importe ici de mentionner que les critères de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique du MDDEP (2008) comprennent deux niveaux :

- *«le critère de vie aquatique chronique (CVAC) est la concentration la plus élevée d'une substance qui ne produira aucun effet néfaste sur les organismes aquatiques (et leur progéniture) lorsqu'ils y sont exposés quotidiennement pendant toute leur vie;*
- *le critère de vie aquatique aigu (CVAA) est la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés».*

Les recommandations canadiennes pour la qualité des eaux pour la protection de la vie aquatique (CCME, 2001) sont, quant à elles, *«conçues pour assurer la protection à long terme de toutes les formes de vie aquatique et de tous les aspects des cycles vitaux aquatiques, y compris les stades les plus sensibles du cycle biologique des espèces les plus sensibles».*

3.2.2 Analyse statistique

Certains paramètres de qualité de l'eau présentaient, à une même station, des concentrations soit au-dessus ou au dessous de la limite de détection (L.D.). Pour permettre l'analyse statistique de ces cas particuliers, les concentrations sous la L.D. ont été remplacées par une valeur équivalant à la moitié de la valeur de la L.D. Par exemple, pour une L.D. de 0,01 mg/L, une valeur de 0,005 mg/L était appliquée.

La moyenne de chacun des paramètres a été calculée à chacune des stations afin d'illustrer la qualité générale de l'eau à celles-ci. L'écart-type a été utilisé pour illustrer la variabilité des paramètres à chacune des stations.

Pour évaluer s'il existe des relations entre les différents paramètres de qualité de l'eau, les coefficients de corrélation de Pearson (r) ont été calculés pour chaque paire de paramètres.

3.3 Résultats et discussion

Les résultats de qualité de l'eau sont exprimés en mg/L pour les métaux, les anions et les cations, les nutriments et les matières en suspension. La conductivité est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$, la turbidité en unités de turbidité néphélométriques (UTN), le pH en unités de pH et la dureté en mg de CaCO_3/L .

3.3.1 Qualité de l'eau de la rivière du Cap Rouge

La qualité de l'eau de la rivière du Cap Rouge varie dans le temps et dans l'espace. La station située la plus en amont, soit la station R-1 (dans le ruisseau Guillaume), est celle présentant la meilleure qualité de l'eau et la plus stable dans le temps. La tendance spatiale générale semble être une dégradation de la qualité de l'eau de l'amont vers l'aval de la rivière du Cap Rouge. C'est ce qui est observé notamment pour les matières en suspension, la turbidité, le phosphore total, les nitrites-nitrates, les coliformes fécaux et la conductivité.

L'ensemble des résultats obtenus au cours du suivi est présenté au Tableau 3.1. Les statistiques descriptives des divers paramètres sont quant à elles présentées au Tableau 3.2.

Tableau 3.1 Qualité de l'eau des cinq stations de suivi du cours principal de la rivière du Cap Rouge et conformité avec les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique

Paramètre	Unité	Limites de détection	Recommandations canadienne pour la qualité des eaux: protection de la vie aquatique ¹	Critère de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique (MDDEP) ²		Données de qualité de l'eau																							
				toxicité aiguë	effet chronique																								
Caractéristiques des stations																													
Station						R-1							R-2							R-3									
Latitude						46°47'19.13"							46°46'12.75"							46°46'26.20"									
Longituge						71°29'16.42"							71°23'7.71"							71°21'37.09"									
Date échantillonnage						21-04	20-05	16-06	13-07	04-08	15-09	13-10	21-04*	20-05	16-06	13-07	04-08*	15-09	13-10	21-04	20-05	16-06	13-07	04-08	15-09	13-10			
Physico-chimie de base																													
Conductivité	µS/cm	0,02	-	-	-	42,5	71,1	86	60,7	63,6	147	66	274	459	533	363	323,5	583	396	346	517	588	418	393	663	438			
Matières en suspension	mg/L	2	énoncé circonstancié	25	5	< 2	< 2	< 2	< 2	2	< 2	< 2	4,5	2	5	9	10,1	3	3	2	2	3	14,3	17,4	< 2	2			
pH	-	-	6,5 à 9	5 à 9	6,5 à 9	4,58	7,46	7,29	6,98	7,29	7,22	6,96	7,645	8,3	8,07	7,93	7,925	8,15	8,04	7,88	8,74	8,28	8,04	8,04	8,3	8,21			
Température de l'eau	°C	-	-	-	-	5	11	15	15	-	14	7	5	10,5	18	16	-	14	7	5,5	10,5	18	16	-	14	7			
Turbidité	UNT	0,004	énoncé circonstancié	8	2	1,05	0,55	0,53	1,55	1,03	0,53	0,37	3,61	2,89	2,83	7,49	10,25	2,72	3,72	4,46	2,12	2,2	7,74	16,3	1,88	4,51			
Nutriments																													
Azote ammoniacal	mg N/L	0,1	voir feuillet	annexe 3	annexe 4	0,22	0,26	0,4	0,06	0,18	0,2	< 0,1	0,15	< 0,1	0,03	0,11	0,205	< 0,1	0,2	0,42	0,18	0,03	0,14	0,2	0,1	0,1			
Azote total Kjeldalh	mg N/L	0,4	-	-	-	-	0,9	0,8	0,94	0,79	0,7	0,4	0,8	0,64	0,7	0,8	1,43	0,6	0,5	1,04	0,81	0,5	0,97	1,3	0,7	0,6			
Nitrites et nitrates	mg/L	0,06	nitrates 13; nitrites 0,197 ^{d,f}	nitrites : 1,97 ^{dd}	nitrates: 13; nitrites: 0,657 ^{dd}	0,199	0,127	0,154	0,114	0,13	0,17	0,07	0,26	0,113	0,118	0,276	0,23	0,09	0,25	0,361	0,453	0,461	0,408	0,35	0,23	0,35			
Phosphore total	mg/L	0,02				g	-	0,03	0,03	< 0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,045	0,04	0,04	0,07	0,08	0,03	< 0,02	0,05	0,03	0,04	0,09	0,09	0,07	0,04
Phosphore total dissous	mg/L	0,02	-	-	-	0,03	0,02	-	0,03	0,03	0,03	< 0,02	0,04	0,03	-	0,06	0,055	< 0,02	0,03	0,04	0,03	-	0,05	0,07	0,03	0,03			
Microbiologie																													
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	0 et 6000	-	-	-	14	5	9	64	100	220	25	360	320	340	1100	1750	160	270	390	110	170	800	2500	170	150			

* Moyennes de duplicata (N=2)

Paramètre	Unité	Limites de détection	Recommandations canadienne pour la qualité des eaux: protection de la vie aquatique ¹	Critère de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique (MDDEP) ²		Données de qualité de l'eau													
				toxicité aiguë	effet chronique														
Caractéristique des stations																			
Station						R-4							R-5						
Latitude						46°46'5.92"							46°45'26.61"						
Longitude						71°21'29.01"							71°21'8.78"						
Date						21-04	20-05	16-06	13-07	04-08	15-09	13-10	21-04	20-05	16-06	13-07	04-08	15-09	13-10
Physico-chimie de base																			
Conductivité	µS/cm	0,02	-	-	-	441	605	679	426	341	785	489	490	666	744	479	352	914	524
Matières en suspension	mg/L	2	énoncé circonstancié	25	5	10,8	3	7	25,7	16,6	< 2	6	17,3	3	4	25,7	16,6	3	6
pH	-	-	6,5 à 9	5 à 9	6,5 à 9	7,8	8,67	8,22	7,89	7,9	8,28	8,11	7,78	8,39	8,22	8,01	7,86	8,16	8,13
Température de l'eau	°C	-	-	-	-	5,5	10,5	18	16	-	14	7	6	10,5	18	16	-	14	7
Turbidité	UNT	0,004	énoncé circonstancié	8	2	10,2	2,57	2,47	10,8	15,8	2,19	6,07	9,86	3,31	4,27	17,8	19,3	4,27	5,3
Nutriments																			
Azote ammoniacal	mg N/L	0,1	voir feuillet	annexe 3	annexe 4	0,39	0,25	0,05	0,13	0,2	0,1	0,1	0,53	0,45	0,37	0,26	0,31	0,6	0,2
Azote total Kjeldalh	mg N/L	0,4	-	-	-	1	0,87	0,3	0,93	1,41	0,6	0,8	1,36	1,19	0,9	1	1,53	1,3	0,9
Nitrites et nitrates	mg/L	0,06	nitrates 13; nitrites 0,197 ^{d,f}	nitrites : 1,97 ^{dd}	nitrates: 13; nitrites: 0,657 ^{dd}	0,406	0,517	0,457	0,369	0,33	0,29	0,35	0,367	0,53	0,563	0,442	0,35	0,44	0,38
Phosphore total	mg/L	0,02				g	-	0,03	0,06	0,03	0,04	0,12	0,09	0,02	0,04	0,06	0,03	0,04	0,11
Phosphore total dissous	mg/L	0,02	-	-	-	0,03	0,02	-	0,07	0,06	< 0,02	0,03	0,04	0,03	-	0,05	0,06	0,02	0,04
Microbiologie																			
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	0 et 6000	-	-	-	250	91	230	1800	2000	110	440	370	700	360	1300	3100	490	430

¹ Conseil canadien des ministres de l'environnement (mise à jour 2007) Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique. Dans: Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (1999)

² MDDEP (2008) Critères de la qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, ISBN 978-2-550-53364-1 (PDF), 424 p. et 12 annexes.

^d Recommandaiton provisoire

^f Protection contre les effets toxiques directs; les recommandations ne tiennent pas compte des effets indirects dus à l'eutrophisation

^g Cadre d'orientation; voir tableau des recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau

^h Cadre d'orientation; voir tableau des recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau

^{dd} Pour Chlorures > 10 mg/L. Les concentrations permmissibles en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique ; Voir annexes 8 Critères de toxicité pour la protection de la vie aquatique d’eau douce pour les nitrites

Tableau 3.2 Statistiques descriptives des paramètres mesurés lors du suivi de la qualité de l'eau dans le cours principal de la rivière du Cap Rouge

Station		R-1						R-2						R-3						R-4						R-5					
Paramètre	Unité	Moy	E-T	C.V.	Min	Méd	Max	Moy	E-T	C.V.	Min	Méd	Max	Moy	E-T	C.V.	Min	Méd	Max	Moy	E-T	C.V.	Min	Méd	Max	Moy	E-T	C.V.	Min	Méd	Max
Physico-chimie de base																															
Conductivité	µS/cm	76.7	33.6	44	42.5	66.0	147.0	418.8	112.0	27	274.0	396.0	583.0	480.4	113.8	24	346.0	438.0	663.0	538.0	157.3	29	341.0	489.0	785.0	595.6	190.4	32	352.0	524.0	914
Matières en suspension	mg/L	1.1	0.4	33	< 2	1.0	2.0	5.2	3.1	60	2.0	4.5	10.1	6.0	6.8	115	< 2	2.0	17.4	10.0	8.6	86	< 2	7.0	25.7	10.8	9.0	84	3.0	6.0	25.7
pH		6.83	1.01	15	4.58	7.22	7.46	8.01	0.21	3	7.65	8.04	8.30	8.21	0.28	3	7.88	8.21	8.74	8.12	0.30	4	7.80	8.11	8.67	8.08	0.21	3	7.78	8.13	8.39
Température	°C	11.17	4.3089	39	5	12.5	15	11.75	5.1357	44	5	12.25	18	11.833	5.007	42	5.5	12.25	18	11.833	5.007	42	5.5	12.25	18	11.917	4.8828	41	6	12.25	18
Turbidité	UNT	0.80	0.42	53	0.37	0.55	1.55	4.79	2.93	61	2.72	3.61	10.25	5.60	5.15	92	1.88	4.46	16.30	7.16	5.26	74	2.19	6.07	15.80	9.16	6.77	74	3.31	5.30	19.3
Nutriments																															
Azote ammoniacal (en N)	mg/L	0.20	0.12	61	0.05	0.20	0.40	0.11	0.07	65	0.03	0.11	0.21	0.17	0.12	75	0.03	0.14	0.42	0.17	0.12	67	0.05	0.13	0.39	0.39	0.15	37	0.20	0.37	0.6
Azote total Kjeldalh (en N)	mg/L	0.76	0.19	26	0.40	0.80	0.94	0.78	0.31	39	0.50	0.70	1.43	0.85	0.28	33	0.50	0.81	1.30	0.84	0.34	41	0.30	0.87	1.41	1.17	0.24	21	0.90	1.19	1.53
Nitrites et nitrates (en N)	mg/L	0.138	0.042	30	0.070	0.130	0.199	0.191	0.080	42	0.090	0.230	0.276	0.373	0.079	21	0.230	0.361	0.461	0.388	0.078	20	0.290	0.369	0.517	0.439	0.082	19	0.350	0.440	0.563
Phosphore total (en P)	mg/L	0.03	0.01	38	< 0,02	0.03	0.04	0.05	0.02	53	< 0,02	0.04	0.08	0.06	0.02	42	0.03	0.05	0.09	0.06	0.04	63	0.02	0.04	0.12	0.06	0.04	63	0.02	0.04	0.11
Phosphore total dissous (en P)*	mg/L	0.03	0.01	33	< 0,02	0.03	0.03	0.04	0.02	49	< 0,02	0.04	0.06	0.04	0.02	38	0.03	0.04	0.07	0.04	0.02	64	< 0,02	0.03	0.07	0.04	0.01	35	0.02	0.04	0.06
Microbiologie																															
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	62	78	124	5	25	220	614	588	96	160	340	1750	613	867	141	110	170	2500	703	828	118	91	250	2000	964	998	103	360	490	3100

N=7 sauf quelques exceptions, se référer au tableau 3.1

Moy: Moyenne

E.T.: Écart-tyoe

C.V.: Coefficient de variation

Min: Minimum

Méd: Médiane

Max: Maximum

3.3.1.1 Physico-chimie de base

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à influencer le pH de l'eau (géologie, pluies acides, décomposition de matières organiques, etc.). Les variations de pH peuvent modifier la forme chimique de certains contaminants et influencer la toxicité de ces contaminants pour la faune aquatique. Par exemple, un pH réduit peut causer une mobilisation des métaux lourds qui passent en solution (CCME, 2004).

Bien que la station R-1 présente la meilleure qualité d'eau, le pH qui y a été mesuré le 21 avril était particulièrement acide avec une valeur de 4,58, mais il est ensuite remonté pour osciller autour de 7,2. La fonte des neiges induit parfois une baisse marquée du pH au printemps (Wetzel, 2001) et cette baisse peut potentiellement être proportionnellement plus importante dans de petits cours d'eau. Le pH est significativement plus faible à la station R-1 qu'aux autres stations situées en aval (Kruskal-Wallis, $P = 0,002$; test de comparaisons multiples de Tukey). Le pH montre la plus forte augmentation entre le milieu forestier (R-1) et le milieu agricole (R-2) et il reste ensuite relativement stable vers l'aval (Figure 3.3). À toutes les stations, le pH minimal a été enregistré le 21 avril et le pH maximal, le 20 mai.

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire l'électricité et varie selon la quantité de solides dissous (McNeely *et al.*, 1980). Elle dépend de l'apport de sels minéraux par lessivage dans les eaux de ruissellement, les précipitations et les dépôts atmosphériques et elle est influencée par l'équilibre entre l'évaporation et les précipitations (Wetzel, 2001). Ces sels minéraux peuvent aussi provenir des effluents municipaux, industriels et agricoles et les matières particulaires atmosphériques transportent des quantités considérables de solides dissous totaux dans les eaux réceptrices (McNeely *et al.*, 1980).

La conductivité mesurée dans la rivière varie entre 42,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (avril) et 147,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (septembre), pour une médiane de 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La moyenne de conductivité est significativement plus faible à la station R-1 qu'aux autres stations en aval (ANOVA, $P < 0,001$; test de comparaisons multiples de Holm-Sidak). Elle augmente de plus de 4 fois entre les stations R-1 et R-2 ce qui peut indiquer des apports ioniques importants provenant des effluents et des eaux de ruissellement agricoles. La conductivité tend ensuite à augmenter vers l'aval lors de son passage en milieu urbain sauf en août où elle est plus ou moins stable à partir de R-2 (Figure 3.3). Cette tendance indique que les eaux de la rivière du Cap Rouge accumulent, tout au long de leur voyage, des ions provenant des différentes activités existant dans le bassin versant. Les conductivités maximales sont principalement mesurées en septembre (faibles débits et facteur de dilution), en juin et en mai et les conductivités minimales en avril ou en août selon les stations.

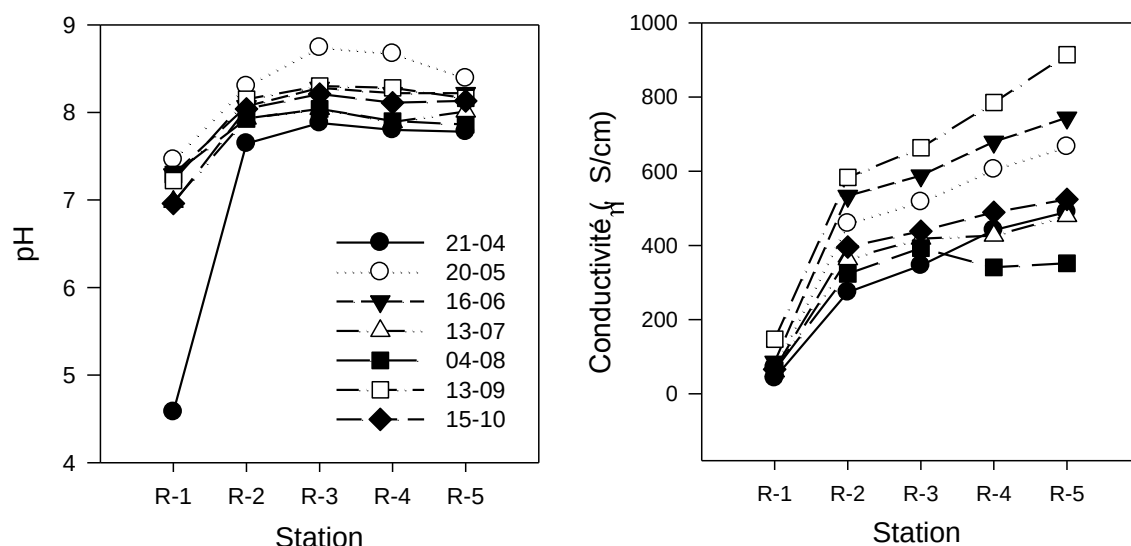


Figure 3.3 Variations spatiales du pH et de la conductivité dans le cours principal de la rivière en fonction de la date d'échantillonnage

À la station R-1, les concentrations de MES et la turbidité sont demeurées faibles tout au long de la saison d'échantillonnage, ne dépassant pas 2 mg/L et 1,55 UTN respectivement (Figure 3.4). Le milieu forestier ne semble donc pas générer de quantités appréciables de MES. Le milieu forestier atténue le transport sédimentaire en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol (diminuant donc le ruissellement de surface) et en retenant les particules dans le réseau racinaire. Les concentrations de MES et la turbidité sont beaucoup plus variables aux autres stations et on observe un gradient croissant de l'amont vers l'aval.

Les concentrations maximales de MES et les turbidités les plus élevées ont été mesurées en juillet et en août à toutes les stations (sauf R-1) (Figure 3.4). Ces valeurs élevées peuvent être attribuées au fait que les échantillons récoltés en juillet et août ont été prélevés suite à des précipitations. Fait intéressant à noter, une augmentation importante de la turbidité et de la concentration en MES a été observée en avril en aval de la station R-3. Cette hausse des concentrations de MES dans ce secteur de la rivière et à ce moment de l'année est fort probablement liée au transport, par les eaux de ruissellement, des sédiments accumulés sur le réseau routier pendant l'hiver.

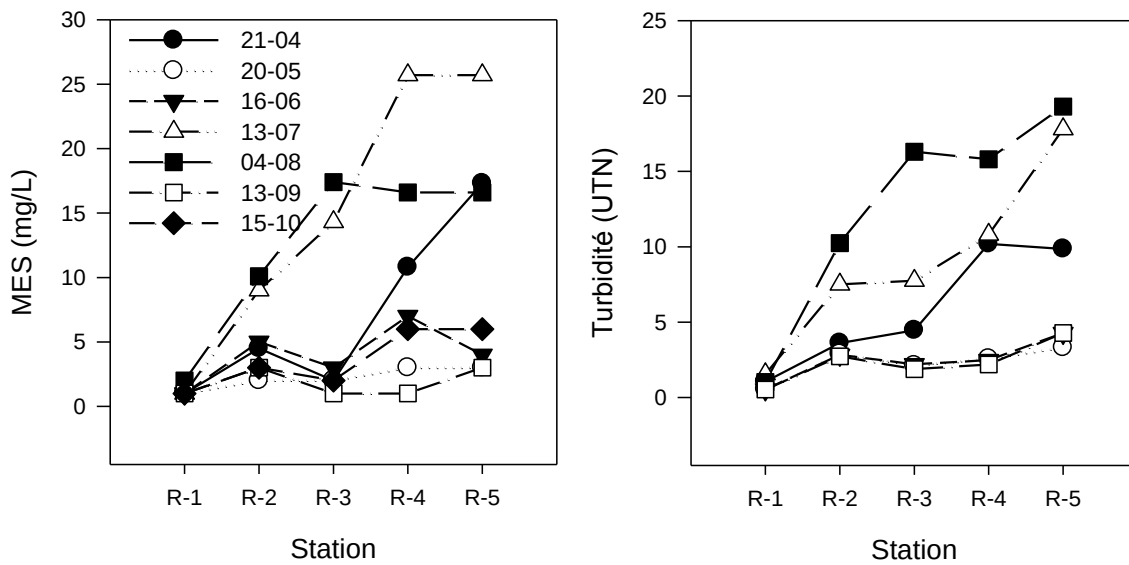


Figure 3.4 Variations spatiales des concentrations de MES et de la turbidité dans la rivière du Cap Rouge en fonction de la date d'échantillonnage

Des mesures de turbidités relatives ont également été réalisées le 24 août 2009 par temps sec aux stations R-1 à R-4 à l'aide d'un appareil de mesure OBS (Optical Backscattering Sensor). L'objectif de ces mesures était de vérifier les variations fines de la turbidité par temps sec et tenter de détecter si la rivière pouvait potentiellement être affectée par des rejets par temps sec. L'appareil a été déployé sur une période d'une heure à chaque station, prenant une mesure par seconde en continu. Le programme de l'appareil donnait une valeur moyenne à toutes les dix minutes. Les résultats sont présentés en annexe 3.1.

Les résultats indiquent que les plus faibles turbidités par temps sec sont mesurées à la station R-1 en milieu forestier. Les variations fines de la turbidité à cette station lors des mesures étaient de l'ordre de -8% à +17% par rapport à la moyenne horaire des mesures. Les niveaux de turbidités mesurés à la station R-2 qui se trouve à l'aval du milieu agricole étaient environ deux fois plus élevées qu'à la station R-1 et ils étaient plus variables (-24% à +34%) par rapport à la moyenne horaire. Ces variations peuvent potentiellement être occasionnées par des rejets d'eaux usées par temps sec. Les niveaux de turbidités mesurées aux stations R-3 et R-4 étaient environ du même ordre de grandeur qu'à la station R-1 (légèrement supérieures) leur variabilité par rapport à la moyenne horaire était de l'ordre de -8% à +4% et -5% à 7% respectivement.

3.3.1.2 Nutriments

Phosphore

Une forte proportion du phosphore est souvent adsorbée aux particules sédimentaires. Le phosphore minéral sous forme d'ions phosphates est directement assimilable par les plantes (Hade, 2002) et c'est souvent l'élément limitant pour la croissance des algues. Selon Blais et Laurion (2008), un grand pourcentage de la variabilité dans l'abondance des cyanobactéries est expliqué par le phosphore.

Les concentrations de phosphore total sont les plus faibles à la station R-1, sauf en octobre. C'est aussi à cette station qu'elles sont le moins variables, allant de <0,02 mg/L à 0,04 mg/L. Les concentrations de phosphore total tendent généralement à augmenter de la station R-1 vers la station R-3 (Figure 3.5; à droite). Or, ce patron varie de façon temporelle. En effet, les concentrations de phosphore total les plus élevées ont été mesurées en juillet et en août, lors du transport sédimentaire maximal qui correspond également à une période de forte productivité du milieu (Figure 3.6; gauche). À ce moment, les concentrations augmentent de façon relativement importante de l'amont vers l'aval comparativement à ce qui est observé lors des autres échantillonnages. À la station R-1, les concentrations de phosphore total atteignent à trois occasions, mais ne dépassent qu'une seule fois le critère de 0,03 mg/L de P visant à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau (MDDEP, 2008). Cependant, aux autres stations ce critère est dépassé dans 71% des échantillons aux stations R-2, R-4 et R-5 et dans 86% des échantillons à la station R-3 (Figure 3.6; à gauche).

Azote

La station R-1 présente les plus faibles concentrations moyennes de nitrites-nitrates et d'azote total Kjeldalh de l'ensemble des stations (Figure 3.6). Les concentrations en nitrites-nitrates augmentent selon un gradient amont-aval quelle que soit la date d'échantillonnage. L'augmentation la plus marquée a été mesurée à l'aval du milieu agricole entre la station R-2 et la station R-3. Les concentrations de nitrites-nitrates des deux stations situées en amont (R-1 et R-2) sont significativement différentes de celles des trois stations en aval (R-3, R-4 et R-5) (ANOVA, $P < 0,001$; test de comparaisons multiples de Holm-Sidak, $P < 0,001$). Cette augmentation est illustrée à la Figure 3.6 (à droite).

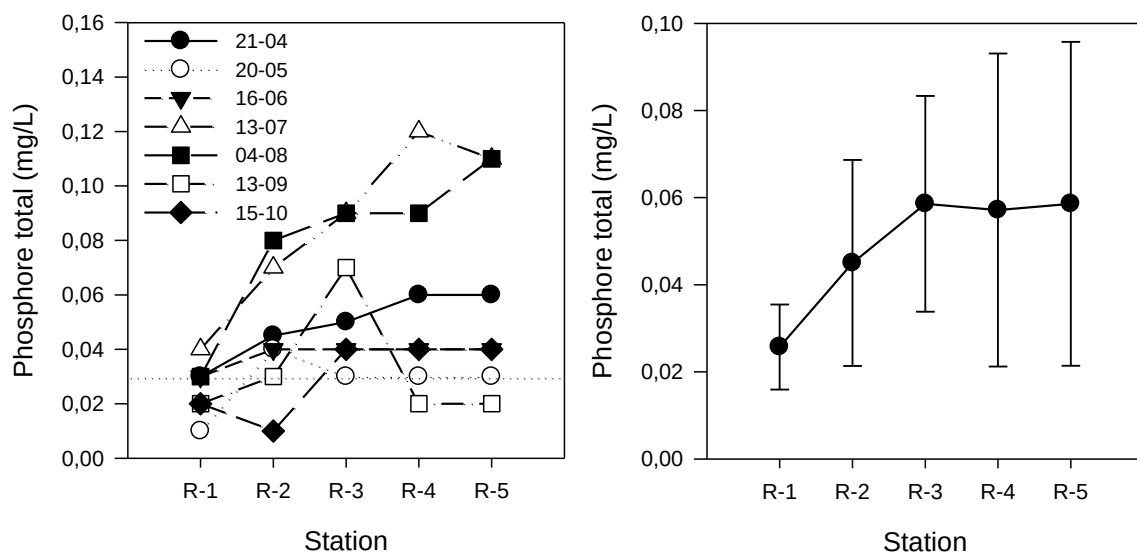


Figure 3.5 Variations spatiales des concentrations de phosphore total dans la rivière du Cap Rouge en fonction de la date d'échantillonnage (à gauche) et en moyenne (à droite; les barres d'erreur représentent l'écart-type). La ligne pointillée du graphique de gauche indique le critère de protection de la vie aquatique du MDDEP pour le phosphore.

Les patrons de distributions spatiale et temporelle de l'azote total Kjeldahl et de l'azote ammoniacal ne sont pas aussi clairs que pour les nitrites-nitrates. Les concentrations maximales d'azote total Kjeldahl et d'azote ammoniacal sont presque toujours observées à R-5. C'est en août que les concentrations maximales d'azote total Kjeldahl sont mesurées à toutes les stations, sauf à R-1. Les concentrations d'azote total Kjeldahl semblent varier en fonction de la turbidité ($r = 0,692$, $P < 0,001$) et des MES ($r = 0,528$, $P = 0,0013$). Elles sont aussi liées aux concentrations de phosphore total ($r = 0,539$, $P = 0,001$).

3.3.1.3 Microbiologie

Les matières en suspension peuvent contribuer à abriter des micro-organismes et les fortes turbidités protègent les micro-organismes des procédés de désinfection (CCME, 2004). Comme pour les autres paramètres de la qualité de l'eau, les concentrations en coliformes fécaux les plus faibles et les moins variables sont mesurées à la station forestière R-1 (Figure 3.7). À cet endroit, les concentrations en coliformes fécaux varient de 5 à 220 UFC/100 ml, pour une médiane de 25 UFC/100ml (Tableau 3.2). Le maximum de coliformes fécaux à R-1 a été mesuré en septembre et il correspond au seul moment où le critère de protection de la baignade du MDDEP (200 UFC/100ml; 2008) est dépassé à cet endroit.

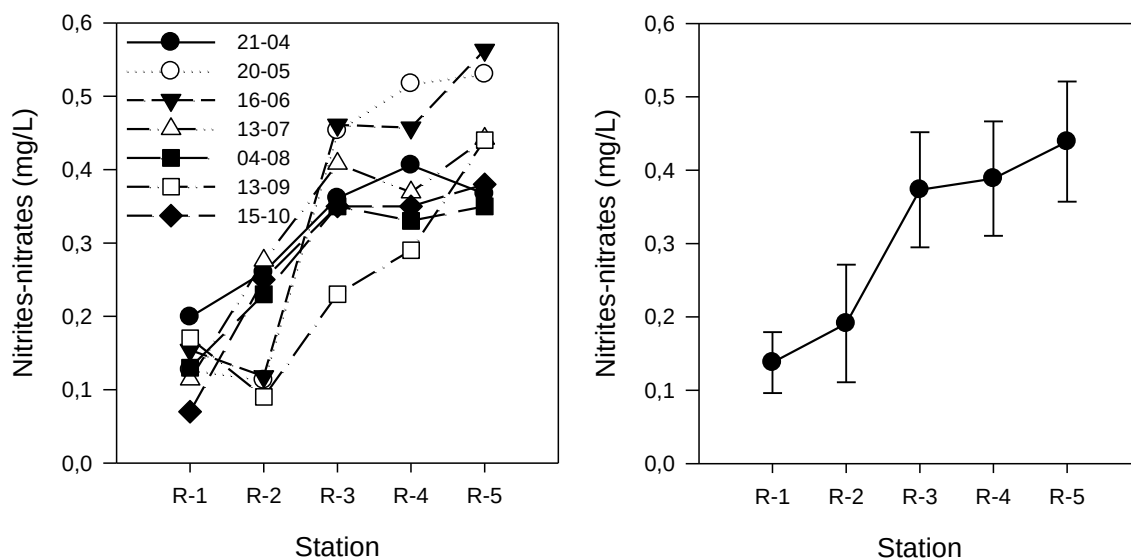


Figure 3.6 Variations spatiales des concentrations de nitrites-nitrates dans la rivière du Cap Rouge en fonction de la date d'échantillonnage (à gauche) et en moyenne (à droite; les barres d'erreur représentent l'écart-type)

Aux autres stations, les concentrations maximales de coliformes fécaux sont observées en juillet et en août, lors des périodes où les MES et la turbidité sont les plus élevées. Il existe d'ailleurs des corrélations fortement significatives entre les concentrations en coliformes fécaux et les concentrations de MES ($r = 0,757$; $P < 0,01$) et la turbidité ($r = 0,887$; $P < 0,01$). Les concentrations de coliformes fécaux montrent aussi des corrélations significatives avec l'azote total Kjeldahl ($r = 0,685$; $P < 0,001$) et le phosphore total ($r = 0,816$; $P < 0,001$).

À la station qui est située dans la zone d'activité nautique de la rivière, 100% des échantillons dépassent le critère de qualité de l'eau pour la baignade du MDDEP (2008). C'est aussi à cet endroit que les concentrations maximales de coliformes fécaux ont été détectées avec 3100 UFC/100 ml. Les fréquences de dépassement du critère pour la baignade du MDDEP (2008) aux stations R-2, R-3 et R-4 étaient respectivement de 86%, 43% et 71%.

Ces observations permettent de conclure que la qualité bactériologique de l'eau de la rivière du Cap Rouge n'est pas adéquate pour les activités aquatiques telles que la baignade. En juillet et en août, elle dépasse même pour la plupart, le critère bactériologique applicable aux activités aquatiques de contact secondaire comme la pêche et le canotage, qui est fixé à 1000 UFC/100 ml par le MDDEP (2008).

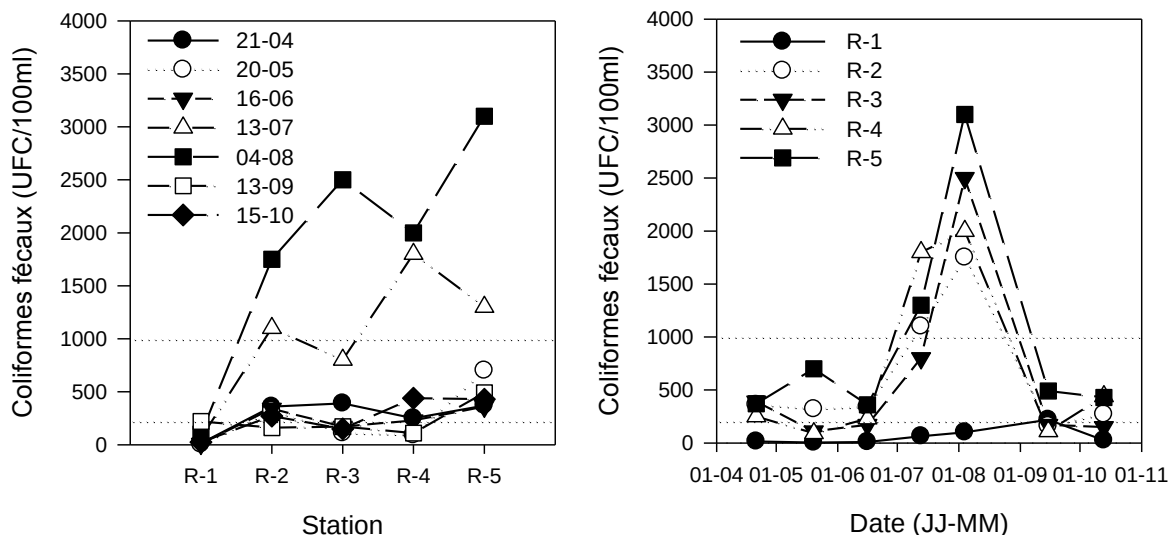


Figure 3.7 Variations spatiales (à gauche) et temporelle (à droite) des concentrations de coliformes fécaux dans le cours principal de la rivière. Les traits pointillés représentent les critères d'activités aquatiques de contact primaire (200 UFC/100 ml) et secondaire (1000 UFC/100 ml) du MDDEP (2008).

3.3.2 Qualité de l'eau des tributaires

Certains des paramètres de qualité de l'eau analysés sur les échantillons prélevés dans les tributaires de la rivière du Cap Rouge n'ont pas été mesurés en concentrations dépassant la limite de détection analytique. Ces paramètres, qui ne représentent actuellement pas un enjeu dans ce bassin versant, sont les suivants : l'antimoine, l'argent, l'arsenic, le béryllium, le bismuth, le cadmium, le cobalt, l'étain, le sélénium et le thallium.

Les résultats d'analyses pour les paramètres qui ont été mesurés au-dessus des limites de détection sont présentés au tableau 3.3 et comparés aux critères fédéraux (CCME, 2007) et provinciaux (MDDEP, 2008) de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Les moyennes et les écart-types des différents paramètres pour chacune des stations sont quant à eux présentés au Tableau 3.4.

Tableau 3.3 Qualité de l'eau de trois tributaires et conformité avec les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique

Paramètre	Unité	Limite de détection	Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux: protection de la vie aquatique ¹	Critère de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique (MDDEP) ²		Données qualité de l'eau								
				toxicité aiguë	effet chronique									
Caractéristiques des stations														
Nom de la station						T-1			T-2			T-3		
Localisation (sous-bassin)						#18			#16			#3		
Occupation du sol						Forestière et agricole			Industrielle et agricole			Commerciale et résidentielle		
Latitude						46°46'24.11"			46°46'01.32"			46°46'22.56"		
Longitude						71°28'32.40"			71°26'27.11"			71°21'21.13"		
Date échantillonnée						10-05-2009	19-06-2009	27-09-2009	10-05-2009	19-06-2009	27-09-2009	10-05-2009	19-06-2009	27-09-2009
Physico-chimie de base														
Conductivité	µS/cm	< 1	-	-	-	123	-	177	1030	-	584	1020	-	1380
Dureté	mg CaCO ₃ /L	< 1	-	-	-	-	40	73	-	150	180	-	180	410
pH	-	NA	6,5 à 9	5 à 9	6,5 à 9	7,8	7,6	8,1	8,2	7,8	8,0	8	8	8,1
Matières en suspension (MES)	mg/L	< 4	énoncé circonstancié	25 ^{jj}	5 ^{kk}	8	12	<4	19	140	12	29	11	<4
Turbidité	UTN	< 0,1	énoncé circonstancié	8 ^{ll}	2 ^{mm}	7,4	7,2	1,3	31	220	16	44	27	4,7
Nutriments														
Azote total Kjeldalh (en N)	mg/L	< 0,2	-	-	-	0,4	0,3	<0,2	0,5	0,6	0,9	0,9	0,3	0,3
Nitrites-Nitrates (en N)	mg/L	< 0,02	nitrites 0,06 nitrates 2,9 ^{d,f}	nitrites : 0,6 ^{dd}	nitrates: 2,9; nitrites: 0,2 ^{dd}	0,1	0,28	0,15	0,18	0,71	0,79	0,79	0,2	1
Ortho-phosphates (en P)	mg/L	< 0,01	-	-	-	0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Phosphore total (en P)	mg/L	< 0,005	^g	-	0,03 ^{ee}	0,038	0,027	0,011	0,062	0,083	0,055	0,06	0,023	0,019
Anions et cations														
Calcium (Ca)	mg/L	< 0,1	-	-	^r	17	13	25	81	51	55	77	62	140
Chlorures	mg/L	< 0,5	-	860	230	19	5,3	8,2	210	74	84	230	180	250
Magnésium (Mg)	mg/L	< 0,05	-	-	-	1,9	1,5	2,9	15	6,5	11	9,7	7,1	15
Potassium (K)	mg/L	< 0,5	-	-	-	1,3	1,5	1,4	3,1	3	3	2,4	2,6	3,4
Silicium extractible (Si)	mg/L	< 0,05	-	-	-	2,7	3,2	3,9	1,7	3,5	2,5	2,4	1,8	4
Sodium (Na)	mg/L	< 0,5	-	-	-	5,6	5,6	8	120	37	58	130	100	150
Métaux et métalloïdes														
Aluminium (Al)	mg/L	< 0,01	0,1 ^a	0,75 ⁱ	0,087 ^j	0,28	0,23	0,09	0,46	2,2	0,54	0,8	0,32	0,08
Baryum (Ba)	mg/L	< 0,01	-	^l	^m	0,06	0,06	0,08	0,1	0,08	0,07	0,14	0,1	0,19
Bore (B)	mg/L	< 0,02	-	16	1,9	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,05	0,1	0,04	0,05	0,06
Chrome (Cr)	mg/L	< 0,001	Cr(III):0,0089, Cr(VI): 0,001	Cr(VI): 0,016	Cr(VI): 0,011	<0,001	0,002	0,003	0,002	0,005	0,006	0,003	0,002	0,01
Cuivre (Cu)	mg/L	< 0,001	^c	^x	^y	0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,015	0,014	0,009	0,01	0,003
Fer (Fe)	mg/L	< 0,05	0,3	3,4 ^d	1,3 ^d	0,39	0,39	0,13	0,78	3,6	0,5	1,7	0,94	0,49
Lithium (Li)	mg/L	< 0,001	-	0,87	0,096	0,002	0,002	0,003	0,017	0,013	0,021	0,006	0,006	0,009
Manganèse (Mn)	mg/L	< 0,002	-	^z	^{aa}	0,026	0,03	0,01	0,06	0,1	0,026	0,25	0,19	0,37
Molybdène (Mo)	mg/L	< 0,001	0,073 ^d	29	3,2	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
Nickel (Ni)	mg/L	< 0,001	^e	^{bb}	^{cc}	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,006	0,002	0,003	0,002	0,003
Plomb (Pb)	mg/L	< 0,001	^h	^{ff}	^{gg}	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,005	<0,001	0,002	0,001	<0,001
Strontium (Sr)	mg/L	< 0,001	-	75	8,3	0,11	0,1	0,19	1,4	0,78	1,5	0,75	0,65	1,3
Titane (Ti)	mg/L	< 0,001	-	-	-	0,01	0,009	0,003	0,013	0,083	0,016	0,029	0,015	0,002
Vanadium (V)	mg/L	< 0,003	-	0,11	0,012	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,006	<0,003	<0,003	<0,003	0,003
Zinc (Zn)	mg/L	< 0,004	0,03	ⁿⁿ	^{oo}	0,013	<0,004	<0,004	0,035	0,089	0,028	0,041	0,016	0,005

¹ Conseil canadien des ministres de l'environnement (mise à jour 2007) Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique. Dans:

Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (1999)

² MDDEP (2008) Critères de la qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

^a Recommandation établie pour l'aluminium: 5 µg/L à un pH <6,5; 100 µg/L pour un pH >6,5

^c Recommandation établie pour le cuivre: 2 µg/L pour une dureté de l'eau de 0 à 120 mg/L (douce moyenne) comme CaCO₃; 3 µg/L pour une dureté de 120 à 180 mg/L (dure); 4 µg/L pour une dureté >180 mg/L (très dure).

^d Recommandaiton provisoire

^e Recommandation établie pour le nickel: 25 µg/L pour une dureté de 0 à 60 mg/L (douce) comme CaCO₃; 65 µg/L pour une dureté de 60 à 120 mg/L (moyenne); 110 µg/L pour une dureté de 120 à 180 mg/L (dure); 150 µg/L pour une dureté >180mg/L (très dure).

^f Protection contre les effets toxiques directs; les recommandations ne tiennent pas compte des effets indirects dus à l'eutrophisation.

^g Cadre d'orientation; voir tableau des recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau

^h Recommandation établie pour le plomb: 1 µg/L pour une dureté de 0 à 60 mg/L (douce) comme CaCO₃; 2 µg/L pour une dureté de 60 à 120 mg/L (moyenne); 4 µg/L pour une dureté de 120 à 180 mg/L (dure); 7 µg/L pour une dureté >180mg/L (très dure)

ⁱ Il ne devrait pas y avoir d'effets toxiques à cette concentration si le pH se maintient entre 6,5 et 9,0.

¹ $e^{[1,0629 (\ln \text{dureté}) + 2,2354]} / 1000$; Voir aussi Annexe 12 - Exemples de critères de qualité de l'eau pour les métaux dont la toxicité varie avec la dureté^m e ^[1,0629 (ln dureté) + 1,1869] / 1000 ; Voir aussi Annexe 12 - Exemples de critères de qualité de l'eau pour les métaux dont la toxicité varie avec la dureté

$\times e^{[0,9422 (\ln \text{ dureté}) - 1,700]} / 1000$; La toxicité du cuivre diminue lorsque la concentration en carbone organique dissous est élevée ; Un facteur de 0,96 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

$y_{e^{[0,8545 (\ln \text{ dureté}) - 1,702]}} / 1000$; La toxicité du cuivre diminue lorsque la concentration en carbone organique dissous est élevée ; Un facteur de 0,96 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

$$z = e^{[0,8784 (\ln \text{dureté}) + 4,2889]} / 1000$$
$$e^{[0,8784 (\ln \text{dureté}) + 3,5199]} / 1000$$
^{bb} $e^{[0,846 (\ln \text{dureté}) + 2,255]} / 1000$; Un facteur de 0,998 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

cc $e^{[0,846 (\ln \text{dureté}) + 0,0584]} / 1000$; Un facteur de 0,997 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

^{dd} Pour Chlorures > 10 mg/L. Les concentrations permises en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique ; Voir annexes 8 Critères de toxicité pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour les nitrites

^{ee} Ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. (voir page du critère pour plus d'informations)

$10^{ff} \frac{e^{[1,273 (\ln \text{dureté}) - 1,46]}}{1000}$; Ce critère de qualité fait l'objet d'une réévaluation importante ; Un facteur de $(1,46203 - [(\ln \text{dureté})(0,145712)])$ permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

eg $e^{[1,273 (\ln \text{dureté}) - 4,705]} / 1000$; Ce critère de qualité fait l'objet d'une réévaluation importante ; Un facteur de $(1,46203 - [(\ln \text{dureté})(0,145712)])$ permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous.

^{jj} Ce critère de qualité permet une augmentation maximale de 25 mg/L par rapport à la concentration naturelle.

^{kk} Ce critère de qualité permet une augmentation moyenne maximale de 5 mg/L par rapport à la concentration naturelle.

^{II} Ce critère de qualité permet une augmentation maximale de 8 uTN en 24 heures par rapport à la turbidité naturelle quand celle-ci est inférieure ou égale à 8 uTN.

^{mm} Ce critère de qualité permet une augmentation moyenne maximale de 2 uTN par rapport à la turbidité naturelle quand celle-ci est plus petite ou égale à 8 uTN.

$\text{nn} e^{[0,8473 (\ln \text{dureté}) + 0,884]} / 1000$; Un facteur de 0,978 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

⁰⁰ $e[0,8473 (\ln \text{dureté}) + 0,884] / 1000$; Un facteur de 0,986 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

Tableau 3.4 Moyennes (Moy.) et écart-types (É-T) des paramètres de qualité de l'eau mesurés lors des pluies du 10 mai, du 19 juin et du 27 septembre dans trois tributaires.

Nom de la station		T1		T2		T3	
Occupation du sol		Forestière et agricole		industrielle et agricole		commerciale et résidentielle	
Paramètre	Unité	Moy.	É-T	Moy.	É-T	Moy.	É-T
Physico-chimie de base							
Conductivité *	µS/cm	150	38	807	315	1200	255
Dureté *	mg CaCO ₃ /L	57	23	165	21	295	163
pH	-	7,8	0,3	8,0	0,2	8,0	0,1
Matières en suspension (MES)	mg/L	7	5	57	72	14	14
Turbidité	UTN	5,3	3,5	89,0	113,7	25,2	19,7
Nutriments							
Azote total Kjeldalh (en N)	mg/L	0,3	0,2	0,7	0,2	0,5	0,3
Nitrites-Nitrates (en N)	mg/L	0,18	0,09	0,56	0,33	0,66	0,41
Ortho-phosphates (en P)	mg/L	0,008	0,003	0,007	0,003	0,007	0,003
Phosphore total (en P)	mg/L	0,025	0,014	0,067	0,015	0,034	0,023
Anions et cations							
Calcium (Ca)	mg/L	18	6	62	16	93	41
Chlorures	mg/L	11	7	123	76	220	36
Magnésium (Mg)	mg/L	2,10	0,72	10,83	4,25	10,60	4,03
Potassium (K)	mg/L	1,4	0,1	3,0	0,1	2,8	0,5
Silicium extractible (Si)	mg/L	3,3	0,6	2,6	0,9	2,7	1,1
Sodium (Na)	mg/L	6,4	1,4	72	43	127	25
Métaux et métalloïdes							
Aluminium (Al)	mg/L	0,20	0,10	1,07	0,98	0,40	0,37
Baryum (Ba)	mg/L	0,067	0,012	0,083	0,015	0,143	0,045
Bore (B)	mg/L	LD**	-	0,070	0,026	0,050	0,010
Chrome (Cr)	mg/L	0,003	0,001	0,004	0,002	0,005	0,004
Cuivre (Cu)	mg/L	0,001	0,0003	0,011	0,006	0,007	0,004
Fer (Fe)	mg/L	0,303	0,150	1,627	1,715	1,043	0,612
Lithium (Li)	mg/L	0,002	0,001	0,017	0,004	0,007	0,002
Manganèse (Mn)	mg/L	0,022	0,011	0,062	0,037	0,270	0,092
Molybdène (Mo)	mg/L	LD**	-	0,002	0,001	LD**	-
Nickel (Ni)	mg/L	LD**	-	0,003	0,002	0,003	0,001
Plomb (Pb)	mg/L	LD**	-	0,003	0,003	0,002	0,001
Strontium (Sr)	mg/L	0,13	0,05	1,23	0,39	0,90	0,35
Titane (Ti)	mg/L	0,007	0,004	0,037	0,040	0,015	0,014
Vanadium (V)	mg/L	LD**	-	0,003	0,003	0,002	0,001
Zinc (Zn)	mg/L	0,006	0,006	0,051	0,033	0,021	0,018

*N=2 ;

**LD : limite de détection

3.3.2.1 Précipitations et aspects des tributaires lors de l'échantillonnage

Les trois périodes d'échantillonnage des tributaires ont eu lieu dans des conditions de précipitations différentes. Les hauteurs de pluie mesurées le jour même de l'échantillonnage ainsi que lors des jours précédents sont présentées au Tableau 3.5. Comme les quantités de précipitations ne sont disponibles que sur une base quotidienne, il n'est pas possible d'évaluer précisément les hauteurs de pluie tombées dans les heures précédant l'échantillonnage.

Tableau 3.5 Précipitations enregistrées à la station météorologique de l'aéroport Jean Lesage Intl (701S001) les jours d'échantillonnage et les jours précédents

Nombre de jours précédents l'échantillonnage	Date et heures d'échantillonnage		
	2009-05-10 6:10 à 7:05	2009-06-19 15:00 à 15:45	2009-09-27 15:10 à 15:40
2	2 mm	0 mm	0 mm
1	6,2 mm	0,8 mm	0 mm
0	trace	12,8 mm	27 mm

Source : Environnement Canada, 2009

Selon les observations faites à la station météorologique de l'aéroport Jean-Lesage Intl A (7016294; Environnement Canada, 2009), la pluie avait cessé environ 4 heures avant l'échantillonnage du 10 mai et quelques averses ont été observées plus tard dans la journée. Le 19 juin il pleuvait toujours au moment de la prise des échantillons et de la bruine est tombée le reste de la journée. Finalement, le 27 septembre, la pluie s'est transformée en bruine environ 3 heures avant l'échantillonnage. La bruine s'est poursuivie presque toute la journée pour redevenir de la pluie vers 22:00.

Ces événements de précipitations ont augmenté le débit des tributaires visités. L'aspect de chacun des tributaire au moment des trois échantillonnages est présenté à la Photo 3.1.

- Le 10 mai, les eaux du tributaire T-1 étaient partiellement turbides, mais moins qu'aux deux autres stations. Les eaux de T-2 étaient jaunâtres et assez turbides tandis que celles de T-3 étaient très turbides et de couleur brune;
- Le 19 juin, le débit des tributaires était plus élevé que lors de l'échantillonnage du mois de mai. Les eaux de T-1 étaient turbides (transparence de 30-40 cm), mais moins qu'à T-2 et T-3. À T-3, l'eau était brune-beige et turbide. C'est à T-2 que les eaux étaient les plus turbides et elles étaient de couleur brun-gris;
- Lors de l'échantillonnage du 27 septembre, les débits observés étaient plus faibles qu'en mai et en juin. Les eaux des tributaires T-1 et T-3 étaient claires, tandis qu'elles étaient un peu turbides et jaunâtres à T-2.

3.3.2.2 Physico-chimie de base

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de base diffèrent grandement d'une station à l'autre (Tableau 3.4). C'est à la station T-1, dans le sous-bassin versant majoritairement forestier et agricole, que la conductivité, la dureté, le pH, les MES et la turbidité sont les plus faibles. C'est également à cette station que les concentrations de MES et la turbidité les moins variables. La dureté et la conductivité, qui n'ont été mesurées que deux fois, y sont aussi généralement moins variables qu'à T-2 et T-3.

La conductivité et la dureté moyennes les plus élevées ont été mesurées à la station T-3 qui draine un milieu urbain. Comme la valeur de ces paramètres est fortement liée à la quantité d'ions dissous dans l'eau, ils seront discutés plus spécifiquement à la section 3.3.2.4.

À la station T-2 qui est influencée par des secteurs industriels et agricoles, la turbidité et les concentrations de MES moyennes sont beaucoup plus élevées qu'aux deux autres stations. Elles y sont également nettement plus variables. En effet, l'étendue des valeurs de turbidité est de 204 UNT et pour les MES, de 128 mg/L. À la station T-3, les MES et la turbidité montrent des valeurs beaucoup plus faibles qu'à la station T-2, mais les turbidités et les concentrations de MES moyennes y sont tout de même beaucoup plus élevées qu'à la station T-1.

La présence de niveaux de turbidité et de MES très élevés et variables à T-2 pourraient être attribuables au fait que le sous-bassin versant No. 16 est celui qui est le moins boisé avec seulement 4,8% de couverture forestière. Il est également le plus agricole (42,4%) en plus d'être en grande partie industriel et imperméabilisé. Il réagit donc très rapidement aux précipitations avec une augmentation rapide des débits qui érodent les talus exposés. La turbulence engendrée par les forts débits peut amener les sédiments charriés par le fond à être remis en suspension dans l'eau. Durant de fortes pluies prolongées, le débit et la turbulence de l'eau peuvent demeurer élevés pendant un certain temps avant de diminuer progressivement. Par comparaison, le milieu forestier occupe 68,5% du sous-bassin versant No. 18 où est située la station T-1 et 16,5% du sous-bassin No. 3, où se trouve la station T-3.

En plus d'une faible couverture forestière, le sous-bassin de la station T-2 présente de nombreuses zones d'érosion répertoriées par le MAPAQ en 2005 juste en amont de la station T-2 (CBRCR, 2009). Lors de la saison d'échantillonnage, un ponceau effondré a également été observé en amont de la station T-2 (Photo 3.2).

Photo 3.1 Comparaison des trois tributaires échantillonnés pour la qualité de l'eau selon les dates d'échantillonnage

10 mai



19 juin



27 sept.



T1

T2

T3



Photo 3.2 Ponceau effondré dans le tributaire tout juste à l'amont de T-2

3.3.2.3 Nutriments

Les concentrations moyennes en nutriments sont les plus faibles et les moins variables à la station T-1 dans le sous-bassin versant majoritairement forestier (Tableau 3.4). Les concentrations moyennes d'azote total Kjeldahl étaient les plus élevées à la station T-2, alors les nitrites-nitrates étaient plus élevés à la station T-3.

À toutes les stations, les concentrations d'orthophosphates étaient soit non détectables ou elles étaient mesurées en très faibles concentrations (0,01 mg/L). Le phosphore semble donc principalement adsorbé aux particules en suspension puisque les concentrations de phosphore total observées dans le tributaire industriel et agricole (T-2) dépassent à tout moment le critère provincial pour le phosphore visant à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau (0,03 mg/L). Ces concentrations de phosphore ne sont sûrement pas étrangères à la nature agricole de ce sous-bassin versant. Elles sont aussi la cause probable de la croissance importante de périphyton observée à la fin août sur le substrat de ce tributaire (Photo 3.3). À titre comparatif, les concentrations moyennes de phosphore total à la station T-2 sont près de 2 fois plus élevées qu'à la station T-3 et 2,7 fois plus élevées qu'à la station T-1.



Photo 3.3 Périphyton sur le substrat du tributaire T-2 drainant un sous-bassin versant industriel et agricole (28 août 2009)

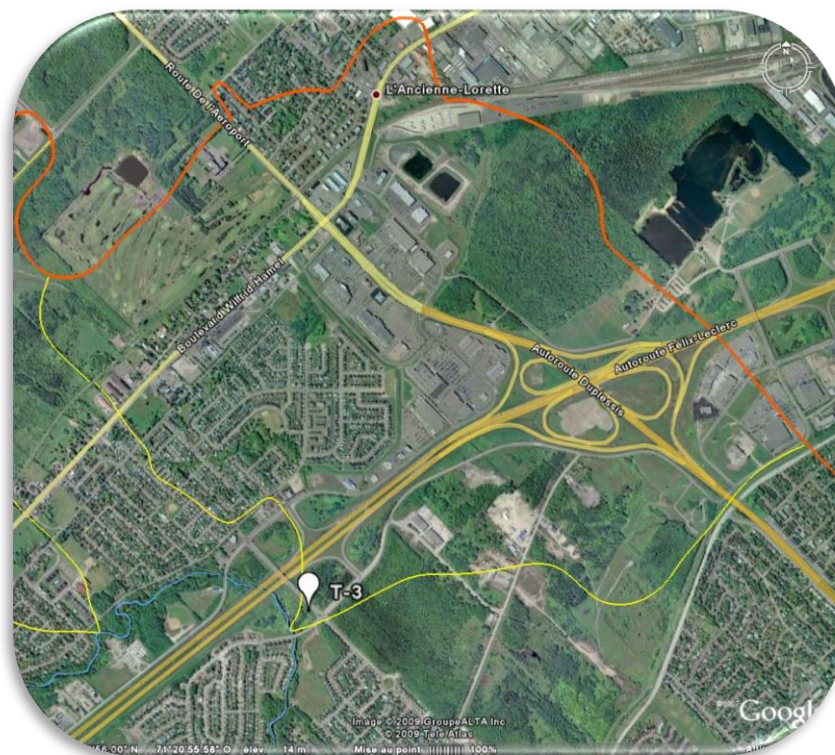
Les concentrations de phosphore sont corrélées à la turbidité ($r = 0,738$, $P = 0,0232$) et au MES ($r = 0,746$, $P = 0,0211$) tandis qu'aucune corrélation n'a été détectée avec l'azote total Kjeldahl et les nitrites-nitrates. Cette relation entre les concentrations de MES, la turbidité et les concentrations en phosphore total souligne encore une fois l'importance du contrôle du transport sédimentaire dans le maintien de la qualité de l'eau des cours d'eau.

3.3.2.4 Anions et cations

Les concentrations moyennes de calcium, de chlorures et de sodium ainsi que la conductivité et la dureté sont les plus faibles dans le tributaire de la station T-1 (Tableau 3.4) qui possède la plus faible proportion de routes sur son territoire, c'est-à-dire 2,2%. La station T-3 présente les concentrations moyennes les plus élevées en calcium (93 mg/L), en chlorures (220 mg/L) et en sodium (127 mg/L), et, conséquemment, les moyennes de conductivité (1 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et de dureté (295 mg CaCO_3/L) sont les plus hautes. Les concentrations de certains échantillons en chlorures provenant de la station T-3 dépassaient le critère de la protection de la vie aquatique contre les effets chroniques fixé à 230 mg/l par le MDDEP. Pour ce qui est du tributaire de la station T-2 dont le sous-bassin versant est occupé à 9,9% par le réseau routier, les valeurs mesurées pour ces paramètres se retrouvent entre celles observées aux stations T-1 et T-3.

La qualité de l'eau du tributaire de la station T-3 est influencée par l'omniprésence du réseau routier et autoroutier. En effet, le territoire de ce sous-bassin versant est occupé à 14,4% par des routes, incluant l'échangeur des autoroutes 40 et 540 (Figure 3.8). Les concentrations élevées d'ions mesurés dans l'eau sont très probablement le résultat des grandes quantités de sel de déglacage épandu dans cette zone en hiver et qui s'accumule avec le temps dans le sol, les fossés et les aquifères. Au Canada, les principaux sels de voirie utilisés sont le chlorure de sodium et, dans une moindre mesure, le chlorure de calcium (Environnement Canada et Santé Canada, 2001). Les concentrations maximales de ces paramètres ne sont cependant pas observées au printemps, mais plutôt en septembre. Il s'agit là d'une période de plus faible débit où le facteur de dilution des sels est plus faible et la contribution de la nappe à la recharge des cours d'eau peut être proportionnellement plus importante. Comme ces sels sont rapidement dissous dans l'eau de pluie au printemps, il est fort possible qu'il se retrouvent rapidement dans la nappe et la contamine.

D'autres ions sont mesurés dans les tributaires de la rivière du Cap Rouge. Il s'agit du magnésium et du potassium dont les concentrations moyennes sont semblables aux stations T-2 et T-3, mais qui sont nettement plus faibles à la station T-1. Les concentrations de magnésium sont plus variables que les concentrations de potassium.



Source : GoogleEarth, 2009

Figure 3.8 Réseau routier du sous-bassin versant No. 3 drainé par le tributaire de la station T-3

Le magnésium arrive au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants et constitue 2,5% de la croûte terrestre. Toutes les eaux naturelles en contiennent et il contribue largement à leur dureté (Santé Canada, 1978). Certains relevés de la qualité des eaux superficielles au Canada ont montré que les concentrations de magnésium varient considérablement selon le lieu et la saison et qu'elles étaient généralement inférieures à 25 mg/L, bien que des valeurs atteignant 168 mg/L aient été signalées (Santé Canada, 1978). Dans les tributaires de la rivière du Cap Rouge, les concentrations de magnésium maximales étaient de 15 mg/L. L'urbanisation plus étendue dans les bassins versant des stations T-2 et T-3 pourrait expliquer leurs concentrations en magnésium plus élevées que celles de la station T-1. En effet, certains effluents industriels peuvent contenir des concentrations élevées de magnésium. Par exemple, plus de 55% du magnésium utilisé au Canada en 1984 l'a été pour la fabrication d'alliages d'aluminium. Le magnésium est aussi employé comme désoxydant et désulfurant dans l'industrie sidérurgique. Le métal à l'état pur sert à protéger les ossatures d'acier contre la corrosion, et on l'utilise de multiples façons dans l'industrie chimique (Santé Canada, 1978).

Dans les eaux de surface, le potassium atteint rarement 20 mg/L et il est généralement mesuré à des concentrations inférieures à 10 mg/L (McNeely *et al.*, 1980). C'est effectivement ce qui a été observé dans les tributaires de la rivière du Cap Rouge.

3.3.2.5 Métaux et métalloïdes

Les plus faibles concentrations de métaux ont été mesurées à la station T-1 dont le sous-bassin versant est principalement forestier (68,5%). Les valeurs moyennes de tous les métaux et métalloïdes analysés sont les plus faibles à cet endroit.

C'est à la station T-2 du sous-bassin versant No.16 de que les métaux et métalloïdes comme le bore, le cuivre, le fer, le lithium, le molybdène, le strontium, le titane, le vanadium et le zinc atteignent leurs concentrations moyennes les plus élevées (Tableau 3.4). Il n'est pas étonnant d'observer ces concentrations de métaux compte tenu des activités industrielles (Ville de Saint-Augustin-de-Desmaures, 2009) qui sont présentes dans le parc industriel François Leclerc et qui comprennent:

- des ateliers de machineries lourdes;
- des industries de placage au zinc et au chrome, de transformation d'acier (en plus du fer, les aciers alliés peuvent contenir du silicium, du manganèse, du nickel, du chrome, du molybdène, du vanadium, de l'aluminium, du bore et du titane), d'aluminium et d'autres métaux;
- d'entreposage de matériaux de construction.

Une partie des eaux de ruissellement du parc industriel est drainée par le tributaire de la station T-2 (Figure 3.9).



Source : GoogleEarth, 2009

Figure 3.9 Parc industriel Félix-Leclerc dans le sous-bassin versant No. 16

Les métaux qui ont été mesurés au moins une fois à des concentrations dépassant les critères de vie aquatique aigu (CVAA) dans les tributaires sont l'aluminium (à T-2 et T-3) et le fer (à T-2 seulement). Il convient de mentionner que, le 19 juin, les eaux du tributaire T-2 contenaient une concentration d'aluminium équivalente à 3 fois le CVAA. Dans le tributaire T-1, les recommandations canadiennes pour le fer (0,3 mg/L) et l'aluminium (0,1 mg/L) étaient dépassées lors des deux premiers échantillonnages. De plus, l'aluminium y dépassait le critère de vie aquatique chronique (CVAC) (0,087 mg/L) à tout moment.

Il n'est cependant pas rare de trouver des concentrations naturellement élevées de ces métaux dans l'eau puisqu'ils sont abondants dans le sol. L'aluminium est le troisième élément le plus abondant dans la croûte terrestre, mais la plupart des eaux en contiennent moins de 1 mg/L parce que les sédiments absorbent généralement rapidement l'aluminium (McNeely *et al.*, 1980). Dans les rivières et les fleuves d'Amérique du Nord, la quantité d'aluminium varie entre 0,012 mg/L et 2,25 mg/L (Santé Canada, 1998). Les concentrations d'aluminium mesurées dans les trois tributaires étudiés se trouvent à l'intérieur de cet intervalle.

Le fer est quant à lui le quatrième élément en abondance dans la croûte terrestre. On trouve généralement le fer dans les eaux de surface sous forme de sels contenant du Fe (III) lorsque le pH est supérieur à 7. La plupart de ces sels sont insolubles et sont précipités ou adsorbés sur différentes surfaces. Par conséquent, la concentration de fer dans les eaux bien aérées est rarement élevée (Santé Canada, 1978b). Cependant, les concentrations moyennes de fer mesurées aux stations de suivi varient de 0,303 mg/L à T-1 à 1,642 mg/L à T-2, ce qui dépasse la recommandation canadienne pour la protection de la vie aquatique (0,3 mg/L ; CCME, 2007). Les eaux souterraines de la région du bassin versant de la rivière du Cap Rouge contiennent des quantités de fer naturellement élevées qui varient de 0,3 mg/L à plus de 1 mg/L (McCormack, 1983) et ces concentrations peuvent être également accentuées par des facteurs liés à l'occupation du sol.

Les concentrations de certains des métaux mentionnés plus haut sont fortement corrélées avec les concentrations de matières en suspension et la turbidité des tributaires étudiés. Cette observation n'est pas étonnante puisque la plupart des métaux possèdent une grande affinité pour les matières en suspension, tant inorganiques qu'organiques (Hade, 2003). Quoiqu'il serait nécessaire d'obtenir un plus grand nombre d'échantillons pour vérifier la force de ces relations, les coefficients de corrélations présentés au Tableau 3.6 donnent un aperçu de la force de celles-ci.

Le lien étroit qui existe entre le transport sédimentaire et les concentrations de ces métaux illustre bien l'importance du contrôle sédimentaire sur la qualité de l'eau et, éventuellement, la qualité des sédiments à la suite de la déposition des MES.

Tableau 3.6 Coefficients de corrélation de Pearson (*r*) exposant la relation entre le transport sédimentaire, exprimé par les concentrations de matière en suspension et la turbidité, et certains métaux (*en italique*: valeurs *P*; *N* = 9)

	Aluminium	Fer	Nickel	Plomb	Titane	Zinc
MES	0,983 <i>0,00000228</i>	0,960 <i>0,0000402</i>	0,852 <i>0,00357</i>	0,981 <i>0,00000322</i>	0,987 <i>0,000000921</i>	0,927 <i>0,000327</i>
Turbidité	0,980 <i>0,00000342</i>	0,969 <i>0,0000176</i>	0,874 <i>0,00204</i>	0,985 <i>0,00000125</i>	0,986 <i>0,00000101</i>	0,933 <i>0,000234</i>

En juin, les concentrations de cuivre dépassaient les recommandations canadiennes (CCME, 2001) pour la protection de la vie aquatique aux stations T-2 et T-3 avec des concentrations respectives de 0,015 mg/L et 0,01 mg/L. La majorité du cuivre présent dans l'eau est sous forme particulaire et tend à se déposer, à précipiter ou à s'adsorber à la matière organique, au fer hydraté, aux oxydes de manganèse ou aux argiles (INERIS, 2005a). Dans l'eau, le cuivre particulaire représenterait de 40 à 90% du cuivre (INERIS, 2005a). Le cuivre et ses composés sont largement répandus dans la nature et l'on retrouve fréquemment du cuivre dans les eaux superficielles. D'après les données NAQUADAT sur les concentrations de cuivre dans les eaux superficielles et lacustres canadiennes relevées entre 1980 et 1983, les concentrations de cuivre extractibles variaient de 0,001 à 0,080 mg/L et elles dépassaient rarement 0,005 mg/L (Santé Canada, 1992). Les concentrations de cuivre mesurées aux stations T-1, T-2 et T-3 ne dépassent pas les 0,080 mg/L.

Le zinc qui est corrélé avec les MES existe dans l'eau sous diverses formes. Un pH faible est nécessaire pour maintenir le zinc en solution (INERIS, 2005b), ce qui n'est pas le cas dans les tributaires de la rivière du Cap Rouge (pH moyen de 7,8 à T-1 et de 8 à T-2 et T-3) et qui explique pourquoi le zinc y est fortement associé aux MES. Le zinc est principalement utilisé pour les revêtements de protection des métaux contre la corrosion (galvanoplastie, métallisation, traitement par immersion). Il entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliages légers). Il est utilisé dans la construction immobilière, les équipements pour l'automobile, les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés (INERIS, 2005b).

Malgré que le plomb soit très commun dans la nature, les eaux n'en contiennent généralement que de faibles concentrations car il est peu soluble. La concentration de plomb et sa toxicité relative dépendent de la dureté, du pH, de l'alcalinité et de l'oxygène dissous. Il est facilement absorbé par les sols (McNeely *et al.*, 1980). Dans le milieu aquatique, le plomb a tendance à être éliminé de la colonne d'eau en migrant vers les sédiments par adsorption sur la matière organique et les minéraux d'argile, précipitation comme sel insoluble (carbonate, sulfate ou sulfure) et réaction avec les ions hydriques et les oxydes de manganèse, mais la quantité de plomb restant en solution sera fonction du pH (INERIS, 2003). Comme c'est le cas dans la rivière du Cap Rouge, la plupart des eaux

naturelles ne contiennent que des concentrations trace de plomb ou des maximums de 0,04 mg/L (McNeely *et al.*, 1980).

La mobilité du nickel augmente aux pH faibles, alors que l'adsorption sur certains composés adsorbants du sol peut devenir irréversible en milieu alcalin (INERIS, 2006a). Comme le pH observé dans la rivière du Cap Rouge n'est pas acide, le nickel est donc fortement adsorbé à la matière en suspension.

Le titane est le neuvième élément en abondance dans la croûte terrestre et il est toujours retrouvé lié à d'autres éléments dans la nature (Lenntech, 2009).

Les concentrations de MES et la turbidité sont quant à elles très fortement corrélées ($r = 0,997$; $P < 0,001$). Cette forte corrélation offre une opportunité d'établir avec un plus grand nombre d'échantillons une régression entre les MES et la turbidité qui permettrait de réduire les coûts du programme de suivi en ne mesurant que la turbidité.

3.4 Synthèse et conclusion

3.4.1 Suivi de la qualité de l'eau de la rivière

Comme le début du suivi 2009 a commencé le 21 avril et que le ruissellement en milieu urbain a commencé à la fin mars, une bonne partie des sables urbains accumulés sur les surfaces imperméables pendant l'hiver a été transportée vers la rivière par les égouts pluviaux et les fossés routiers sans être mesurée dans le cadre du suivi. La qualité de l'eau de la rivière est influencée par la présence du réseau routier et des pointes de MES ont d'ailleurs été mesurées en avril aux stations R-4 et R-5.

Le suivi de la qualité de l'eau du cours principal de la rivière du Cap Rouge a permis de démontrer que la qualité de l'eau tend, de façon générale, à se dégrader de l'amont vers l'aval de celle-ci. Cette détérioration se fait principalement ressentir entre la station R-1 et R-3. Certains paramètres comme le phosphore total et les coliformes sont fortement corrélés aux indicateurs du transport sédimentaire, soit la concentration en MES et la turbidité. La qualité bactériologique des eaux de la rivière du Cap Rouge dans la section aval, n'est pas adéquate pour la pratique de baignade et à l'occasion, en juillet et en août, elle dépasse le critère bactériologique applicable aux activités aquatiques de contact secondaire comme la pêche et le canotage.

Les plus fortes concentrations de MES et de phosphore total ont été enregistrées en juillet et en août. Toutefois le suivi dans le cours principal de la rivière ne permet pas de cerner les tributaires qui contribuent le plus à ces apports sédimentaires.

En général, les programmes de suivi de la qualité de l'eau à date fixe et fréquence mensuelle tendent systématiquement à sous-estimer les concentrations en MES et des autres contaminants associés aux particules à cause de la grande variabilité temporelle des concentrations de MES et de

l'imprévisibilité de événements climatiques (Moatar *et al.* 2007; Birgand, 2009; Meybeck *et al.*, 2003; Olsen, 2009). La figure 3.10 illustre bien que les événements de précipitations importantes n'ont pas été représentés dans les échantillons prélevés. Les concentrations de MES maximales mesurées dans la rivière lors du suivi de 2009 ne dépassent pas 25 mg/l.

La forte corrélation qui existe entre les concentrations de MES et la turbidité offre une opportunité d'établir avec un plus grand nombre d'échantillons une régression entre les MES et la turbidité qui permettrait de réduire les coûts du programme de suivi en ne mesurant que la turbidité à une fréquence plus élevée. L'augmentation de la fréquence permettrait possiblement de réduire l'incertitude liée à l'évaluation des flux de contaminants qui sont en grande partie liés aux MES.

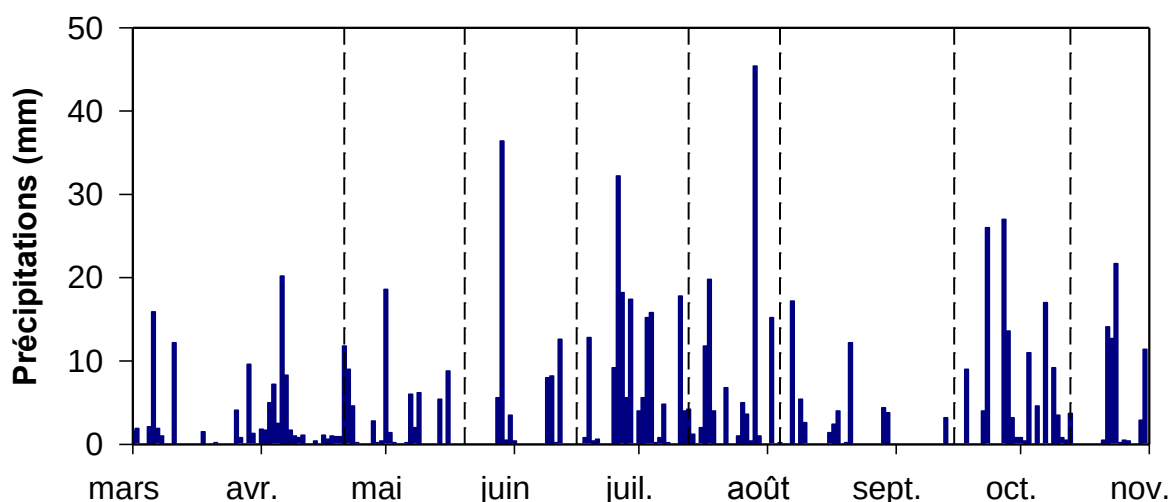


Figure 3.10 Dates d'échantillonnage de l'eau du suivi en fonction des précipitations journalières.

Note : Les traits pointillés correspondent aux dates d'échantillonnage de l'eau.

3.4.2 Suivi de la qualité de l'eau des tributaires

Un suivi de la qualité de l'eau des tributaires lors de pluie a été réalisé afin de tenter de couvrir les périodes où le transport de contaminants est élevé et ainsi évaluer l'importance relative des apports des différents tributaires vers la rivière. L'étendue de la variabilité des concentrations de MES est plus grande dans le suivi des tributaires lors des pluies que dans le suivi à date fixe du cours principal de la rivière. Les concentrations maximales de MES ont atteint 140 mg/L à la station T-2.

Les résultats de qualité de l'eau de ce suivi montrent clairement que la qualité de l'eau des tributaires de la rivière du Cap Rouge est influencée par l'occupation du sol et la présence du réseau routier. En effet, le tributaire de la station T-1 qui draine le sous-bassin versant le plus boisé (No. 18)

est celui qui possède qualité d'eau la plus stable et la meilleure. Les résultats illustrent qu'une bonne couverture forestière préserve la qualité de l'eau.

La littérature scientifique démontre que la forêt est le type de couverture perméable le plus bénéfique pour la santé d'un bassin versant, puisqu'elle réduit le ruissellement en interceptant et emmagasinant l'eau de pluie (Capiella *et al.*, 2005). En moyenne, les forêts produisent de 30 à 50% moins de ruissellement que les zones gazonnées, qui produisent elles-mêmes moins de ruissellement que les zones imperméables (Capiella *et al.*, 2005). La conservation de la couverture forestière procure ainsi plusieurs avantages (Lapalme, 2008; Capiella *et al.*, 2005) :

- Réduction du ruissellement des eaux pluviales;
- Maintien d'une eau fraîche dans les cours d'eau grâce à l'ombre;
- Ralentissement de la fonte des neiges (et donc des débits de pointe source d'inondation);
- Maximisation de l'infiltration des eaux et recharge des nappes souterraines (et par conséquent augmentation du débit d'étiage);
- Amélioration de la qualité de l'air régionale;
- Réduction de l'érosion des berges et stabilisation du sol grâce aux racines;
- Réduction des débits par évapotranspiration;
- Amélioration de la qualité de l'eau et des sols;
- Maintien des habitats de la faune terrestre et aquatique;
- Diminution de la température estivale de l'air et de l'eau;
- Interception des éléments nutritifs.

Le suivi des tributaires lors de pluies a permis de faire ressortir un transport sédimentaire particulièrement élevé à la station T-2. La station T-2 dont le sous-bassin (No. 16) est le moins boisé (4,8%) est également le plus industriel et agricole. Il montre les concentrations les plus élevées pour la plupart des métaux et pour le phosphore. La relation qui existe entre les concentrations de MES, la turbidité et les concentrations en phosphore total souligne bien l'importance du contrôle du transport sédimentaire dans le maintien de la qualité de l'eau des cours d'eau et le contrôle de la prolifération d'algues dans la rivière. La majeure partie du phosphore semble adsorbée aux particules puisque les concentrations d'orthophosphates sont faibles et le phosphore total est corrélé à la turbidité. C'est à la station T-2 que plusieurs métaux ont été mesurés en concentrations plus élevées, métaux qui sont fort probablement liés aux activités industrielles ayant cours dans le parc François Leclerc. Les concentrations de certains des métaux sont fortement corrélées avec les MES et la turbidité étant donné la grande affinité de certains métaux pour les matières en suspension.

Dans le sous-bassin No. 3 qui possède un réseau routier très développé, la qualité de l'eau du tributaire T-3 est à la fois influencée par l'utilisation des sels de déglacage et par l'occupation du sol résidentielle et commerciale. Pour certains paramètres comme les éléments nutritifs, sa qualité de l'eau est comparable à celle d'un bassin versant industriel et agricole (station T-2).

L'omniprésence du réseau autoroutier dans le sous-bassin No. 3 semble avoir une influence marquée sur la qualité de l'eau et en particulier sur les concentrations de calcium, de chlorures et de sodium ainsi que sur la conductivité et la dureté. Les concentrations maximales de ces paramètres sont observées en septembre. Il s'agit là d'une période de plus faible débit où le facteur de dilution des sels est plus faible et la contribution de la nappe à la recharge des cours d'eau peut être proportionnellement plus importante. Comme ces sels sont rapidement dissous dans l'eau de pluie au printemps, il est fort possible qu'il se retrouvent rapidement dans la nappe et la contamine. Il serait intéressant de vérifier cette hypothèse afin de savoir si la nappe phréatique de la région a été contaminée par les sels de déglacage épandus au cours des années.

Finalement, le nombre limité d'échantillons d'eau prélevés limite la portée des conclusions. Le suivi a également permis de faire ressortir certaines difficultés de faire coïncider les prises d'échantillons avec les maximums de turbidité. Seule une fréquence d'échantillonnage plus élevée lors des événements de précipitation permettrait de contourner ce problème.

4. Qualité des sédiments

4.1 Contexte et objectifs

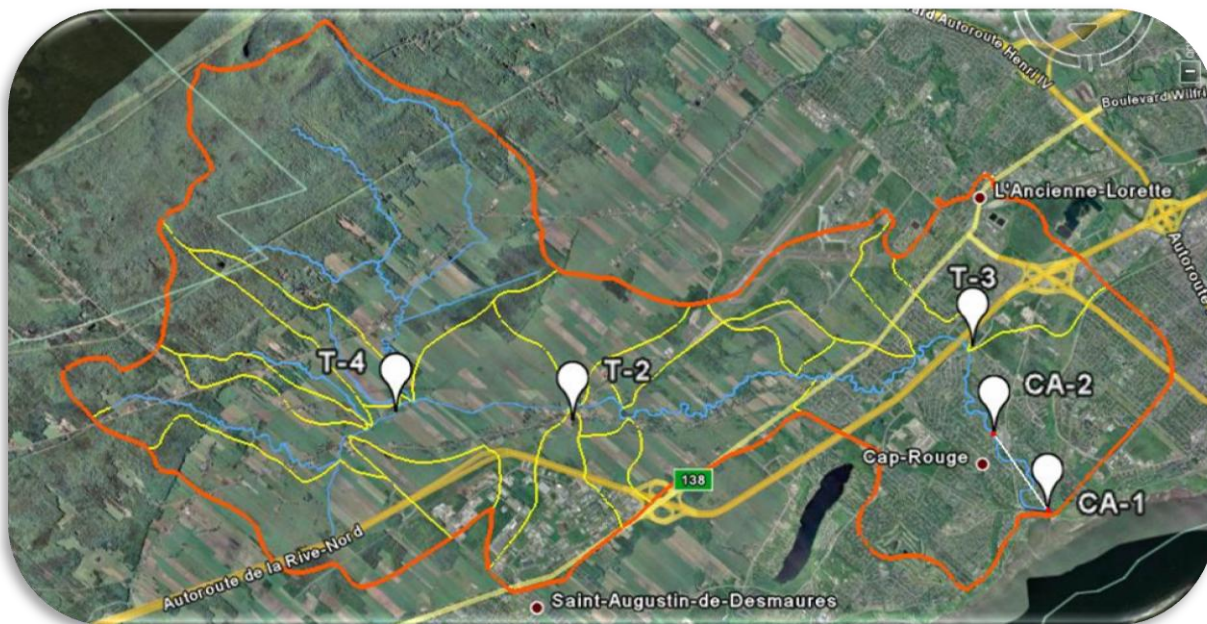
Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur cinq échantillons de sédiments prélevés sur le substrat de trois tributaires de la rivière du Cap Rouge et dans la partie aval du cours principal. L'objectif de ces analyses était de vérifier l'influence de l'occupation du sol sur la qualité des sédiments. Les analyses de sédiments ont été gracieusement réalisées par les laboratoires Exova (anciennement BodyCote Groupe d'essais).

4.2 Méthodologie

Des échantillons de sédiments ont été prélevés le 31 juillet 2009 à cinq stations dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge (Figure 4.1). Deux de ces stations étaient situées dans le cours principal de la rivière, soit à la hauteur du parc des Écores (CA-2) et près de son embouchure, juste en amont du pont ferroviaire (CA-1). Les trois autres stations se trouvaient près de l'embouchure des tributaires de la rivière du Cap Rouge (nom de station débutant par T). La station T-3 est située dans le tributaire drainant le sous-bassin versant No. 3 qui est essentiellement résidentiel et commercial. La station T-2 se trouve dans le principal tributaire du sous-bassin versant No. 16 dont l'occupation du sol est majoritairement industrielle et agricole (incluant le parc industriel François-Leclerc). Les stations T-2 et T-3 faisaient également l'objet d'un suivi de la qualité de l'eau (voir section 3). Finalement, la station T-4 est située dans un tributaire qui draine une zone principalement agricole avec quelques aires forestières (sous-bassins 20 à 27 : 53% agricoles, 37% boisés). Aucun échantillon de sédiment n'a été prélevé à la station T-1 puisque les sédiments de ce tributaire étaient principalement composés de beau sable propre et peu silteux et que la qualité de l'eau de ce tributaire était la meilleure de ceux étudiés.

Les paramètres mesurés en laboratoire dans les sédiments incluaient les métaux, les ions majeurs, le phosphore et la concentration en matière organique (évaluée indirectement par la matière brûlée à 550°C aussi appelée perte au feu).

Les résultats de qualité des sédiments ont été comparés aux recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments pour la protection de la vie aquatique (CCME, 2002).



Source : GoogleEarth 2009

Figure 4.1 Position des stations d'échantillonnage des sédiments prélevés le 31 juillet 2009.

4.3 Résultats et discussion

Les résultats de qualité des sédiments sont exprimés en mg/kg de sédiment pour les paramètres chimiques et en pourcentage pour la teneur en matière organique mesurée par la perte au feu.

Le Tableau 4.1 présente les résultats d'analyses de qualité des sédiments et le Tableau 4.2 présente les statistiques descriptives de ces résultats.

Tableau 4.1 Qualité des sédiments prélevés à deux stations du cours principal de la rivière Cap-Rouge (embouchure et 1,5 km en amont) et à trois stations situées sur certains de ces affluents

Paramètres	Unités	Limite de détection	Canada-CCME ¹		Résutats				
			Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments: protection de la vie aquatique						
			Recommandations provisoires pour la qualité des sédiments d'eau douce	Concentrations produisant un effet probable					
Caractéristiques des stations									
Nom de la station					CA-1	CA-2	T-3	T-2	T-4
					Rivière Cap Rouge (Embouchure)	Rivière Cap Rouge (parc des Écarts)	Tributaire sous-bassin 3	Tributaire sous-bassin 16	Tributaire sous-bassins 20 à 27
Localisation									
Latitude					46°44'53,9"	46°45'36,37"	46°46'22.56"	46°46'01.32"	46°46'13.02"
Longitude					71°20'34,8"	71°21'10,49"	71°21'21.13"	71°26'27.11"	71°28'39.58"
Date échantillonnée					31-07-2009	31-07-2009	31-07-2009	31-07-2009	31-07-2009
Anions et cations									
Calcium (Ca)	mg/kg	< 20	-	-	15000	14000	14000	10000	7800
Magnésium (Mg)	mg/kg	< 5	-	-	7700	4100	3900	6300	3800
Potassium (K)	mg/kg	< 50	-	-	2500	1200	1200	1800	1200
Sodium (Na)	mg/kg	< 50	-	-	250	93	170	210	150
Nutriments									
Phosphore (P)	mg/kg	< 100	-	-	990	810	720	630	1100
Métaux et métalloïdes									
Aluminium (Al)	mg/kg	< 10	-	-	15000	7300	7500	15000	8700
Arsenic (As)	mg/kg	< 0,5	5.9	17	3.3	2	2.2	4.5	1.4
Baryum (Ba)	mg/kg	< 5	-	-	160	89	87	97	100
Bore (B)	mg/kg	< 2	-	-	9	5	5	7	4
Chrome (Cr)	mg/kg	< 2	37.3	90	32	15	19	28	17
Cobalt (Co)	mg/kg	< 1	-	-	12	6	7	11	7
Cuivre (Cu)	mg/kg	< 1	35.7	197	29	13	17	17	10
Étain (Sn)	mg/kg	< 1	-	-	2	2	1	1	<1
Fer (Fe)	mg/kg	< 50	-	-	27000	16000	18000	25000	16000
Lithium (Li)	mg/kg	< 1	-	-	24	13	13	29	13
Manganèse (Mn)	mg/kg	< 1	-	-	650	400	470	440	380
Nickel (Ni)	mg/kg	< 2	-	-	29	15	17	27	13
Plomb (Pb)	mg/kg	< 5	35	91.3	23	11	25	19	10
Strontium (Sr)	mg/kg	<1	-	-	96	77	96	96	40
Titane (Ti)	mg/kg	< 5	-	-	500	230	240	190	480
Vanadium (V)	mg/kg	< 5	-	-	36	21	20	31	24
Zinc (Zn)	mg/kg	< 5	123	315	150	74	110	84	61
Composés organiques									
Matière organique	%	< 1	-	-	6	3	4	3	5

¹ Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2002. Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique — tableaux sommaires, mis à jour, dans Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 1999, Winnipeg, le Conseil.

Tableau 4.2 Statistiques descriptives de la qualité des sédiments prélevés à 5 stations

Paramètre	Unité	Minimum	Médiane	Maximum	Moyenne	Écart-type	Coefficient de variation (%)
Anions et cations							
Calcium (Ca)	mg/kg	7800	14000	15000	12160	3103	26
Magnésium (Mg)	mg/kg	3800	4100	7700	5160	1754	34
Potassium (K)	mg/kg	1200	1200	2500	1580	576	36
Sodium (Na)	mg/kg	93	170	250	174,6	60	34
Nutriments							
Phosphore (P)	mg/kg	630	810	1100	850	193	23
Métaux et métalloïdes							
Aluminium (Al)	mg/kg	7300	8700	15000	10700	3962	37
Arsenic (As)	mg/kg	1,4	2,2	4,5	2,68	1,2	46
Baryum (Ba)	mg/kg	87	97	160	106,6	30	28
Bore (B)	mg/kg	4	5	9	6	2	33
Chrome (Cr)	mg/kg	15	19	32	22	7	33
Cobalt (Co)	mg/kg	6	7	12	8,6	3	31
Cuivre (Cu)	mg/kg	10	17	29	17	7	42
Étain (Sn)	mg/kg	0,5	1	2	1,3	1	52
Fer (Fe)	mg/kg	16000	18000	27000	20400	5225	26
Lithium (Li)	mg/kg	13	13	29	18,4	8	41
Manganèse (Mn)	mg/kg	380	440	650	468	108	23
Nickel (Ni)	mg/kg	13	17	29	20,2	7	36
Plomb (Pb)	mg/kg	10	19	25	17,6	7	39
Strontium (Sr)	mg/kg	40	96	96	81	24	30
Titane (Ti)	mg/kg	190	240	500	328	149	45
Vanadium (V)	mg/kg	20	24	36	26,4	7	26
Zinc (Zn)	mg/kg	61	84	150	95,8	35	37
Composés organiques							
Matière organique	%	3	4	6	4,2	1	31

Les analyses granulométriques effectuées sur les matériaux récoltés par les trappes à sédiments (voir section 5) nous renseignent sur la composition des sédiments transportés par chaque tributaire. Selon ces analyses, les sédiments récoltés le 25 juillet à la station T-2, contiennent la plus grande proportion de matériaux fins tels que les colloïdes, les silts et les argiles (23%). À titre comparatif, les sédiments récoltés à la station T-4 le 1^{er} août contiennent seulement 7% de colloïdes, de silts et d'argiles. À cette station, ce sont plutôt les sables fins et très fins qui dominent et représentent 56% des matériaux récoltés. Pour ce qui est de la station T-3, la majeure partie des matériaux récoltés dans la trappe à sédiments (82%) est composée de sable moyen et grossier. Quant aux stations situées sur le cours principal de la rivière du Cap Rouge, les carottes de sédiment (voir section 6)

récoltées le 31 juillet indiquent une prédominance des sédiments fins à CA-1 tandis qu'à CA-2 ce sont surtout les sédiments grossiers qui prédominent.

En plus des sédiments fins, la station CA-1, qui est située près de l'embouchure de la rivière du Cap Rouge, montre également le plus fort pourcentage de matière organique (M.O.) dans les sédiments (6%). La station T-4 qui est influencée par le milieu agricole arrive au deuxième rang avec 5% de matière organique dans les sédiments. Le pourcentage de M.O. dans les sédiments de la station T-3 était de 4% et de 3% à T-2 et CA-2.

Le phosphore figure parmi les paramètres les moins variables des 5 stations échantillonnées. C'est à la station T-4 en milieu agricole, que la concentration la plus élevée en phosphore dans les sédiments est mesurée (1100 mg/kg). Cette observation n'est pas surprenante considérant la prépondérance de l'agriculture dans ce sous-bassin. Avec 990 mg/kg de phosphore, la station CA-1 arrive au deuxième rang des stations les plus riches en phosphore. Ces concentrations plus élevées en phosphore ne sont sûrement pas étrangères au fait que ce soit également à ces deux stations que les teneurs en M.O. des sédiments sont les plus élevées. Aux stations contenant moins de M.O., les sédiments contiennent 810 mg de phosphore/kg à CA-2, 720 mg/kg à T-3 et 630 mg/kg à T-2.

La qualité des sédiments est généralement très variable et c'est également le cas dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge (Tableau 4.2). Cette variabilité se manifeste en termes de granulométrie mais aussi dans les concentrations de métaux comme l'arsenic, le cuivre, l'étain, le lithium et le titane qui montrent des coefficients de variation inter-stations supérieurs à 40%. Les paramètres les moins variables sont, quant à eux, le manganèse, le fer et le vanadium dont les coefficients de variation varient entre 23% et 26%.

Seul un des métaux mesurés lors de cette campagne d'échantillonnage dépasse légèrement les recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments visant la protection de la vie aquatique. Il s'agit des concentrations de zinc mesurées à la station CA-1 qui atteignent 150 mg/kg (Tableau 4.1), ce qui est supérieur au critère de qualité des sédiments d'eau douce de 123 mg de zinc/kg (CCME, 2002). Les concentrations de zinc mesurées dans les sédiments des autres stations sont plus faibles qu'à la station CA-1 et varient de 74 mg/kg à 110 mg/kg. Les teneurs en zinc de la croûte terrestre varie de 40 à 200 mg/kg (Rickwood, 1983). Or, au Canada, la concentration moyenne de zinc dans le sol est de 90 mg/kg (Santé Canada, 1987). Dans des sols représentatifs d'endroits industrialisés du Canada, la teneur en zinc varie de 106 à 2 095 mg/kg (la valeur maximale ayant été observée à Toronto) (Santé Canada, 1987). Selon ces observations, les concentrations de zinc mesurées à CA-1 ne peuvent donc pas être expliquées seulement par le fond géochimique naturel; elles sont possiblement influencées par les activités industrielles en amont. Au Canada, le zinc est surtout utilisé pour la galvanisation du fer et de l'acier, représentant en 1984, 40% de la consommation de zinc (Santé Canada, 1987).

Le zinc présent à la station CA-1 peut provenir à la fois du bassin versant de la rivière du Cap Rouge et du fleuve Saint-Laurent. L'adsorption du zinc aux particules sédimentaires dépend de plusieurs facteurs dont le contenu en matière organique, la présence de minéraux argileux ou d'hydroxydes, le pH et la salinité. Dans l'embouchure de la rivière du Cap Rouge, la présence de sédiments fins avec matières organiques et un pH supérieur à 7 sont tous des facteurs qui favorisent l'adsorption du zinc dans les sédiments (INERIS, 2005b). Une augmentation de la salinité du milieu due aux sels de déglacage pourrait favoriser la désorption du zinc des sédiments.

Parmi les autres métaux analysés, l'arsenic et le plomb sont retrouvés dans les sédiments de la rivière du Cap Rouge à des concentrations avoisinant les plages supérieures de leurs teneurs dans la croûte terrestre (Rickwood, 1983; Tableau 4.3).

La croûte terrestre contient en général de 1,7 à 5 mg d'arsenic/kg (Rickwood, 1983). Or, à la station T-2, les sédiments en contiennent 4,5 mg/kg. Dans la nature, plus de 99% de l'arsenic est retrouvé dans les roches de la croûte terrestre (INERIS, 2006b). Dans la partie superficielle de l'écorce terrestre, la concentration moyenne d'arsenic est évaluée à 2 mg/kg, mais elle peut atteindre localement 100 mg/kg voire 200 mg/kg dans des dépôts calcaires ou phosphatés ou dans des schistes (INERIS, 2006b). La mobilité de l'arsenic dans les sols est assez limitée (adsorption sur l'argile, les hydroxydes et la matière organique). Dans le milieu aquatique, les facteurs physico-chimiques (pH, potentiel d'oxydo-réduction (Eh), taux de phosphate, fer, sulfure, température, etc.) affectent la capacité d'adsorption de l'arsenic sur les sédiments (INERIS, 2006b). L'arsenic est utilisé dans l'industrie du verre, des pigments, des textiles, du papier, des adhésifs métalliques, de la céramique, du linoléum, des miroirs, des agents de préservation du bois et des semi-conducteurs. La combustion des combustibles fossiles libère dans l'atmosphère de l'arsenic qui entre dans l'environnement aquatique par les matières particulaires et les précipitations (McNeely, 1980).

Selon Rickwood (1983), les teneurs de plomb dans la croûte terrestre varient généralement entre 12 et 20 mg/kg. Or, aux stations T-2, T-3 et CA-1, les sédiments en contiennent respectivement 19, 23 et 25 mg/kg. L'homme libère beaucoup plus de plomb dans l'environnement que toutes les sources naturelles (McNeely *et al.*, 1980). Dans le milieu aquatique, le plomb n'a pas tendance à demeurer dans la colonne d'eau :

- il est rapidement adsorbé aux particules des sédiments, sur la matière organique et les minéraux d'argile;
- il précipite sous forme de sel insoluble (carbonate, sulfate ou sulfure);
- il réagit avec les ions hydriques et les oxydes de manganèse.

La mobilité du plomb dans le sol est très faible, il a ainsi tendance à s'accumuler dans les horizons de surface (et plus précisément dans les horizons riches en matière organique) (INERIS, 2003). Cela s'explique par la grande affinité de la matière organique vis à vis du plomb. Cela est valable

pour le plomb naturel mais également pour le plomb anthropique, et spécialement pour des sols ayant au moins 5% de matière organique et un pH supérieur à 5 (INERIS, 2003). Les déchets solides et liquides (boues) constituent environ 81% des rejets de plomb effectués dans l'environnement, habituellement dans des décharges, mais ce sont les émissions atmosphériques qui sont responsables de la dispersion du plomb dans l'ensemble de l'environnement (Santé Canada, 1992).

Tableau 4.3 Teneurs totales de divers éléments dans la croûte terrestre

Paramètre	Teneur de dans la croûte terrestre (mg/kg)
Arsenic	1.7 - 5
Chrome	70 - 330
Cobalt	12 - 100
Cuivre	14 - 100
Fer	30 888 - 64 668
Plomb	12 - 20
Magnésium	10191 - 33 770
Manganèse	155 - 1 549
Nickel	23 - 200
Zinc	40 - 200

Source : Rickwood, 1983

Le chrome, le cobalt, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse et le nickel ont été mesurés à des concentrations correspondant, ou étant inférieures, aux teneurs généralement retrouvées dans la croûte terrestre (Rickwood, 1983).

C'est à la station T-4, dans le bassin versant majoritairement agricole, que les teneurs de métaux les plus faibles ont été mesurées (Tableau 4.1 et Figures 4.1 et 4.2). C'est le cas de l'arsenic, du bore, du cuivre, de l'étain, du fer, du lithium, du manganèse, du plomb et du nickel, du strontium et du zinc. Les concentrations d'aluminium, de barium, de chrome, de cobalt et de vanadium y étaient moins élevées qu'à la station CA-1. Par contre, la concentration de titane dans les sédiments de la station T-4 (480 mg/kg) était plus élevée que la médiane des concentrations mesurées (240 mg/kg), ce qui est comparable à ce qui est retrouvé à la station CA-1.

La station CA-2 qui est située dans la rivière du Cap Rouge à la hauteur du parc des Écores montre également des concentrations de métaux parmi les moins élevées du bassin versant (Tableau 4.1 et Figures 4.1 et 4.2). C'est entre autre à cet endroit que les concentrations d'aluminium, de chrome et de cobalt sont les plus faibles.

Les concentrations de métaux mesurées à la station T-3 dans le tributaire résidentiel et commercial s'approchent de celles mesurées à la station CA-2, sauf pour le plomb, le strontium et le zinc qui y étaient relativement plus élevées (Tableau 4.1 et Figures 4.1 et 4.2). C'est à la station T-3 que les concentrations de plomb sont les plus élevées dans les sédiments avec 25 mg/kg.

La qualité des sédiments de l'embouchure de la rivière du Cap Rouge (CA-1) se rapproche de celle mesurée dans le tributaire industriel et agricole (T-2) (Tableau 4.1 et Figures 4.1 et 4.2). En effet, c'est à ces deux stations que les concentrations de métaux et de métalloïdes tels que l'aluminium, l'arsenic, le bore, le chrome, le cobalt, le fer, le lithium, le nickel, le strontium et le vanadium sont les plus fortes. Les concentrations de métaux observées dans le tributaire T-2 ne sont pas étonnantes, puisque ce cours d'eau traverse le parc industriel François-Leclerc qui abrite plusieurs industries travaillant l'acier, l'aluminium et d'autres métaux ainsi que des industries de placage au zinc et au chrome.

Tous les métaux qui étaient bien représentés dans les sédiments des tributaires (stations T-2, T-3 et T-4) sont retrouvés en concentrations semblables ou nettement supérieures à la station CA-1 située dans une zone de déposition à l'embouchure de la rivière du Cap Rouge. Cette station se veut intégratrice de ce qui se passe en amont. En effet, selon le Tableau 4.1, la plupart des paramètres mesurés atteignaient leur concentration maximale dans les sédiments fins de l'embouchure de la rivière du Cap Rouge. Seuls l'arsenic, le lithium et le plomb étaient plus concentrés ailleurs, soit aux stations T-2 et T-3.

Les concentrations les plus élevées de calcium, de potassium, de magnésium et de sodium sont mesurées à la station CA-1 à l'embouchure de la rivière. Le calcium est présent aux stations T-3 et CA-2 à des concentrations qui se rapprochent de celles mesurées à la station CA-1. Le magnésium et le sodium sont également présents en concentrations élevées à la station T-2. Les plus faibles concentrations de calcium et de magnésium sont mesurées à la station T-4. Le potassium est mesuré en concentration relativement faibles aux stations T-1, T-3 et T-4 et retrouvé en concentration intermédiaire à la station T-2. Les plus faibles concentrations de sodium sont quant à elles observées à la station CA-2 à la hauteur du parc des Écores.

Les différences observées dans la qualité des sédiments des 5 stations échantillonnées sont en partie liées à l'occupation dominante du sol des sous-bassins versant, mais aussi à la granulométrie et à la teneur en matière organique des sédiments de chacune des stations. En effet, les métaux ont tendances à s'adsorber aux particules fines et à la matière organique qui se déposent préférentiellement dans les zones de faibles vitesses d'écoulement. C'est ce qui explique en grande partie les différences observées entre la station CA-1 et la station CA-2 située à 1,5 km en amont. L'élargissement du lit de la rivière est probablement un des facteurs qui explique la diminution de la vitesse d'écoulement de l'eau à la station CA-1. Il importe également de noter que la station CA-1 n'est pas seulement influencée par les apports sédimentaires provenant de la rivière du Cap Rouge. Elle est également soumise à l'influence des marées qui y amènent des apports sédimentaires provenant du fleuve.

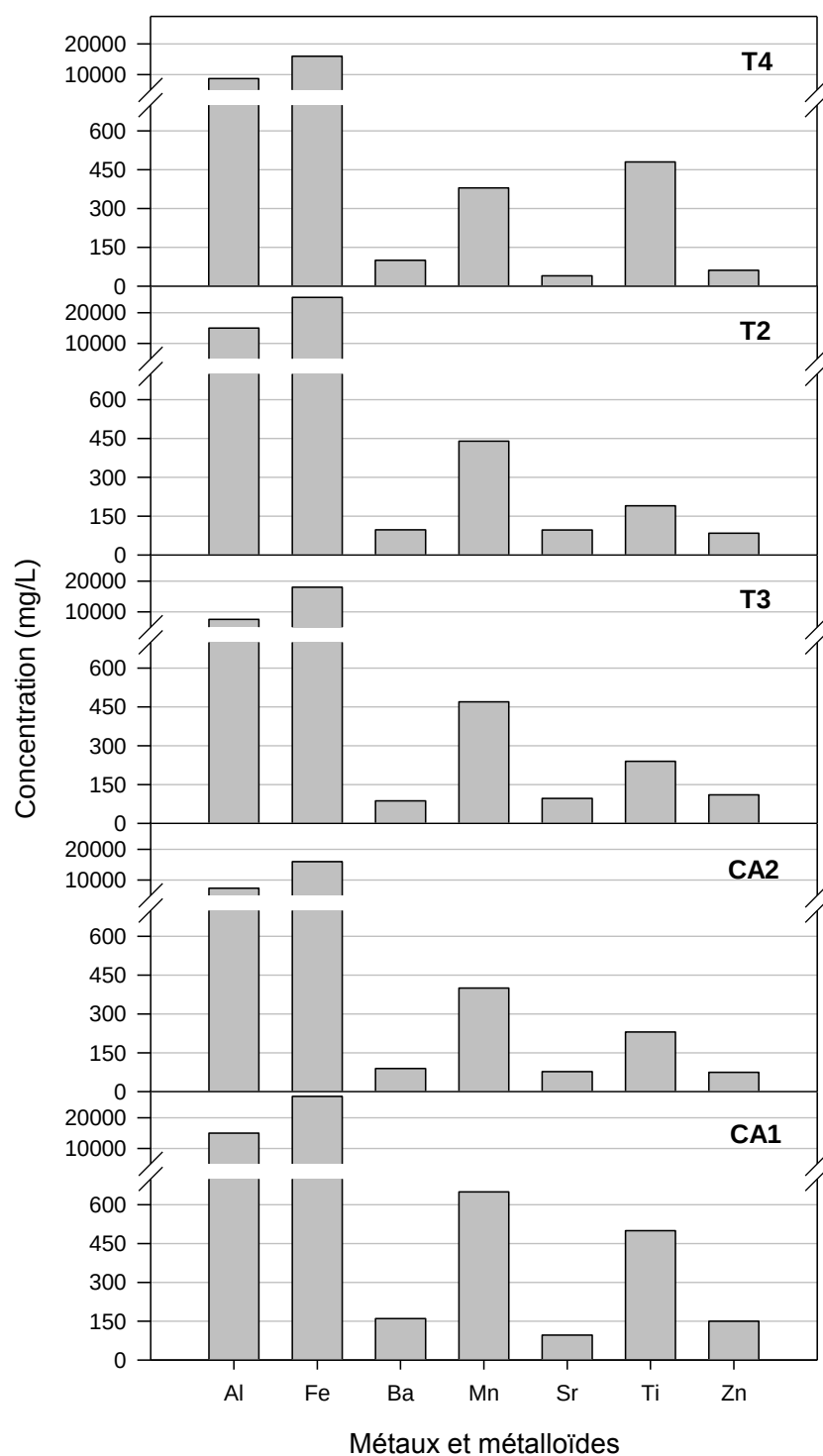


Figure 4.2 Distribution des concentrations de métaux et de métalloïdes les plus abondants dans les sédiments

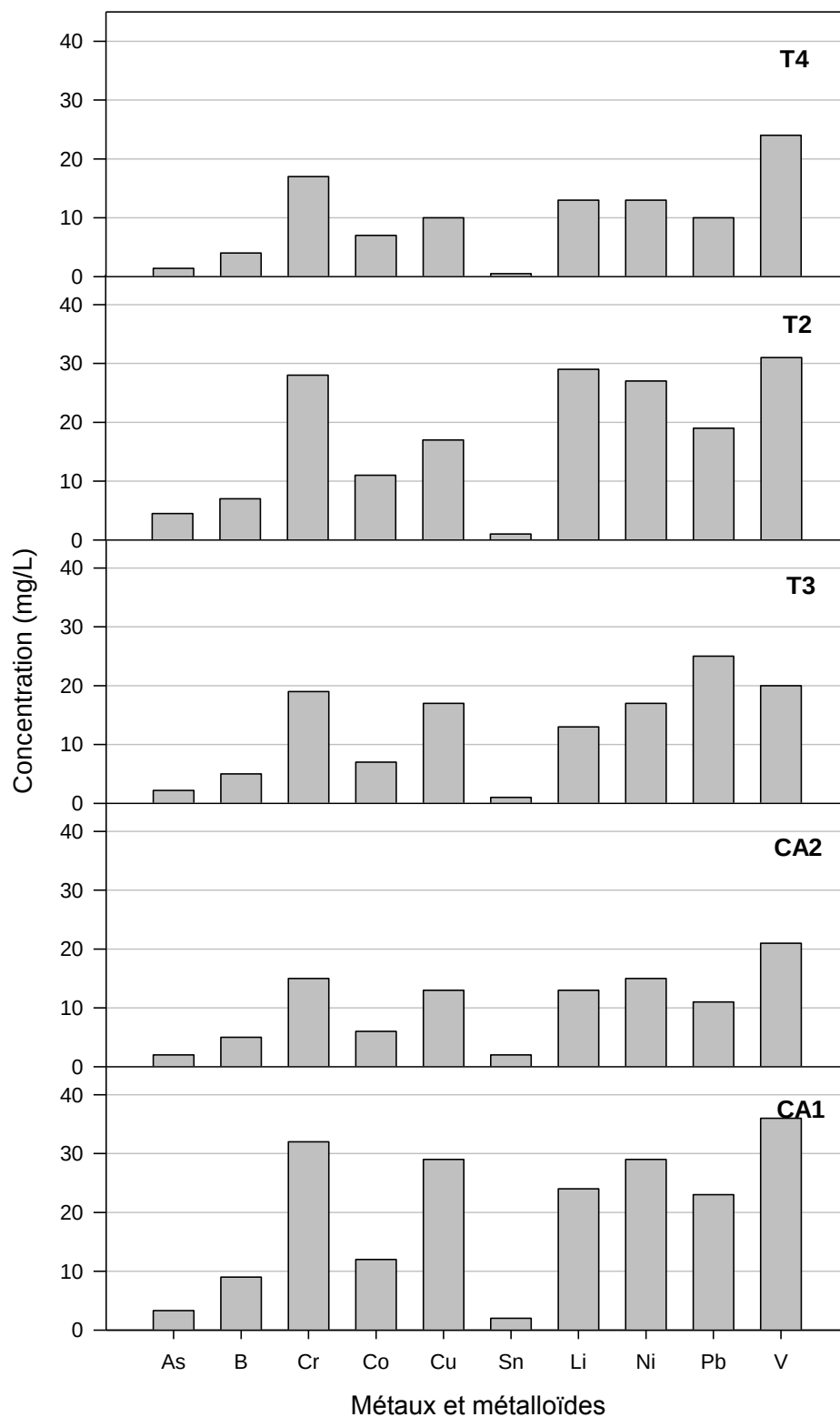


Figure 4.3 Distribution des concentrations de métaux et de métalloïdes les moins abondants dans les sédiments

4.4 Synthèse et conclusion

Le bassin versant de la rivière du Cap Rouge possède aujourd'hui une couverture forestière résiduelle équivalant à 34% de son territoire. La quasi-totalité de cette forêt est située en tête du bassin versant. La rivière du Cap Rouge traverse ensuite une imposante zone de milieux agricoles couvrant 40% de la superficie de son bassin versant. Le milieu urbain occupe plus de 8% du territoire, principalement la partie aval du bassin versant. Un important parc industriel est présent au centre sud du bassin versant de la rivière. Finalement, les routes constituent un autre élément important du paysage du bassin versant de la rivière du Cap Rouge, couvrant 7% de la surface de celui-ci.

Les milieux urbain et agricole contribuent au transport de matières en suspension, organiques et inorganiques ainsi que de divers contaminants vers le réseau hydrique. Certains de ces contaminants sont fortement associés aux matières en suspension. C'est entre autre le cas des métaux et du phosphore. Les particules fines telles que les silts et les argiles sont de particulièrement bons véhicules pour les métaux puisqu'elles voyagent sur de longues distances avant de sédimenter. Ces particules atteignent facilement l'embouchure de la rivière du Cap Rouge où elles séimentent (en partie) en raison de l'écoulement plus lent à cet endroit. La qualité des sédiments de l'embouchure de la rivière du Cap Rouge est donc influencée par les zones en érosion à l'amont et elle est le résultat des influences agricoles, urbaines, industrielles et routières. L'embouchure de la rivière du Cap Rouge étant soumise à l'influence des marées, une partie des sédiments qui s'y déposent provient également du fleuve Saint-Laurent.

Comme la majeure partie des activités récréatives et de pêches ont lieu à l'embouchure de la rivière du Cap Rouge, il importe de préserver la qualité de ce lieu de récréation. Puisque les métaux et les nutriments, tendent à s'adsorber aux particules, une façon de diminuer leurs concentrations est de contrôler l'érosion à la source ainsi que le transport sédimentaire. Plusieurs zones d'érosion ont été notées dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge (CBRCR, 2009) et la Ville de Québec en effectue un suivi annuel. Plusieurs de ces zones d'érosion sont situées en zone agricole (talus en érosion, ponceaux abîmés ou effondrés, fossés en érosion, etc.) et les bandes riveraines sont souvent dégradées ou absentes et ne remplissent plus leur fonction de retenir les particules de sol transportés. Plusieurs mesures peuvent être envisagées pour contrôler l'érosion en milieu agricole:

- La stabilisation des talus et la renaturalisation des bandes riveraines permettrait de stabiliser les berges qui s'érodent;
- La réparation des ponceaux effondrés ou abîmés pour rétablir l'écoulement normal des cours d'eau;
- L'installation de clôtures pour empêcher le bétail d'accéder au cours d'eau et ainsi de diminuer l'érosion due au piétinement par les bêtes;

- L'installation de nouveaux ponceaux ou construire des empierrement aux sites où il existe actuellement des traverses à gué pour éliminer l'érosion causée par le passage de véhicules motorisés sur les berges et dans le lit des cours d'eau;
- Évaluer les opportunités de réaliser des aménagements hydroagricoles (e.x. fossés avaloir, tranchées filtrantes) ou des bandes végétales filtrantes.

5. Trappes à sédiments

5.1 Contexte et objectifs

Tel que mentionné dans les sections précédentes, l'érosion dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge favorise le transport de particules et des contaminants qui y sont associés. Ceux-ci peuvent avoir des impacts négatifs sur les écosystèmes et la faune aquatiques.

L'intensité de l'érosion varie selon :

- la quantité et l'intensité de précipitations;
- la pente du terrain;
- la nature et la capacité de drainage des sols;
- l'occupation du sol;
- l'exposition aux intempéries.

Des problèmes d'érosion peuvent notamment être observés lorsque que les talus de cours d'eau sont dénudés ou instables, lorsque le sol est dénudé et exposé à l'érosion ou lorsque des fossés qui ne sont pas aménagés adéquatement. L'érosion causée par le courant se produit généralement sur des berges dénudées ou instables, en particulier lorsque les niveaux d'eau sont variables. C'est le cas entre autre des talus de la portion aval de la rivière du Cap Rouge qui sont parfois soumis à l'action simultanée des crues et des marées. C'est le cas également de tributaires ou de fossés qui se trouvent dans des sous-bassins avec une faible superficie boisée.

Les matériaux érodés sont transportées par les eaux de ruissellement jusqu'aux tributaires ou aux égouts pluviaux qui se jettent dans la rivière du Cap Rouge. En 2009, dans la région de Québec, la majeure partie du transport sédimentaire par ruissellement est survenue sur une période d'environ 210 jours, soit entre la fin mars et la fin octobre, ce qui correspond grossièrement à la période où les températures moyennes journalières étaient supérieures à 0°C. Hors, typiquement les suivis de la qualité de l'eau des organismes de bassin versant sont souvent réalisés lors de la période libre de glace et commencent souvent en mai. En 2009, le programme de suivi du CBRCR a débuté le 21 avril. Par conséquent, une bonne partie du transport sédimentaire lié au ruissellement urbain (sable) et à la fonte des neiges qui a eu lieu entre la fin mars et le 21 avril n'a pu être mesuré.

À noter également qu'à la fin de l'automne et en hiver, il est aussi possible d'observer du ruissellement généré par des précipitations importantes survenant lors de grandes dépressions ou de températures exceptionnellement douces. Ce fut le cas le 25 janvier 2010 où il est tombé 35 mm de pluie et de pluie verglaçante.

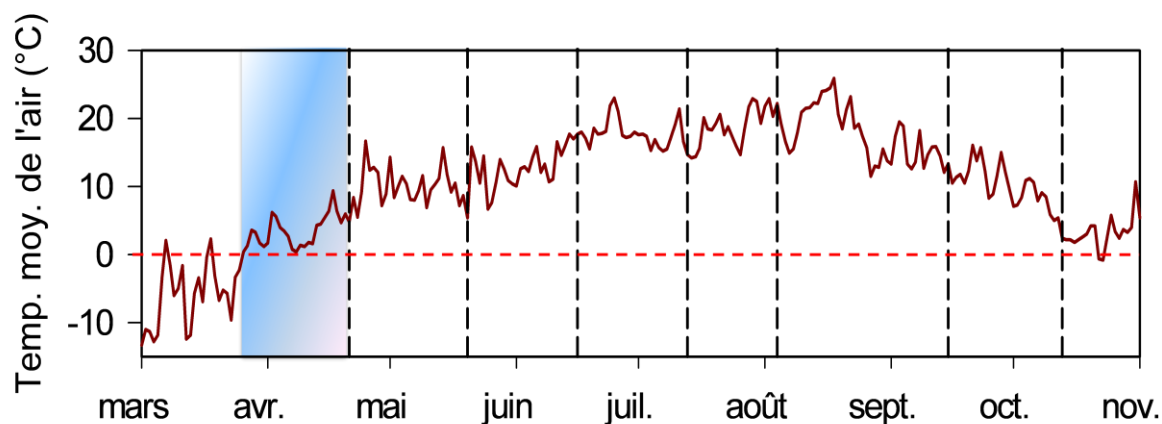


Figure 5.1 Température moyenne de l'air à l'aéroport Jean-Lesage

Source : Environnement Canada, 2009

Note : Les traits pointillés verticaux correspondent aux dates d'échantillonnage de l'eau dans le cadre du suivi du CBRCR. La zone ombragée montre la période de transport sédimentaire non couverte par le suivi.

Dans les cours d'eau, le transport sédimentaire est constitué de matières en suspension (MES) et de sédiments charriés de par le fond. Les MES sont composées de particules de la taille du sable, du limon ou de l'argile. Ces sédiments restent en suspension dans l'eau en raison de la présence de turbulence. Les sédiments en suspension diffusent la lumière et absorbent la chaleur ce qui peut favoriser l'augmentation de la température de l'eau.

Les MES peuvent être subdivisées en deux catégories : les particules fines, soit la charge de particules de moins de 62 µm formée de limon et d'argile, ainsi que le sable (particules de plus de 62 µm). Le transport de particules fines généralement issues de l'érosion, varie selon la quantité des apports par ruissellement. La proportion de sable, soit le reste des sédiments en suspension, est proportionnelle à la turbulence de l'eau et elle provient majoritairement de l'érosion du lit et des berges du cours d'eau.

Les sédiments charriés de par le fond sont formés des matières pierreuses trop lourdes pour être remises en suspension dans l'eau par le courant, comme le gravier ou les galets. La quantité de sédiments charriés de par le fond prend de l'importance lorsque le débit de la rivière est élevé et, particulièrement, dans des paysages où le dénivelé de la rivière est grand (comme en terrain montagneux). Ces sédiments sont rarement abondants lorsque le dénivelé est peu accentué sauf dans certains sous-bassins versants où le pourcentage de surfaces imperméables est élevé, ce qui peut engendrer de forts débits de crue (comme à la station T-2). En général, la proportion des sédiments charriés de par le fond ne représente que quelques pourcents du transport sédimentaire

dans les endroits où le dénivelé est faible et environ 15% en région montagneuse (SWRCB, Agence de la protection environnemental de la Californie, 2008).

La charge en saltation est un terme utilisé par les sédimentologues pour décrire la phase transitoire entre les matières en suspension et de ceux charriés de par le fond. Cette charge « bondit » sur le fond car ces sédiments sont suffisamment légers pour être remis en suspension par la turbulence de la rivière et trop lourds pour demeurer en suspension. La charge en saltation n'est presque jamais mesurée.

Le transport sédimentaire est un phénomène très complexe et dynamique et les techniques de quantification ne peuvent tenir compte de tous les changements de l'eau, particulièrement dans une rivière. Dans le but de mieux comprendre les facteurs et les phénomènes expliquant la nature et la quantité des sédiments transportés par les tributaires de la rivière du Cap Rouge suite à des précipitations, des trappes à sédiments ont été conçues afin de recueillir les sédiments qui sont transportés par charriage, et les MES qui sédimentent dans des zones de déposition. L'utilisation de trappes à sédiments a pour but de fournir un outil complémentaire au suivi de la qualité de l'eau. Les suivis de la qualité de l'eau mensuels à date fixe ont systématiquement tendance à sous-estimer les charges sédimentaires à cause de la grande variabilité temporelle des concentrations de MES et de l'imprévisibilité de événements climatiques (Moatar *et al.* 2007; Birgand, 2009; Meybeck *et al.*, 2003; Olsen, 2009). Les trappes à sédiments permettent d'évaluer la quantité de sédiments qui s'est déposée ou qui a été amenée par charriage à un site précis à l'intérieur d'une période de temps donnée. Les résultats obtenus permettent de comparer le taux de déposition de sédiments, ainsi que la nature et la granulométrie des sédiments générés par des événements de précipitation de durée et d'intensité variables sur des territoires dont l'occupation du sol diffère.

À partir des trappes déployées dans des tributaires de la rivière du Cap Rouge, les objectifs de cette composante du projet étaient :

- d'évaluer l'importance relative du transport sédimentaire provenant des différents tributaires de la rivière et ainsi mieux orienter les priorités d'action;
- de vérifier l'influence de l'occupation du sol et des événements climatiques sur le transport sédimentaire.

5.2 Conception et essais

Une revue de la littérature sur les dispositifs de mesure du transport sédimentaire a permis d'identifier divers outils de mesure (annexe 5.1). Or, aucun dispositif de mesure simple, à usage répété, peu coûteux et adapté aux zones de sédimentation n'est ressorti de ces recherches.

À titre d'exemple, un dispositif construit par Bio-Innove Inc. pour le ministère des Ressources Naturelles et de la Faune (MRNF) et appelé SÉDIBAC a été développé pour mesurer le colmatage de substrats graveleux associé à des travaux d'installation de ponceau (Lachance et Dubé, 2004).

Le fonctionnement du dispositif est illustré à la Figure 5.2. Ce dispositif utilisé par le MRNF est constitué d'un pot en plastique d'environ 15 cm de diamètre, 20 cm de hauteur, perforé de trous de 1,3 cm sur sa paroi latérale. Il est rempli de gravier et disposé en double enceinte insérée l'une dans l'autre dans un lit de gravier jusqu'à la hauteur de son rebord. Pour récupérer les sédiments récoltés, on fait glisser une enceinte dans l'autre jusqu'à la fermeture des trous, puis on pose un couvercle sur le collecteur. Bien que ce dispositif soit bien adapté pour la surveillance des impacts de travaux sur la sédimentation de substrats graveleux, le dispositif demande passablement de temps de manipulation et il doit être complètement retiré lors de la collecte.

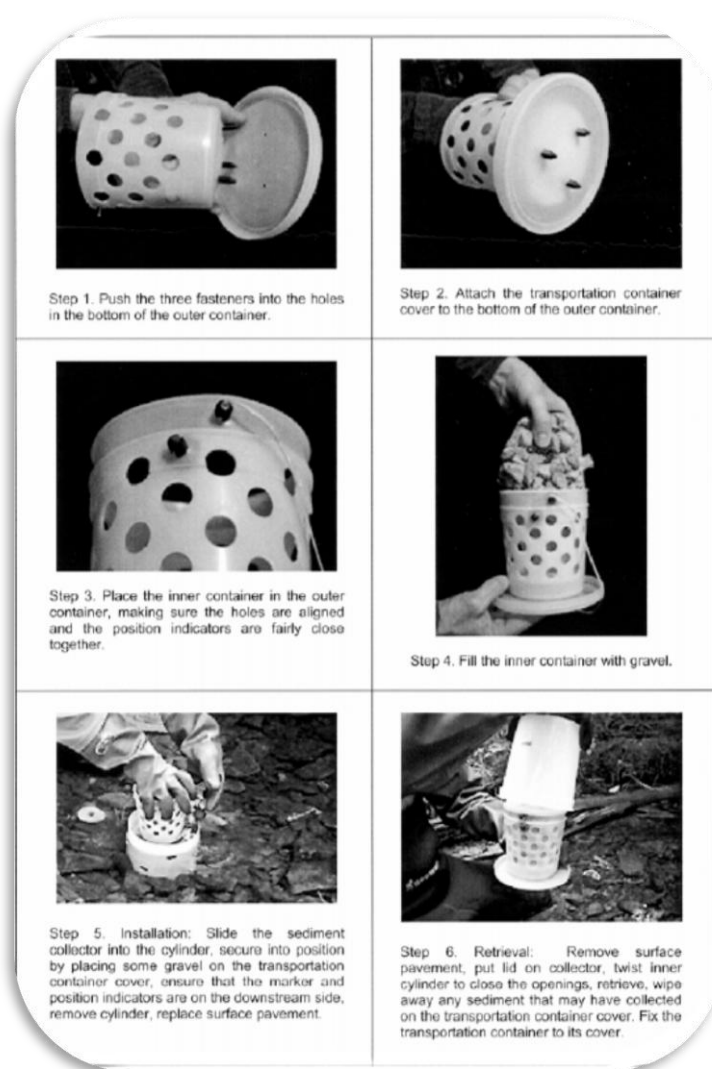


Figure 5.2 Étapes pour installer et récolter les sédiments avec un SÉDIBAC (tirée de Lachance et Dubé, 2004)

Afin de répondre aux objectifs du projet de recherche et développement, nous cherchions à développer un dispositif avec les caractéristiques suivantes :

- plus simple d'opération;
- facile d'entretien;
- adapté aux zones de sédimentation;
- qui permet de caractériser plusieurs événements de précipitations;
- adapté aux phénomènes à étudier.

Différents concepts de trappe à sédiments conçus par Roche Itée ont fait l'objet d'essais expérimentaux sur le terrain.

Le modèle retenu est un échantillonneur tubulaire fait à partir d'un tube en PVC avec un fond dévissable. Cette trappe est filetée aux deux bouts pour en favoriser la récolte et le nettoyage. La trappe possède un diamètre de 5 cm et une hauteur de 15 cm afin de pouvoir être installé même dans un cours d'eau à faible épaisseur de fond meuble, tout en conservant une zone intérieure sans turbulence et un volume qui permet de récupérer une quantité importante de sédiments (Photo 5.1). Le concept de double enceinte, où l'enceinte extérieure agit comme fourreau et l'enceinte intérieure agit comme trappe, facilite l'enlèvement de la trappe et



l'installation d'une nouvelle. Le fourreau a 18 cm de hauteur et 7,6 cm de diamètre afin de pouvoir y insérer l'échantillonneur (Photo 5.1). Pour capter les

Photo 5.1 Concept retenu pour les trappes à sédiments développées par Roche

sédiments transportés par charriage la trappe doit être enfoncée dans les fonds meubles jusqu'au rebord. Afin d'éliminer le problème de succion relié à l'accumulation de sédiments entre l'interstice capteur-fourreau, le tube a été placé dans un sac de plastique dont la partie supérieure est repliée sur le rebord du tube extérieur (Photo 5.1). Le sac de plastique s'adapte au diamètre du fourreau et en facilite le nettoyage. Il est facile à enlever, à nettoyer et à remettre. L'efficacité de collecte de sédiments est très bonne et l'autonomie de la trappe est d'environ 40 mm de pluie. Par conséquent, les trappes peuvent être laissées sur place plus longtemps lors de périodes de faible précipitation et elles doivent être relevées plus régulièrement lorsque les précipitations sont abondantes et fréquentes. Dans le cadre du projet, les trappes ont été déployées pour des intervalles variant entre 0,9 et 15,8 jours (Tableau 5.1). Les précipitations cumulées dans ces intervalles ont varié entre 3,8 et 46,8 mm.

Le développement de ce collecteur représente un avancement technologique en termes d'outil de suivi environnemental. Il s'agit d'un dispositif simple d'utilisation et adapté à la collecte de sédiments lors de leur transport dans les cours d'eau suite à des précipitations. Il permet de vérifier si la

quantité et la qualité des sédiments récoltés varient en fonction de la quantité et de l'intensité des pluies ainsi que de l'occupation du sol. Ce dispositif adapté aux études de gestion intégrée par bassins versants, pourrait également être utilisé dans le cadre de programmes de surveillance ou de suivis environnementaux. Les différents essais sur le terrain ont permis de connaître les dimensions de l'échantillonneur créant un effet de trappe, la façon de le mettre en place pour être à même de récupérer les sédiments lors de leur transport dans le cours d'eau, de même qu'une technique pour en faciliter l'entretien. Ce nouveau concept de trappe à sédiments permet de recueillir facilement et à faible coût, des échantillons de sédiments. Le matériel nécessaire à la conception des trappes coûte moins de 25\$ par trappe pour un lot d'environ 12 trappes.

Le traitement des résultats obtenus a permis de démontrer que malgré la forte variabilité des taux de déposition mesurés dans les trappes, des courbes de tendance exponentielle entre les taux de déposition (en kg/m² de substrat/jour installé/ha de bassin versant) et l'intensité des précipitations dans l'intervalle (mm/jour de pluie) ont pu être obtenues avec des coefficients de corrélation (r²) variant entre 0,27 et 0,77 (annexe 5.2). Les plus faibles coefficients de corrélation ont été obtenus pour les trappes en milieu agricole. On suppose que l'effet des précipitations en milieu agricole est moins marqué en raison de la topographie relativement plane de ce milieu.

Tableau 5.1 Statistiques descriptives sommaires des résultats liés à l'utilisation de trappes à sédiments

Variables	N	Min	Max	Médiane	Moyenne	Écart-type
Intervalle de temps entre l'installation et la récolte de la trappe (jours)	76	0,87	15,75	5,85	7,21	4,42
Précipitations cumulées dans l'intervalle (mm)	76	3,80	46,8	15,4	18,53	13,45
Intensité des précipitations (mm par jour de pluie)	76	1,90	15,8	5,47	6,57	3,81
Masse sèche de sédiments récoltés dans les trappes (g)	76	0,13	672,93	8,93	44,68	90,85
Taux de déposition (kg/m ² /jour/ha)	76	0,002	17,82	0,1	1,38	3,38

5.3 Méthodologie

5.3.1 Description des sites

Les trappes à sédiments ont été installées à quatre stations situées à l'embouchure de tributaires de la rivière du Cap Rouge (Carte 2.1) dont les sous-bassins possèdent différents types d'occupation du sol :

- une station principalement forestière avec un peu d'agriculture (T-1);
- une station influencée par le secteur industriel et agricole (T-2);

- une station influencée par le secteur commercial et résidentiel et par un fort développement du réseau autoroutier (autoroute 40 et voies de services) (T-3);
- une station à forte influence agricole (T-4).

La station T-1 se situe à l'aval du principal tributaire de la rivière du Cap Rouge (Photo 5.2). Cette station reçoit les eaux du sous-bassin No. 18 qui draine une superficie de 19,4 ha. Il prend sa source en milieu forestier sur le Mont Bélair et possède dans sa portion aval, une petite zone agricole (Tableau 5.2). Soixante-huit pourcent du bassin versant est boisé et 27,8% se trouve en milieu agricole (Figure 5.3).



Photo 5.2 Site d'implantation des trappes à sédiments T-1-1 et T-1-2 dans le sous-bassin No. 18

La station T-2 est située à l'aval d'un petit sous-bassin versant (No. 16, 2,8 ha) où ne persiste qu'une faible proportion de zone boisée (4,8%) (Photo 5.4). Ce sous-bassin est fortement imperméabilisé puisqu'il draine le parc industriel François Leclerc, de Saint-Augustin-de-Desmaures et 42% du sous-bassin se trouve en milieu agricole (Figure 5.4).

La station T-3 se trouve en milieu urbain dans le sous-bassin No. 3 (5,2 ha) qui draine des secteurs résidentiels et commerciaux dans une zone où le réseau autoroutier et les voies de services sont forts développés (14,4%) (Photo 5.5). Les zones boisées ne représentent que 16,5% du sous-bassin versant (Figure 5.5).

La station T-4 se trouve sur l'autre tributaire principal de la rivière du Cap Rouge qui draine une superficie de 16,29 ha (photo 5.6). Ce tributaire draine plusieurs sous-bassins (sous-bassins No. 20 à 27) qui se trouvent majoritairement (53%) en milieu agricole à Saint-Augustin-de-Desmaures. À titre de comparaison, les zones boisées dans ces sous-bassins représentent 37% du territoire (Figure 5.6).



Figure 5.3 Image Google Earth du sous-bassin 18 où se situe la station T-1



Figure 5.4 Image Google Earth du sous-bassin 16 où se situe la station T-2

Tableau 5.2 Occupation du sol dans les sous-bassins des stations de suivi

No sous-bassin	Agricole		Autre		Boisé		Coupe		Eau		Milieu humide		Non classifié ¹		Route		Sol à nu		Urbain		Total sous- bassin
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)
1	23,9	3,5	18,0	2,7	107,7	15,9	0,0	0,0	11,1	1,6	1,1	0,2	130,4	19,3	131,7	19,5	11,9	1,8	240,7	35,57	676,6
2	19,4	2,5	39,7	5,1	80,8	10,4	0,0	0,0	17,3	2,2	0,5	0,1	235,6	30,5	158,9	20,5	17,0	2,2	204,4	26,42	773,6
3	50,7	9,7	27,4	5,3	86,4	16,5	0,0	0,0	7,6	1,5	0,4	0,1	124,0	23,8	75,3	14,4	3,9	0,7	146,2	28,02	521,8
4	20,9	15,9	14,2	10,8	29,4	22,3	0,0	0,0	3,1	2,4	0,3	0,2	29,0	22,0	17,9	13,6	0,5	0,4	16,4	12,45	131,9
5	223,3	79,4	0,1	0,0	20,9	7,4	0,0	0,0	9,3	3,3	0,0	0,0	5,9	2,1	15,2	5,4	6,2	2,2	0,3	0,11	281,1
6	53,3	17,7	94,5	31,5	76,0	25,3	0,0	0,0	7,2	2,4	0,2	0,1	38,0	12,7	24,5	8,2	0,5	0,2	5,9	1,98	300,1
7	25,2	29,4	0,2	0,3	4,0	4,6	0,0	0,0	1,3	1,5	0,0	0,0	31,9	37,2	14,6	17,0	0,2	0,3	8,3	9,64	85,7
8	53,5	63,1	0,2	0,3	8,8	10,3	0,0	0,0	1,2	1,4	0,0	0,0	14,4	17,0	6,5	7,7	0,0	0,1	0,2	0,18	84,9
9	127,5	63,6	0,0	0,0	35,4	17,7	0,5	0,3	4,0	2,0	0,6	0,3	25,7	12,8	5,2	2,6	0,1	0,1	1,5	0,75	200,6
10	70,8	68,1	0,6	0,6	2,4	2,3	0,0	0,0	3,2	3,1	0,0	0,0	17,3	16,6	6,1	5,9	0,8	0,8	2,8	2,66	104,0
11	32,0	91,7	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	6,7	0,0	0,0	0,0	0,00	34,9
12	58,8	56,9	0,0	0,0	21,4	20,7	1,0	0,9	2,4	2,3	0,1	0,1	14,1	13,6	3,5	3,4	1,9	1,8	0,2	0,20	103,3
13	21,5	82,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	1,0	3,9	0,0	0,0	2,5	9,6	1,1	4,2	0,0	0,0	0,0	0,00	26,2
14	212,9	68,3	0,0	0,0	91,8	29,4	0,0	0,0	4,5	1,4	0,0	0,0	2,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	311,9
15	244,5	89,2	0,0	0,0	18,6	6,8	0,0	0,0	10,9	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	274,0
16	118,8	42,4	3,9	1,4	13,4	4,8	0,0	0,0	3,3	1,2	0,0	0,0	67,2	24,0	27,6	9,9	6,5	2,3	39,7	14,17	280,5
17	218,4	69,9	0,0	0,0	43,1	13,8	0,0	0,0	5,6	1,8	0,2	0,1	23,4	7,5	16,4	5,3	4,8	1,5	0,4	0,14	312,4
18	540,6	27,8	0,0	0,0	1331,4	68,5	0,0	0,0	26,1	1,3	0,7	0,0	0,1	0,0	43,3	2,2	1,0	0,1	0,4	0,02	1943,4
19	124,0	63,7	0,0	0,0	65,7	33,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	4,8	2,5	0,0	0,0	0,1	0,05	194,7
20	7,9	81,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	11,7	0,0	0,0	0,0	0,00	9,8
21	93,6	29,9	0,0	0,0	208,3	66,6	0,0	0,0	4,8	1,5	0,3	0,1	0,0	0,0	5,6	1,8	0,0	0,0	0,4	0,12	313,0
22	61,4	58,6	0,0	0,0	36,7	35,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	6,0	5,7	0,1	0,1	0,0	0,03	104,8
23	162,6	52,8	0,0	0,0	129,5	42,1	0,0	0,0	4,4	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	10,0	3,3	1,1	0,4	0,2	0,06	308,0
24	85,5	47,7	4,2	2,4	25,4	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	3,3	35,3	19,7	16,9	9,4	4,0	2,2	1,8	1,02	179,0
25	15,4	85,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,2	0,1	0,7	0,0	0,0	1,1	6,2	0,0	0,0	0,7	3,66	18,1
26	391,7	67,9	0,0	0,0	144,1	25,0	0,0	0,0	9,9	1,7	0,5	0,1	10,6	1,8	18,9	3,3	0,7	0,1	0,7	0,12	577,2
27	46,8	38,3	0,0	0,0	67,6	55,3	0,0	0,0	3,8	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	2,8	0,5	0,4	0,0	0,01	122,3
Total bassin riv. Cap-rouge	3104,9	37,5	203,2	2,5	2648,9	32,0	1,5	1,2	144,2	1,7	11,2	0,1	808,3	9,8	618,1	7,5	61,9	50,6	671,4	8,11	8273,6

¹ L'occupation du sol qui est non classifiée correspond à une occupation qui n'appartient à aucune des classes présentées.

Source: Données extraites à partir de la carte produite par Pascale Dubois, MDDEP, janvier 2009

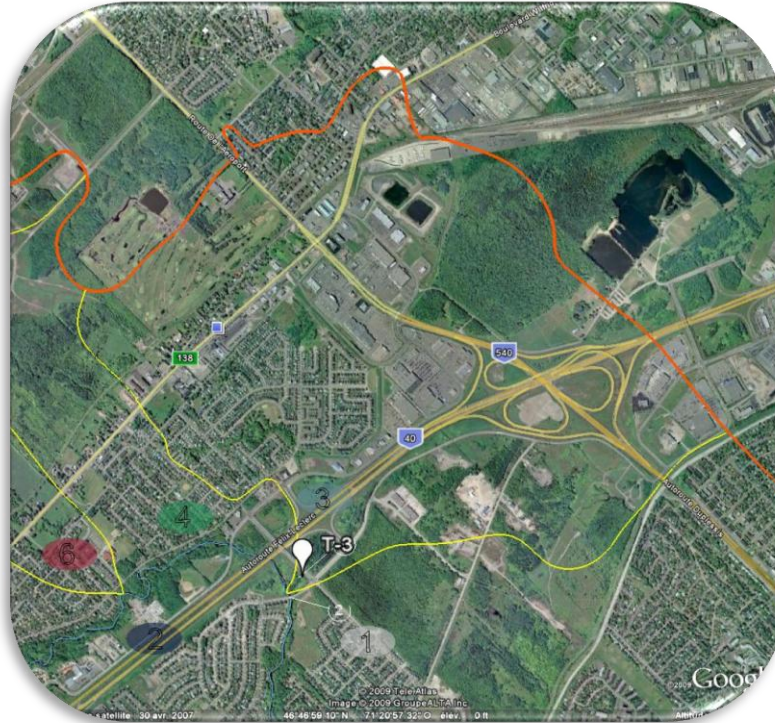


Figure 5.5 Image Google Earth du sous-bassin 3 où se situe la station T-3

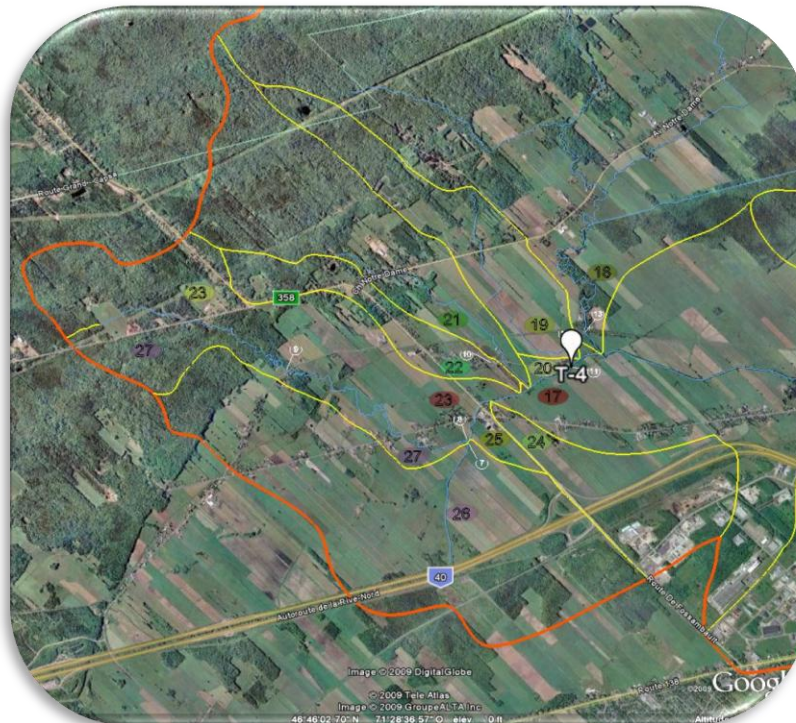


Figure 5.6 Image Google Earth des sous-bassins 20 à 27 où se situe la station T-4

5.3.2 Taux de déposition des sédiments

Afin de mesurer le taux de déposition des sédiments dans ces tributaires, les trappes à sédiments expérimentales ont été installées et exploitées entre le 3 mai et le 27 septembre 2009. Les trappes étaient insérées dans un fourreau permanent qui était lui-même implanté dans le substrat de la rivière, au même niveau que le lit de la rivière (Photos 5.1 et 5.4). À chaque station, deux trappes ont été installées à moins de 0,5 m l'une de l'autre afin de mesurer la variabilité inter-trappes. Les trappes ont été installées dans des zones de déposition des sédiments (Carte 2.1). En plus de varier dans la colonne d'eau, la taille ainsi que la concentration des particules peut également varier de façon transversale dans une section de cours d'eau. C'est pourquoi, les stations retenues visaient, dans la mesure du possible, à contrôler certains facteurs autres que l'occupation du sol qui peuvent avoir une influence sur le transport sédimentaire (la profondeur, la distance de la rive, la vitesse du courant, la nature du substrat, etc.).

Un effort total de 688 trappe-jours a été déployé. Toutefois, une partie de cet effort d'échantillonnage n'a pu être exploitée pour diverses raisons (trappes pleines, trappes arrachées (Photo 5.3), trappes partiellement obstruées, etc.). Au total, l'effort d'échantillonnage qui a pu être pleinement exploité était de 548 trappe-jours. Le comportement atypique du sous-bassin No. 16 a été en grande partie responsable de la portion de l'effort d'échantillonnage qui n'a pu être exploité. Les crues rapides de fortes amplitudes, les nombreuses sources d'érosion du sous-bassin No. 16 et le ponceau effondré à l'amont de la station T-2 (Photo 5.7) contribuent significativement à modifier le lit du cours d'eau ce qui a limité le potentiel d'utilisation de la station T-2. Toutefois l'utilisation des trappes a permis de détecter ces problèmes.



Photo 5.3 Trappes à sédiments arrachées au site T-2 le 27 septembre 2009

Les sédiments récoltés dans les trappes ont été transférés dans des sacs de plastique et congelés le jour même. Une fois au laboratoire de l'INRS-ETE, les échantillons ont été décongelés et les sédiments ont été séchés à l'aide d'un dessiccateur. Le taux de déposition dans les trappes a été mesuré en termes de masse sèche de sédiments, à l'aide de balances et de microbalances de haute précision (Photos 5.7 à 5.9). Le tout a été rapporté en taux de déposition en kg/m² de surface de substrat.



Photo 5.4 Site d'implantation des trappes à sédiments T-2-1 et T-2-2 dans le sous-bassin No. 16



Photo 5.5 Site d'implantation des trappes à sédiments T-3-1 et T-3-2 dans le sous-bassin No. 3



Photo 5.6 Site d'implantation des trappes à sédiments T-4-1 et T-4-2 dans les sous-bassins No. 20 à 27

5.3.3 Granulométrie des sédiments



Photo 5.7 Tamis et dessicateur utilisés pour trier et sécher les sédiments

La granulométrie détaillée des sédiments récoltés dans certaines trappes a été mesurée au laboratoire de l'INRS-ETE et rapportée en classes granulométriques standards. Elle a été déterminée à l'aide de tamis pour l'analyse des matériaux plus grossiers, tandis qu'un compteur de particules au laser a été utilisé pour déterminer la granulométrie des sédiments fins (Photos 5.7 à 5.10). Ces équipements ont été

gracieusement mis à notre disposition par l'INRS-ETE.

Au total, 27 échantillons de sédiments provenant des quatre stations à différentes dates ont fait l'objet d'une

analyse de la granulométrie détaillée selon les classes suivantes : colloïde ($<1\mu\text{m}$), argile ($1-3,9\mu\text{m}$), silt ($3,9-62,5\mu\text{m}$), sable très fin ($62,5-125\mu\text{m}$), sable fin ($125-250\mu\text{m}$), sable moyen ($250-500\mu\text{m}$), sable grossier ($500-1000\mu\text{m}$). Pour les autres échantillons une granulométrie sommaire a été réalisée selon les catégories suivantes : sédiments de $1000\mu\text{m}$ et moins, sable grossier et gravier, débris organiques (végétaux et ligneux).



Photo 5.8 Balances utilisées pour peser les sédiments



Photo 5.9 Appareil de mesure au laser pour déterminer la granulométrie des particules fines

5.4 Résultats et discussion

5.4.1 Taux de déposition des sédiments

Le taux de déposition des sédiments dans les trappes a été exprimé en termes de masse sèche (kg) de sédiments par unité de surface (rayon de la trappe² x 3.1416) (kg/m²). Chacun des taux a été rapporté par jour et par la superficie de leur sous-bassin versant respectif (kg (masse sèche)/m² de surface de substrat/jour installé/ha de bassin versant) puisque l'intervalle de temps entre la pose et la récolte des trappes diffère ainsi que la taille des sous-bassins d'où le matériel provient. Les précipitations journalières ont été obtenues à partir des Archives météorologiques du Canada à la station QUEBEC/JEAN LESAGE INTL. Les précipitations journalières ont été cumulées pour l'intervalle de temps compris entre la pose et la récolte des trappes. L'intensité des précipitations en mm par jour de pluie et en mm par heure de pluie ont été calculées à partir des observations du temps effectuées à la station QUEBEC/JEAN LESAGE INTL A.

Pour une même station, la variabilité des taux de déposition entre les deux trappes installées variait de l'ordre de 4 à 175 % (Tableau 5.2). La variabilité était plus élevée dans les trappes de la station T-4 qui draine les sous-bassins No. 20 à 27 bien que la taille de l'échantillon ait été plus faible qu'aux stations T-1 et T-3.

Tableau 5.3 Variabilité (%) des taux de déposition (kg/m²/jour/ha) entre les deux trappes à sédiments installées à une même station

Sites	% variabilité entre les deux trappes					
	N	min	max	médiane	moyenne	écart-type
T-1	10	3,9	113,7	45,3	50,4	45,2
T-2	3	8,2	58,3	15,1	48,7	27,2
T-3	13	7,5	161,6	46,3	49,2	40,4
T-4	7	37,5	174,9	77,1	91,7	45,7

Un sommaire des résultats pour l'ensemble des trappes à sédiments fonctionnelles est présenté au Tableau 5.3. L'annexe 5.2 présente les résultats pour chacune des trappes individuelles et l'annexe 5.3 les données brutes. La Figure 5.7 illustre l'influence de l'intensité de précipitation sur les taux de déposition des sédiments dans les trappes.

On remarque tout d'abord, qu'au site T-2, on observe des taux de déposition particulièrement élevés même pour des précipitations d'intensité moyenne (entre 5 et 10 mm par jour de pluie). De par son imperméabilisation et sa faible superficie boisée (4,8%), ce petit sous-bassin réagit très rapidement aux précipitations en occasionnant des crues rapides de forte amplitude qui génèrent passablement d'érosion. On remarque d'ailleurs plusieurs signes d'érosion sur les talus du cours d'eau ainsi que la présence de substrat plus grossier (galets et petits blocs). Le projet a permis de constater que la

géométrie du lit du cours d'eau est constamment remodelée suite aux orages. La présence d'un ponceau en béton effondré dans le lit du cours d'eau à l'amont de la station T-2 a très certainement contribué à accentuer l'érosion des talus des berges (Photo 5.10). L'utilisation de trappes à sédiments sur ce tributaire a permis de rapidement détecter qu'il y avait un problème de transport sédimentaire anormalement élevé dans ce sous-bassin.



Photo 5.10 Ponceau effondré dans le tributaire tout juste à l'amont de la station T-2

Dans une moindre mesure, l'influence de l'intensité des précipitations sur les taux de déposition de sédiments était également marquée à la station T-3 située en milieu urbain (résidentiel, commercial et réseau autoroutier). À partir d'une intensité des précipitations d'environ 8 mm/jour de pluie, les taux de déposition des sédiments augmentent rapidement. Le temps de réponse du sous-bassin à des précipitations est également rapide en raison du pourcentage élevé de surface imperméables et du réseau routier qui se draine directement dans ce tributaire.

La station T-4 qui se trouve en milieu agricole à faible pente, enregistre des taux de déposition plus faibles que T-2 et T-3 pour une même intensité de précipitation. Pour de faibles précipitations, les particules ont possiblement le temps de se déposer dans des zones de faible vitesse située en amont avant d'arriver à la station T-4.

La station T-1 dont le sous-bassin est principalement forestier est celle où les taux de déposition sont les plus faibles et les moins variables pour une intensité de précipitation donnée. Le couvert forestier permet de prévenir l'érosion, d'atténuer les crues et de limiter le transport sédimentaire.

Les résultats obtenus ne permettent pas d'observer de relation claire entre les taux de déposition mesurés et les dates où les trappes ont été déployées.

Tableau 5.4 Statistiques descriptives des taux de déposition mesurés dans chacune des trappes à sédiments

Site	Occupation du sol	Taux de déposition (kg/m ² /jour/ha)					
		n	min	max	médiane	moyenne	écart-type
T-1-1	Forestière, agricole	10	0,002	1,32	0,06	0,23	0,40
T-1-2		10	0,003	0,40	0,19	0,17	0,16
T-2-1	Industrielle et agricole	6	0,005	17,82	0,09	4,12	7,21
T-2-2		6	0,004	16,43	0,06	3,58	6,59
T-3-1	Résidentielle, commerciale, autoroutier	15	0,015	12,11	0,19	1,68	3,24
T-3-2		14	0,013	7,35	0,35	1,85	2,83
T-4-1	Agricole	7	0,009	0,66	0,08	0,20	0,25
T-4-2		8	0,013	1,68	0,04	0,27	0,58

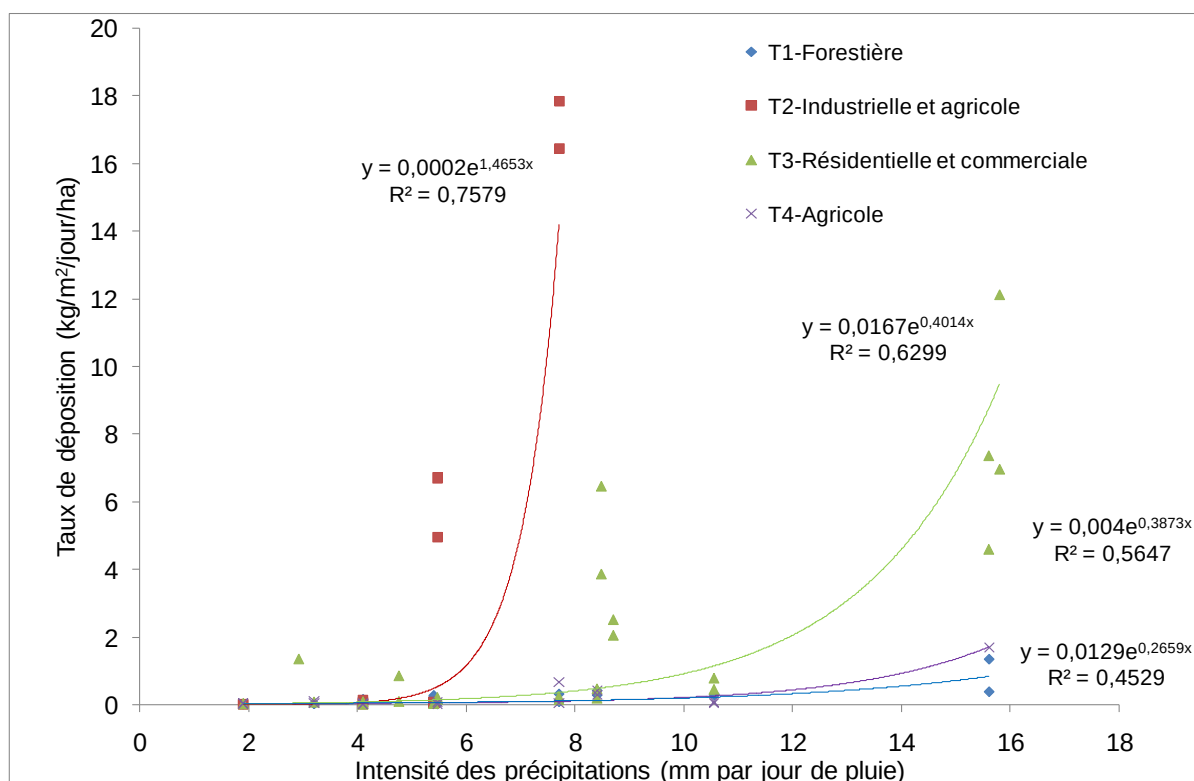


Figure 5.7 Taux de déposition des sédiments en fonction de l'intensité des précipitations pour diverses occupations du sol

5.4.2 Granulométrie des sédiments

Une bonne connaissance de la taille des particules composant les sédiments récoltés est essentielle pour comprendre leur origine, leur transport et, dans certains cas, l'impact environnemental de ces sédiments. La taille des particules peut grandement varier dans une rivière. Toutefois, les matières en suspension seront rarement formées de particules plus grandes que du sable grossier et même que dans plusieurs rivières 50 à 100% des matières en suspension seraient formés de sédiments fins ($< 62 \mu\text{m}$) (Bartram et Ballance, 1996).

La concentration ainsi que la taille des matières en suspension dans un cours d'eau sont surtout influencées par la disponibilité de sédiments (nature des sols) ainsi que la turbulence de l'eau. Le sable provient généralement du lit de la rivière et sa remise en suspension est occasionnée par l'augmentation du débit. Les particules de sable ont tendance à sédimenter rapidement : elles sont donc plus abondantes près du lit du cours d'eau alors qu'elles sont moins abondantes près de la surface. Ainsi, plus la particule de sable est grossière, plus sa capacité à sédimenter est rapide et moins on devrait en retrouver en surface (Figure 5.8).

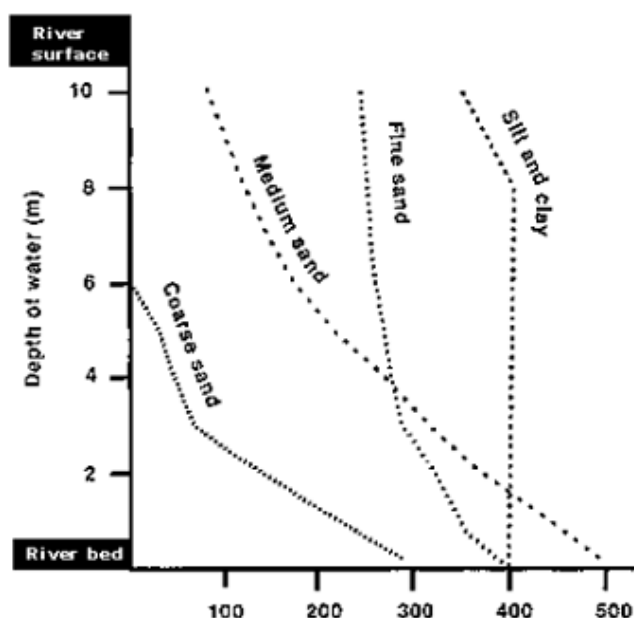


Figure 5.8 Variations de la concentration de matières en suspension en fonction de la profondeur de l'eau pour différentes classes granulométriques (sable grossier, sable moyen, sable fin et silt et argile) représentant leur vitesse de déposition (Bartram et Ballance 1996)

Généralement, les sédiments présents dans le lit de la rivière ne représentent qu'une faible partie des particules d'argile et de limon ($< 62 \mu\text{m}$) remis en suspension dans la colonne d'eau. Les matériaux fins, qui forment entre 50 et 100% des matières en suspension (Bartram et Ballance, 1996), sont généralement érodés et transportés vers la rivière par le ruissellement en surface lors des fortes pluies ou des orages. Cette fraction des matières en suspension ne se dépose pas rapidement et peut être entraînée sur de longues distances. C'est pourquoi cette fraction est très peu représentée dans les sédiments récoltés dans les trappes. Ces particules de limon et d'argile ont tendance à être distribuées également dans la colonne d'eau (Figure 5.8) et sont mesurées lorsqu'on prélève un échantillon d'eau pour mesurer les MES. Les sédiments fins proviennent généralement des tributaires et de l'érosion des berges de la rivière ainsi que des matières organiques et inorganiques formées par l'activité biologique. Dans des eaux eutrophes, l'apport de l'activité biologique peut être considérable (par exemple dans des fossés agricoles ou dans les estuaires). Les sédiments fins peuvent être remis en suspension par les courants jusqu'au moment où ils se déposent dans une fosse ou un chenal plus large comme l'estuaire de la rivière du Cap Rouge. Ces fosses ou bassins de sédimentation sont importants pour l'étude de la qualité des sédiments puisqu'elles peuvent fournir des informations utiles sur l'historique de déposition des sédiments et l'influence des activités humaines sur la composition des sédiments. C'est pourquoi des échantillons (section 4) et des carottes de sédiment (section 6) ont été prélevés à l'embouchure.

La proportion relative de sédiment ($< 1000 \mu\text{m}$), de débris organiques (feuilles, branches, etc.) ainsi que de sable grossier et de gravier ($> 1000 \mu\text{m}$) a été mesurée dans chacune des trappes à sédiment. En milieu industriel et agricole (T-2), la proportion de sable grossier et de gravier est très élevée par rapport aux autres types d'occupation du sol (Figure 5.9). C'est dans ce même milieu que l'on retrouve la proportion la plus importante de débris organiques présents dans les sédiments récoltés. La proportion de sédiments inférieurs à $1000 \mu\text{m}$ est très variable au site T-2. Ces résultats démontrent que le transport sédimentaire est plus important à cette station qui draine un milieu industriel et agricole que dans les autres milieux.

Une granulométrie détaillée a été réalisée sur 27 échantillons de sédiments (fraction dont la granulométrie est inférieure à $1000 \mu\text{m}$) afin d'évaluer l'importance relative des différentes classes granulométriques. Les colloïdes et les argiles sont très peu représentés dans les échantillons de sédiment récoltés par les trappes (Figure 5.10). En raison de leur faible taille, ces particules demeurent en suspension et sont transportées vers l'aval de la rivière du Cap Rouge.

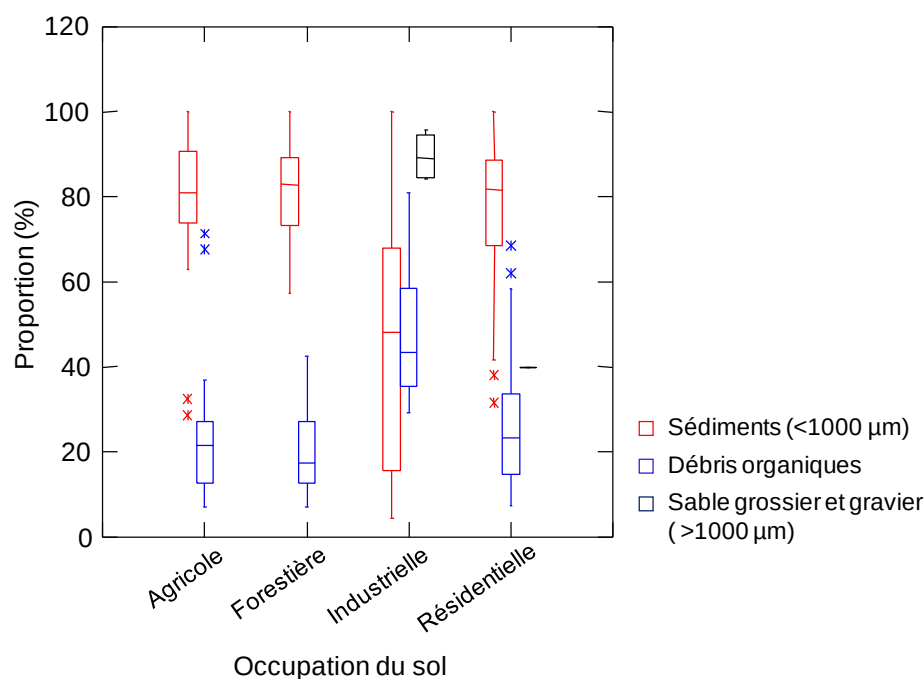


Figure 5.9 Proportion de sédiments inférieurs à 1000 µm, de débris organiques et de sable moyen et grossier récoltés dans les trappes selon l'occupation du sol.

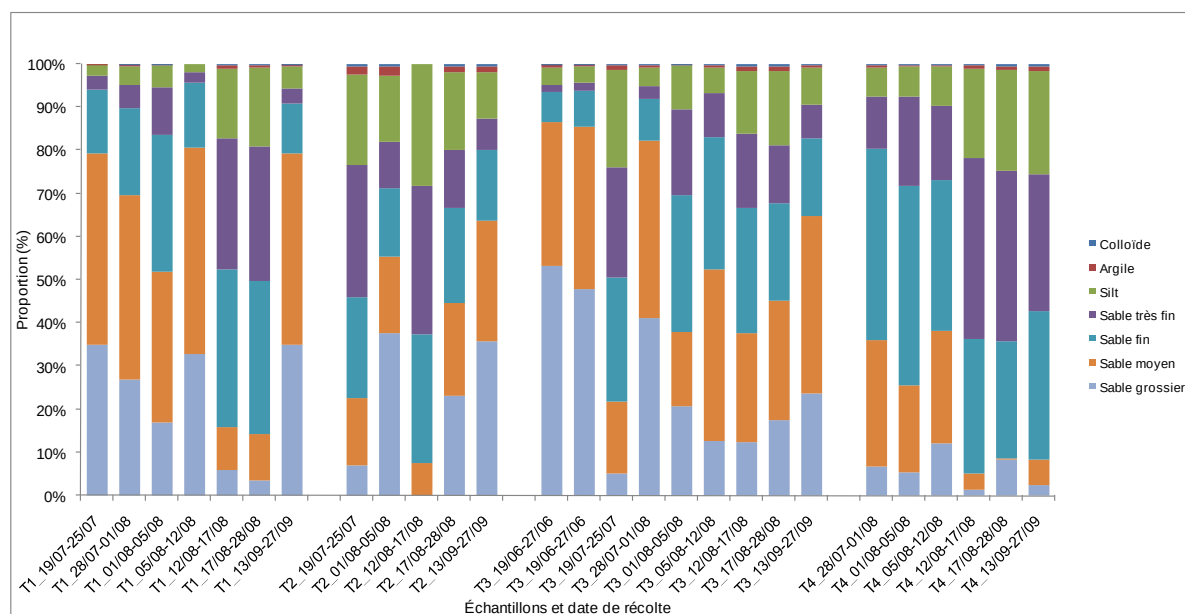


Figure 5.10 Distribution granulométrique des sédiments (inférieur à 1000 µm) récoltées dans certaines trappes selon les différents sites et date de collecte.

Les sédiments provenant de la station T-4 en milieu agricole et de la station T-2 en milieu industriel et agricole (T-2) possèdent une proportion de sédiments fins ($< 62 \mu\text{m}$) significativement plus élevée et variable que les stations implantées dans d'autres types d'occupation du sol (Figure 5.11). En milieu agricole, la proportion de sable fin et de sable très fin est plus élevée tandis que la proportion de sable moyen et grossier est plus faible que dans les autres milieux. En milieu agricole, les terrains sont généralement plats ce qui réduit la vitesse du courant dans les cours d'eau favorisant la déposition de sédiments fins. La proportion de sable moyen et grossier en milieu forestier et résidentielle est élevée. En milieu forestier, le tributaire s'écoule généralement en pente et présente peu de signe d'érosion. Ainsi, on observe peu de déposition de sédiments fins.

Les résultats disponibles n'indiquent pas d'influence claire entre la date des relevés et la granulométrie des sédiments récoltés. Par contre, lors de précipitations de forte intensité, la proportion de sédiment fin dans les trappes a tendance à diminuer (Figure 5.12).

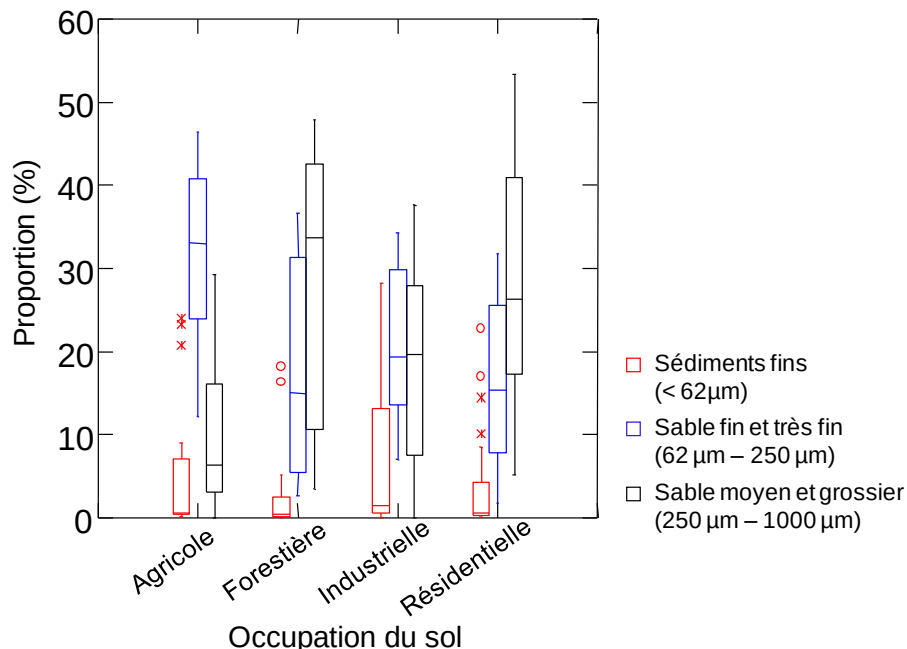


Figure 5.11 Proportion de sédiments fins, de sable fin et très fin ainsi que de sable moyen et grossier pour diverses occupations du sol

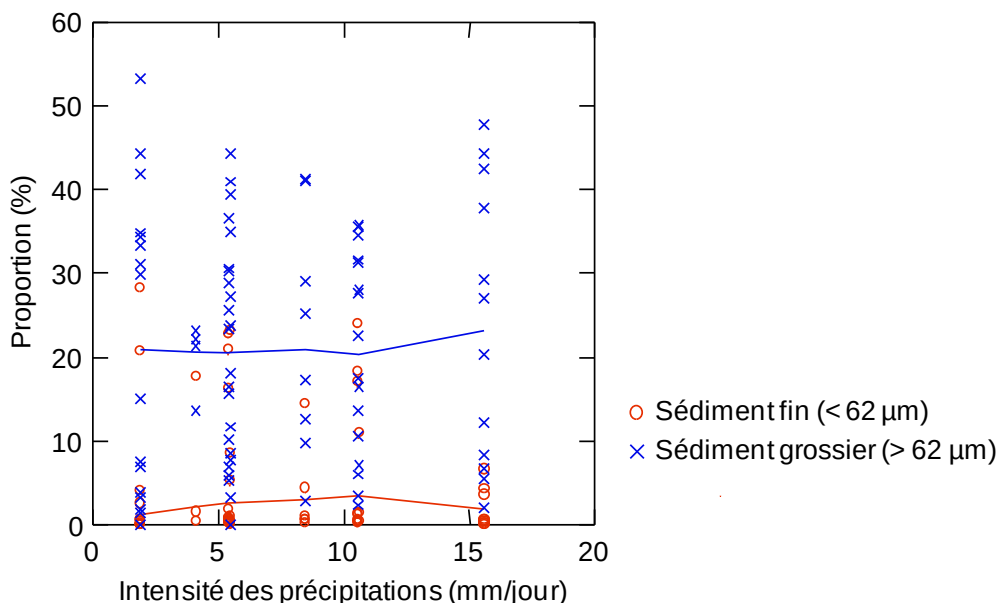


Figure 5.12 Proportion de sédiments fins et grossiers (< 1000 µm) en fonction de l'intensité des précipitations

5.5 Synthèse et conclusion

Les trappes à sédiment développées par Roche ont permis de couvrir en continu, une grande partie de la saison hydrologique 2009 (Figure 5.13). Elles ont également permis d'évaluer l'importance relative du transport sédimentaire provenant des différents tributaires de la rivière du Cap Rouge. Les résultats permettent au CBRCR de mieux orienter les priorités d'action en fonction des problématiques propres à chacun sous-bassins à l'étude.

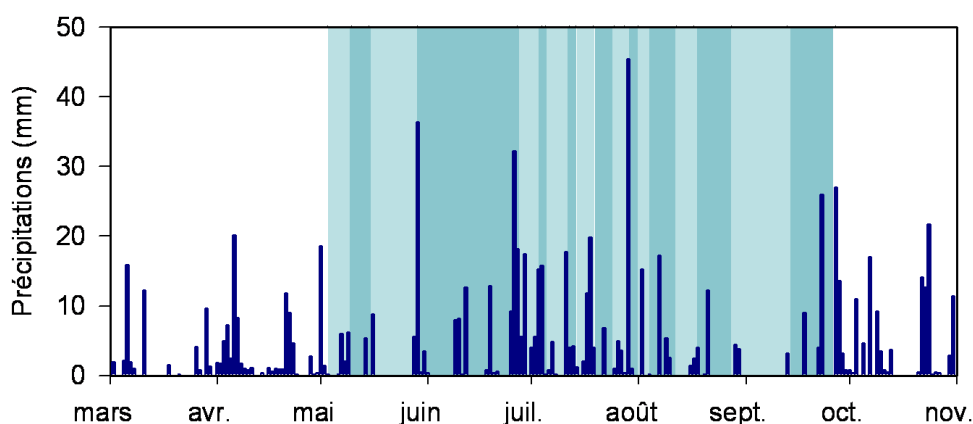


Figure 5.13 Période couverte par les trappes à sédiments lors de la saison hydrologique 2009.

Note : L'alternance des teintes de bleu de l'arrière plan indique les périodes où les trappes ont été déployées et relevées.

Bien que la variabilité soit élevée entre les trappes déployées à une même station, les résultats démontrent clairement que l'occupation du sol a une influence marquée sur l'importance relative du transport sédimentaire et la nature des sédiments transportés. En milieu principalement industriel (T-2) et résidentiel (T-3), les taux de déposition particulièrement élevés démontrent que ces sous-bassins réagissent très rapidement suite à des précipitations d'intensité moyenne (entre 5 et 10 mm/jour). De par leur imperméabilisation et leur faible superficie boisée, ces petits sous-bassins peuvent occasionner des crues rapides de forte amplitude et transporter passablement de sédiments.

La station T-4, qui se trouve en milieu agricole, de même que la station T-1 dont le sous-bassin est principalement forestier, enregistrent des taux de déposition plus faibles et moins variables que T-2 et T-3 pour une intensité de précipitation donnée. Le couvert forestier dans la station T-1 permet de prévenir l'érosion, d'atténuer les crues et de limiter le transport sédimentaire. **Les sédiments de la station T-4 sont plus fins et plus riches en matière organique et en phosphore que ceux des autres stations. Il est possible qu'une bonne partie de ces matériaux se maintiennent en suspension dans l'eau et soient transportés vers l'aval sans être récoltée par les trappes. Les faibles pentes du sous-bassin et le couvert forestier (37%) restant peuvent aussi limiter la quantité de matériel transportée.**

La proportion de sable grossier et de gravier est plus élevée en milieu industriel et agricole (T-2). Par contre, la majorité des sédiments récoltés dans les trappes possède une granulométrie inférieure à 1000 µm. Dans les trappes pour lesquelles une analyse granulométrique détaillée des sédiments (<1000 µm) a été effectuée, la proportion moyenne de sédiments fins en milieu agricole et industriel est légèrement plus élevée que dans les autres types d'occupation du sol. La proportion de sable moyen et grossier (250 µm -1000 µm) est plus particulièrement élevée dans les sédiments provenant de la station T-1 en milieu forestier et de la station T-3 en milieu résidentiel et commercial.

L'intensité des précipitations a également une influence sur la granulométrie des sédiments récoltés. Lors de précipitations de forte intensité (plus de 15 mm/jour), la proportion de sédiments fins dans les trappes a tendance à être plus faible que lors de précipitations de plus faible intensité (10,5 mm/jour et moins).

L'utilisation de trappes à sédiment a permis de rapidement détecter qu'il y avait un problème de transport sédimentaire anormalement élevé à la station T-2.

Les résultats obtenus ont permis d'identifier rapidement parmi les 4 tributaires échantillonnés, ceux qui génèrent un important transport sédimentaire de même que de comprendre comment l'occupation du sol influence la quantité et la qualité des sédiments transportés vers la rivière du Cap Rouge. Par exemple, les résultats indiquent qu'entre les deux principales branches (Branche nord-est (en amont de T-1) et branche sud-ouest (en amont de T-4) qui alimentent le cours principal de la rivière du Cap Rouge, il serait préférable d'investir des efforts pour contrôler l'érosion et le

transport sédimentaire provenant de l'amont de la station T-4 (sous-bassins 20 à 27). Les sous-bassins situés à l'amont de la station T-4 transportent des sédiments fins chargés de phosphore et de matières organiques qui peuvent avoir des impacts négatifs sur la qualité de l'eau et la qualité de l'habitat du poisson. Cet impact se voit très clairement à la confluence des deux branches.

Il serait intéressant de remonter à l'amont de la station T-4 pour faire un suivi spécifique des sous-bassins versants qui sont les plus susceptibles de contribuer aux problèmes (entre les sous-bassins 20 à 27). Le MAPAQ pourrait possiblement apporter un éclairage à cet égard.

Le problème aigu de transport sédimentaire observé dans le tributaire à l'amont de la station T-2 doit être corrigé. Plusieurs foyers d'érosion identifiés par le MAPAQ devraient faire l'objet d'attention particulière. La bande riveraine qui est inexistante en plusieurs endroits (Figure 5.4) devrait être reconstituée et le sous-bassin aurait besoin d'être revégétalisé étant donné que sa superficie boisée ne représente que 4,8% de la superficie totale du sous-bassin. Les talus en érosion devraient être stabilisés et des bassins de rétention des eaux de ruissellement ou milieux humides artificiels devraient être installés afin d'atténuer les fluctuations rapides des débits qui occasionnent beaucoup d'érosion et mettent en péril des terrains et des infrastructures publiques (lignes de transport de l'énergie HQ). Compte tenu de la faible superficie boisée restante, il serait probablement opportun de considérer des aménagements hydroagricoles pour atténuer les pointes de crues.

Comme l'influence agricole se fait nettement sentir sur la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière, les efforts de suivi du transport sédimentaire à l'aide de trappe à sédiments devraient être déployés sur des tributaires agricoles d'importance du bassin versant, afin de pouvoir mieux cerner les sous-bassins qui contribuent le plus aux apports de sédiments, de phosphore et de matière organique. Certains tributaires agricoles des sous-bassins Nos. 17, 15, 14, 5 ou 10 pourraient potentiellement faire l'objet d'un suivi.

L'influence urbaine n'est pas non plus à négliger puisque ces zones apportent des quantités appréciables de sédiments vers la rivière. Certains tributaires à haute densité résidentielle et commerciales des sous-bassins Nos. 2, 1 ou 7 pourraient potentiellement faire l'objet d'un suivi.

Combinée au suivi de la qualité de l'eau en crue, l'utilisation de trappes à sédiments peut s'avérer un outil diagnostique efficace pour mieux évaluer l'importance relative des apports sédimentaires et d'autres contaminants provenant des divers tributaires de la rivière et ainsi orienter les priorités d'action.

6. Historique de sédimentation

6.1 Contexte et objectifs

La reconstitution chronologique des événements de déposition dans la portion aval de la rivière du Cap Rouge est un outil complémentaire qui permet d'évaluer les variations temporelles du transport sédimentaire sur plusieurs saisons hydrologiques. La zone d'influence des marées, qui se trouve dans un secteur de faible pente et de méandres, favorise la déposition des particules venant de l'amont. Les courants de marée montante contribuent, entre autres, à hausser le niveau de la rivière et à diminuer les vitesses d'écoulement jusqu'à parfois les rendre nulles ou inverser le sens du courant. Ces conditions créent un bouchon de turbidité et favorisent la déposition de sédiments dans la zone d'influence des marées.

L'échantillonnage de quelques carottes de sédiments dans ce secteur vise à vérifier de façon exploratoire, si on peut établir un lien entre les événements hydrologiques récents et la nature et la granulométrie des sédiments dans la carotte. À partir de ces informations, il pourrait être possible de déterminer si le taux de déposition et la granulométrie des sédiments à l'embouchure de la rivière ont subi des variations importantes récentes liées au régime hydrologique annuel de la rivière.

6.2 Méthodologie

Afin de réaliser une reconstitution chronologique des événements de déposition, des petits carottages manuels de 30 à 40 cm ont été réalisés le 31 juillet 2009 en enfonçant un tube cylindrique (photo 6.1). Ces carottages ont eu lieu dans la zone de déposition de la rivière à l'amont du pont-route de la rue Saint-Félix. Trois stations (Cartes 6.1 et 6.2) ont été retenues pour le prélèvement des carottes (Photos 6.2, 6.3 et 6.4). Les échantillons ainsi récoltés ont été étudiés à l'aide d'un appareil d'imagerie médicale (Photo 6.5) et une reconstruction 3D des événements de déposition des couches sédimentaires a été faite à partir des résultats.



Photo 6.1 Tube utilisé pour prélever les carottes de sédiments



Photo 6.2 Station A de prélèvement des carottes de sédiments

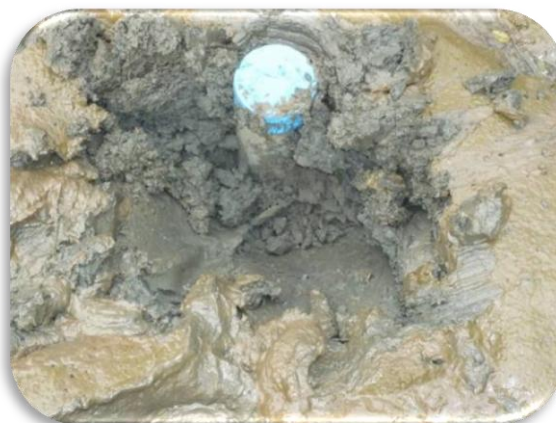


Photo 6.3 Carottage de sédiments à la station B

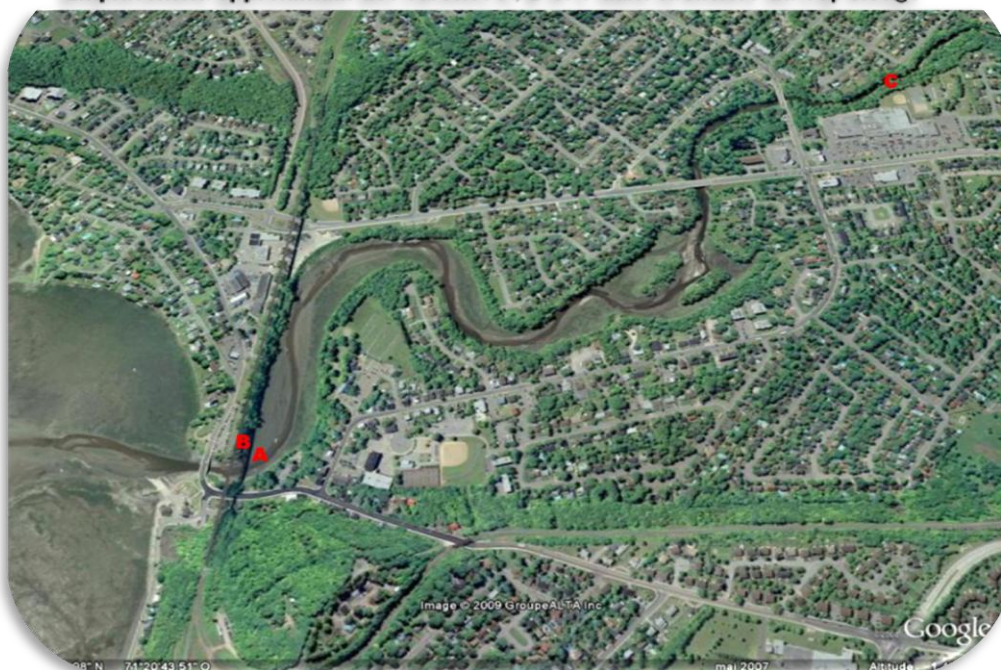


Photo 6.4 Carottage de sédiments à la station C



Photo 6.5 Appareil d'imagerie médicale utilisé pour reconstituer la stratigraphie des carottes de sédiments (INRS-ETE)

Emplacement approximatif des carottes A, B et C dans la Rivière du Cap Rouge



Carte 6.1 Emplacement général des stations de carottage (A, B, C) des sédiments à l'embouchure de la rivière du Cap Rouge.

Emplacement approximatif des carottes A et B dans l'embouchure de la Rivière du Cap Rouge



Carte 6.2 Emplacement des stations de carottage des sédiments A et B.

6.3 Résultats et discussion

L'examen des carottes de sédiments prélevées, visait à tenter d'identifier sur la carotte des strates de sédiments grossiers correspondant à des crues de fortes amplitudes et des strates de sédiments fins correspondant à des périodes de déposition liée à des périodes de faibles débit ou déposition liée à une forte productivité biologique.

La figure 6.1 illustre la proportion de matériaux grossiers dans chacune des carottes prélevées. Les résultats indiquent qu'à l'embouchure de la rivière, mis à part la couche en surface, il semble y avoir plus de particules grossières dans la carotte prélevée près de la rive que celle prélevée dans le milieu du chenal. La carotte C, qui a été prélevée à la hauteur du parc des Écores, contient une proportion plus élevée de matériaux grossiers. Cette station se trouve tout juste à l'amont de la zone d'influence des marées. Les vitesses d'écoulement à cette station sont possiblement plus rapides qu'à l'aval.

La figure 6.2 qui illustre la stratigraphie de la carotte A. On y observe au moins 4 couches distinctes de matière organique. Ces couches de matière organique se sont probablement déposées lors de périodes où le niveau et le courant de la rivière étaient faibles et où la productivité biologique était élevée. La productivité biologique est influencée entre autre par l'ensoleillement et la température en période estivale.

À partir de la surface, la première couche de matière organique (moins de 50 mm) correspond fort probablement à l'année courante (2009). En termes de précipitations estivales (juin à septembre), il s'agit d'une année moyenne (457 mm, 5^e rang depuis 2000) où les températures maximales moyennes ont oscillées entre 19,4 et 24,6°C entre les mois de juin et de septembre.

La deuxième couche de matière organique (entre 50 et 100 mm) pourrait peut être correspondre à l'année 2006 où les précipitations estivales (juin à septembre) sont parmi les plus faibles enregistrées au cours des 10 dernières années (310 mm, neuvième rang depuis 2000). Il s'agit également de l'année où les températures maximales moyennes ont été les plus élevées, soit entre 18,2 et 26,3°C dans la période entre juin et septembre. Les bulles de gaz qui sont observées dans la carotte B (Figure 6.3) pourraient être le résultat d'une forte activité de dégradation de la matière organique des sédiments en conditions de températures élevées et de faibles concentrations en oxygène.

La troisième couche de matière organique qui se trouve entre 150 et 200 mm, pourrait correspondre aux années 2002 ou 2001. L'année 2002 a été celle avec les précipitations estivales (juin à septembre) les plus faibles depuis 2000 (250,2 mm). Les températures maximales moyennes pendant cette période variaient entre 20,5 et 25,8°C. L'année 2001, a présenté des températures maximales moyennes plus élevées qu'en 2002, mais également des précipitations estivales (juin à septembre) plus élevées (376,1 mm).

La quatrième couche de matière organique, autour de 300 mm, est séparée de la troisième, par une couche relativement épaisse de sédiment sans matière organique visible au CT scan. Avec la compaction des sédiments qui a lieu avec le temps, il se peut que cette couche corresponde à une période particulièrement sèche avant 2000.

Les plus grosses charges sédimentaires et les plus gros matériaux sont généralement transportés vers les cours d'eau lors de quelques périodes de précipitations importantes dans l'année (e.x. fonte des neiges et crue printanière, pluies estivales abondantes, grandes dépressions). Les précipitations hivernales sont indicatrices du couvert de neige qui influence la crue liée à la fonte des neiges tandis que les précipitations estivales sont indicatrices des forts orages estivaux.

La figure 6.4 qui illustre la stratigraphie de la carotte C, montre 3 couches distinctes où la granulométrie des matériaux est plus grossière. Si on se base sur les données de précipitations enregistrées à l'aéroport Jean Lesage depuis 2000, la première couche de matériaux grossiers qui est fort épaisse, pourrait correspondre à l'année 2008 où les précipitations annuelles ont totalisé 1314,4 mm. Il s'agit de l'année où les précipitations annuelles, hivernales (décembre à mars, 381,7 mm) et estivales (juin à septembre, 593,3 mm) ont été les plus abondantes depuis 2000.

La deuxième couche de matériaux grossiers qui se trouve entre 150 et 200 mm, pourrait correspondre à l'année 2006. Les précipitations annuelles arrivent au second rang depuis 2000 (1214,6 mm). Les précipitations hivernales (décembre à mars) arrivent également au second rang depuis 2000 avec 357,3 mm.

La troisième couche qui se trouve entre 200 et 250 mm de la surface de la carotte, est plus mince et moins distincte. Elle pourrait correspondre à l'année 2003 ou 2005. Ces années arrivent respectivement aux troisième (1190,6 mm) et quatrième rang (1166 mm) des années où les précipitations ont été les plus abondantes depuis 2000. En 2005, les précipitations d'avril-mai (224 mm) ainsi que les précipitations estivales (juin à septembre, 552,9 mm) arrivent au second rang depuis 2000. Par contre, les précipitations hivernales (151,9 mm) arrivent au neuvième rang depuis 2000. L'année 2003 a eu des précipitations hivernales (décembre à mars) plus abondantes (336,5 mm, troisième rang depuis 2000), mais de plus faibles précipitations en avril-mai (149,9 mm) et en période estivale (juin à septembre, 442,3 mm).

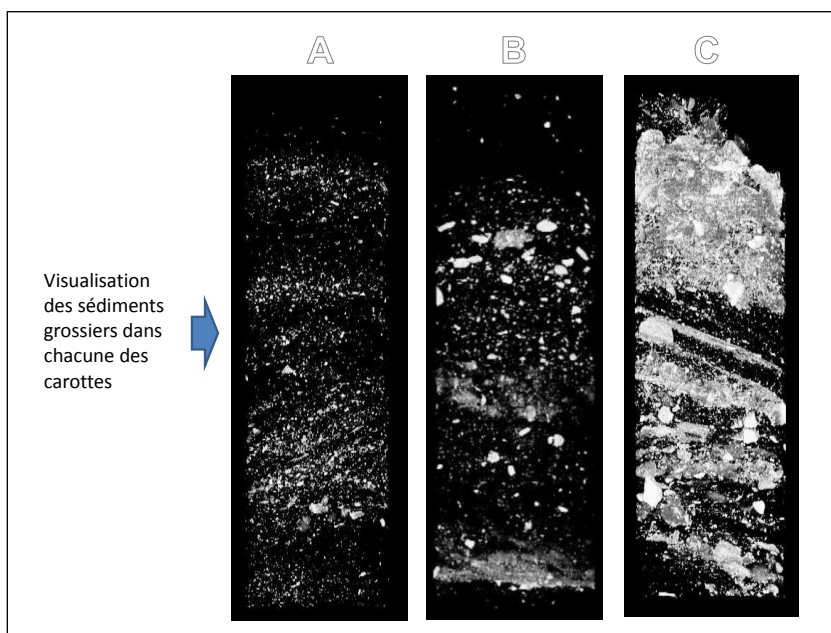


Figure 6.1 Visualisation des matériaux grossiers dans chacune des carottes de sédiment prélevées

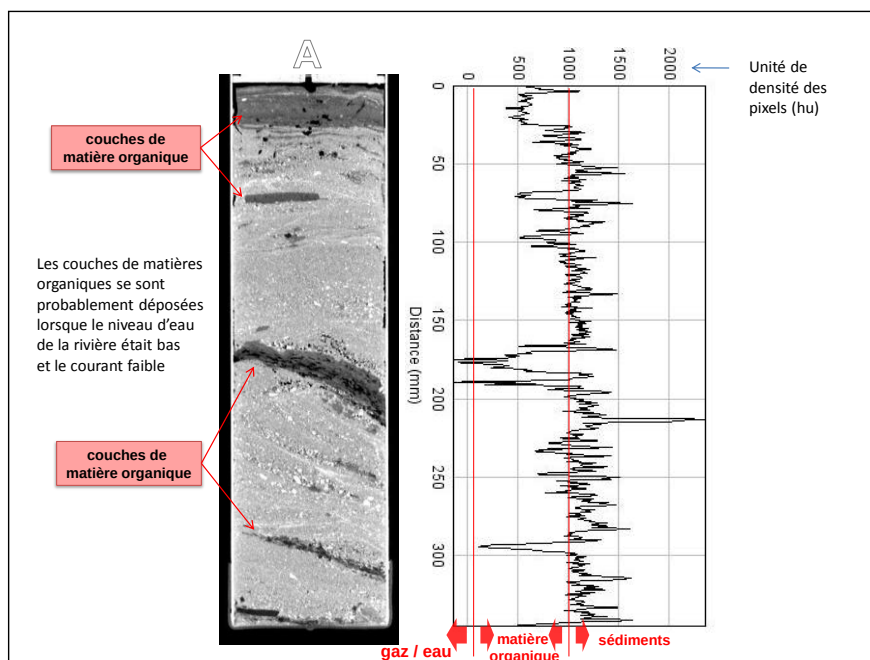


Figure 6.2 Résultats de la stratigraphie de la carotte A

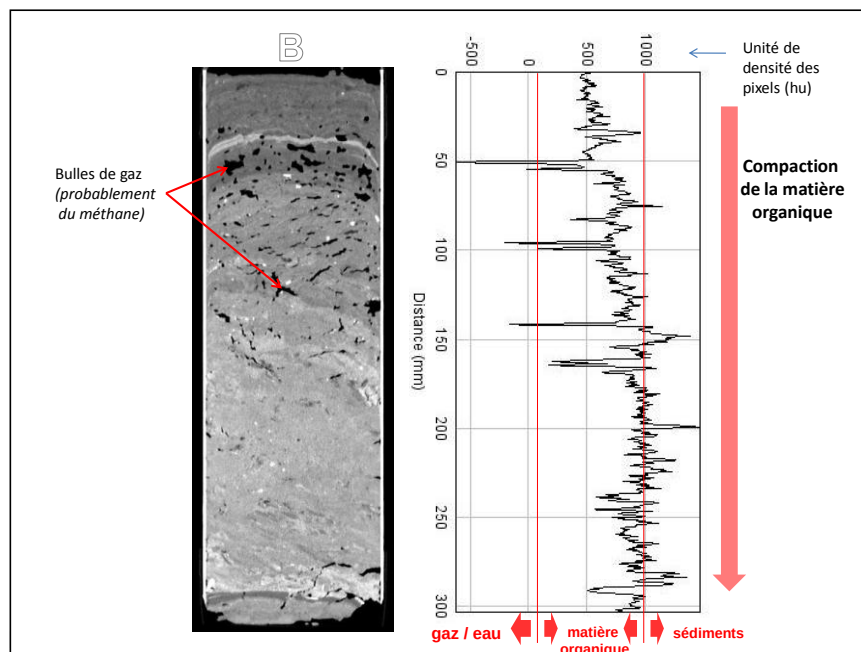


Figure 6.3 Résultats de la stratigraphie de la carotte B

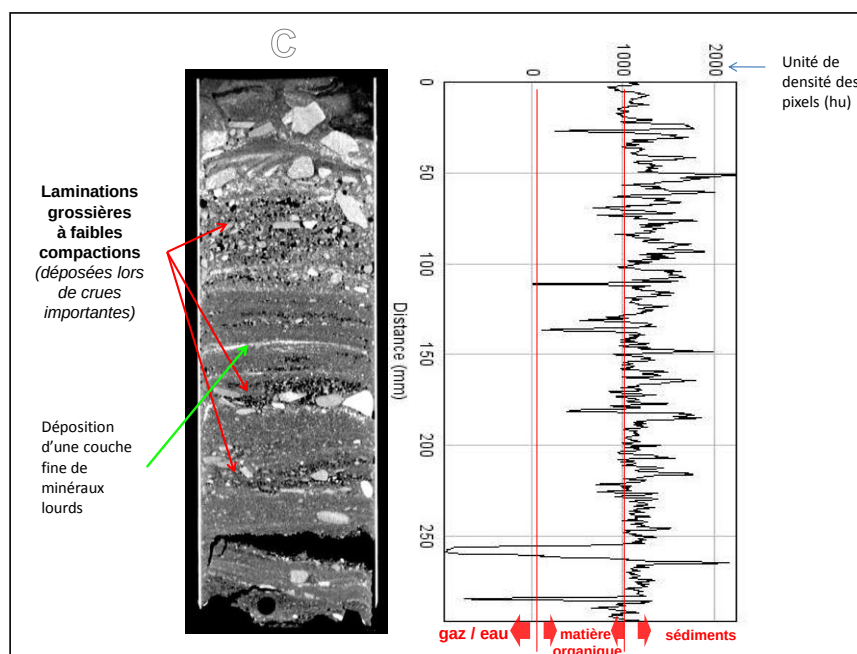


Figure 6.4 Résultats de la stratigraphie de la carotte C

6.4 Synthèse et conclusion

Ces résultats exploratoires encourageants demanderaient d'être validés par l'échantillonnage d'un plus grand nombre de carottes de sédiments afin de vérifier si les couches stratigraphiques observées se répètent et sont consistantes pour un site donné. Le carottage de sédiments réalisé en parallèle avec le suivi du transport sédimentaire par le biais de trappe à sédiments et par la caractérisation physico-chimique des sédiments des tributaires pourrait permettre de mieux évaluer la contribution respective des tributaires aux sédiments qui se déposent à l'embouchure. L'installation prochaine sur la rivière du Cap Rouge, d'une station hydrologique par le Centre d'expertise hydrique du Québec et de la Ville de Québec, viendra améliorer la capacité de relier les événements hydrologiques importants aux couches de déposition de sédiments à l'embouchure.

7. Caractérisation de l'habitat du poisson

7.1 Contexte et objectifs

Les modifications du régime hydrologique et du transport sédimentaire qui sont causés par l'étalement urbain et agricole dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge peuvent modifier la géométrie, la nature et la qualité du substrat ainsi que les conditions hydrodynamiques de la rivière. Ces modifications du milieu peuvent potentiellement affecter les zones sensibles (e.x. : frayères) utilisées par la faune ichthyenne. Afin d'identifier ces zones sensibles à protéger, une caractérisation de l'habitat du poisson a été initiée en 2009. Cette caractérisation de l'habitat du poisson a permis de combler certaines informations manquantes du portrait du bassin versant de la rivière du Cap Rouge et d'identifier certains habitats sensibles qui pourraient être plus particulièrement affectés par une augmentation de la charge sédimentaire. Des pêches expérimentales ont également été réalisées à l'aide de bourolles afin de capturer des poissons juvéniles d'espèces susceptibles de se reproduire dans la rivière du Cap Rouge ainsi que des espèces de petite taille. Ces travaux ont été réalisés dans le but d'initier un état de référence de l'habitat du poisson afin de pouvoir mieux protéger les habitats sensibles des modifications du milieu qui pourraient survenir avec le développement du territoire.

7.2 Méthodologie

7.2.1 Habitat du poisson

La caractérisation de l'habitat du poisson dans la rivière du Cap Rouge a été effectuée par le biais de relevés de terrain puisque l'interprétation de photographies aériennes à l'échelle 1 : 10 000 n'était pas possible en raison du couvert forestier dense. La caractérisation de l'habitat du poisson en tronçons homogènes a été faite en suivant la classification des faciès d'écoulement et de substrat de Boudreault (1984) et les guildes de reproduction de Lavoie et Talbot (1988). Pour chacun des tronçons, plusieurs mesures ont été relevées sur le terrain afin de compléter la caractérisation telles la largeur, la profondeur, le type et le recouvrement du substrat, la vitesse d'écoulement, la température de l'eau et des informations complémentaires telles la présence d'émissaires d'eaux pluviales, de ponceaux, d'obstacles à la migration des poissons, etc. Les résultats de la caractérisation sont regroupés en quatre sections correspondant à différents tronçons de la rivière (Carte 7.1).

7.2.2 Pêches expérimentales

Les engins de pêche utilisés pour capturer les poissons juvéniles sont des bourolles de type Cuba Franklin (45 cm X 20 cm X 2 ouvertures de 4 cm). Un effort de pêche de 13 bourolles-nuit a été déployé sur la rivière du Cap Rouge et ses tributaires (Carte 7.1). Les caractéristiques des stations où les bourolles ont été déployées sont décrites au tableau 7.1. Les bourolles ont été déployées à

des profondeurs variant entre 20 cm et 70 cm sur des substrats variant du limon aux blocs et dans des zones de courant lent à modéré afin d'éviter le déplacement des bourolles.

7.3 Résultats et discussion

7.3.1 Habitat du poisson

7.3.1.1 Section 1 - Confluence des deux principaux tributaires de la rivière du Cap Rouge

La caractérisation a débuté en amont dans deux principaux tributaires de la rivière du Cap Rouge soit le ruisseau Bélair (ruisseau à l'eau claire) et le ruisseau du Grand Village (4^e rang) (Carte 7.1). La confluence de ces deux cours d'eau forme le début du cours principal de la rivière du Cap Rouge. Le ruisseau Bélair a été caractérisé à partir du pont de la voie ferrée jusqu'à la confluence. Ce tronçon est un chenal rectiligne avec un substrat composé principalement de gravier, de galets et de sable. Le cours d'eau possède une largeur d'environ 3 m et une profondeur moyenne de 0,5 m. Par ailleurs, le ruisseau du Grand Village s'écoule en milieu agricole sur un substrat composé de sable, de galets, de limon et d'un peu de gravier par endroit. À partir du pont routier du chemin Couture, ce cours d'eau est un chenal rectiligne d'environ 4 m de largeur. Sur l'ensemble de ce tronçon, on retrouve quelques fossés de drainage agricoles dont les eaux turbides se jettent dans le cours d'eau. De plus, une traverse de machinerie agricole et de bétail a été observée sur ce tronçon. La bande de végétation riveraine de ce ruisseau est souvent réduite et éparse. Lors de la caractérisation, l'eau de ce ruisseau était beaucoup plus turbide que celle du ruisseau Bélair.

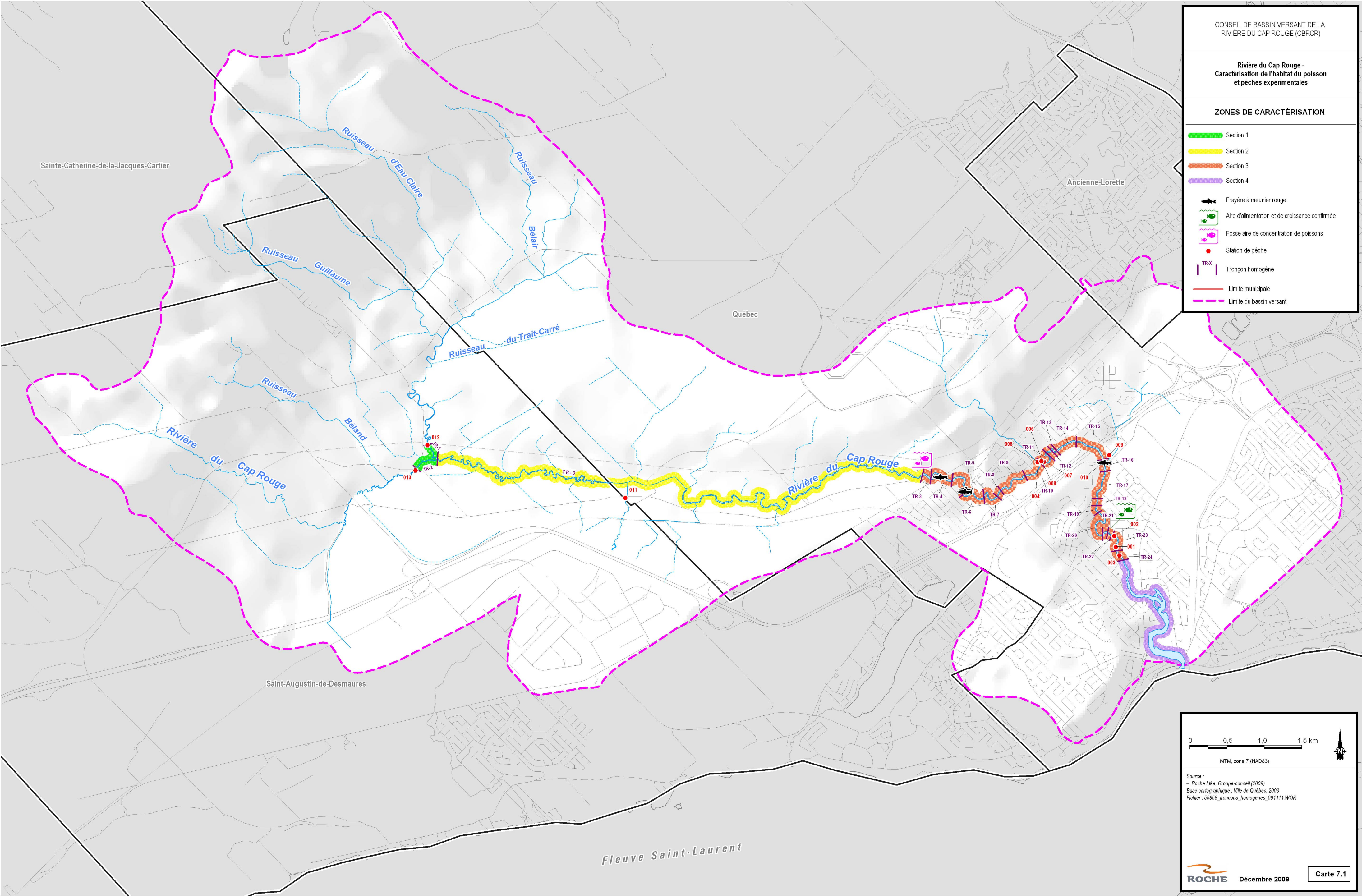


Tableau 7.1 Caractéristiques des tations de pêches expérimentales

Cours d'eau	Station	GPS	Profondeur (m)	Date	Début	Date	Fin	Durée	Description de l'habitat
Riv. du Cap Rouge	RC-1	N46 45 42.9 W71 21 16.4	0.68	2009-08-01	16:10	2009-08-02	15:20	23:10	silt, sable, débris ligneux
Riv. du Cap Rouge	RC-2	N46 45 47.7 W71 21 17.4	0.50	2009-08-01	16:10	2009-08-02	15:35	23:25	
Riv. du Cap Rouge	RC-3	N46 45 39.3 W71 21 14.0	0.31	2009-08-01	16:30	2009-08-02	15:10	22:40	sable et gravier
Riv. du Cap Rouge	RC-4	N46 46 19.1 W71 22 6.1	0.41	2009-08-01	17:55	2009-08-02	16:05	22:10	galet et blocs
Riv. du Cap Rouge	RC-5	N46 46 19.5 W71 22 6.4	0.18	2009-08-01	18:00	2009-08-02	16:15	22:15	blocs et galets
Riv. du Cap Rouge	RC-6	N46 46 19.8 W71 22 3.5	0.32	2009-08-01	18:10	2009-08-02	16:25	22:15	galets, blocs et sable
Riv. du Cap Rouge	RC-7	N46 46 19.6 W71 22 2.4	0.39	2009-08-01	18:15	2009-08-02	16:35	22:20	blocs, gros blocs et gravier
Riv. du Cap Rouge	RC-8	N46 46 19.9 W71 22 4.0	0.43	2009-08-01	18:20	2009-08-02	16:45	22:25	gravier, galets, blocs
Tributaire de la riv. du Cap Rouge	BT-3-2	N46 46 22.8 W71 21 21.2	0.25	2009-07-25	6:40	2009-07-26	6:15	23:35	sable
Tributaire de la riv. du Cap Rouge	BT-3-1	N46 46 19.8 W71 21 24.1	0.89	2009-07-25	7:00	2009-07-26	6:25	23:25	Sable et silt.
Tributaire de la riv. du Cap Rouge	BT-2	N46 46 1.9 W71 26 26.9	0.20	2009-07-25	7:00	2009-07-26	6:45	23:45	Entrée d'un ponceau en béton près d'une grosse roche.
Tributaire de la riv. du Cap Rouge	BT-1	N46 46 23.7 W71 28 32.3	0.58	2009-07-25	7:30	2009-07-26	6:55	23:25	blocs et sables.
Tributaire de la riv. du Cap Rouge	BT-4	N46 46 12.7 W71 28 39.7	0.24	2009-07-25	8:00	2009-07-26	7:10	23:10	gravier, silt et sable.

Le substrat graveleux rencontré dans le ruisseau Bélair (Tr-1) constitue un site potentiel de fraie pour plusieurs espèces de poissons dont l'omble de fontaine et le meunier rouge qui sont présents dans le secteur. La turbidité élevée dans le ruisseau du Grand village de même que la présence de fossés de drainage agricole limitent le potentiel de l'habitat pour l'omble de fontaine. L'absence d'une bande de végétation riveraine peut engendrer l'été une augmentation de la température de l'eau et une diminution de la concentration en oxygène dissous. Par contre, des espèces plus tolérantes à ces conditions peuvent s'y retrouver. Les ombles fontaines qui étaient présentes dans le ruisseau Bélair en juin semblent avoir été remplacées en juillet et août par des meuniers et des cyprinidés. L'augmentation de la température de l'eau en été pousse parfois les ombles à chercher des eaux plus fraîches en tête de bassin versant.



Photo 7.1 Confluence des deux ruisseaux

7.3.1.2 Section 2 - De la confluence des deux principaux tributaires de la rivière du Cap Rouge à l'amont du boulevard Hamel

La section de la rivière du Cap Rouge comprise entre la confluence des ruisseaux Bélair et du Grand Village jusqu'à l'amont du boulevard Hamel fera l'objet d'une caractérisation de l'habitat du poisson ultérieure (Carte 7.1). Cette section s'écoule presque exclusivement en milieu agricole. Plusieurs ponceaux et traverses pour la machinerie agricole sont répartis sur l'ensemble de cette section. De nombreux fossés de drainage agricole de même que quelque tributaires se jettent dans la rivière. La bande de végétation riveraine est très réduite par endroit. Le faciès d'écoulement est principalement de type chenal et le cours d'eau est redressé par endroits.



Photo 7.2 Traverse de machinerie agricole dans le ruisseau du Grand Village

Parfois, la rivière s'élargit pour former des bassins où la profondeur est généralement plus élevée. À certains endroits, on remarque des hauts fonds.

7.3.1.3 Section 3 - De l'amont du boulevard Hamel au parc des Écores (boul. Chaudière)

La troisième section de la rivière du Cap Rouge qui a été caractérisée débute en amont du boulevard Hamel pour se terminer à la fin du parc des Écores derrière le mail Cap Rouge qui est situé sur le boulevard Chaudière (Carte 7.1). À cet endroit, la rivière s'écoule presque exclusivement dans une zone boisée enclavée en milieu urbain. Les faciès d'écoulement observés sont caractérisés par une alternance de rapides, de seuils et de chenaux (Photos 7.3 à 7.7). La rivière

s'écoule généralement sur un substrat composé de galets, de gravier, de blocs, de sable et de limon. Au fur et à mesure que l'on progresse vers l'aval, la proportion de sable devient de plus en plus importante et en particulier dans les zones de chenaux. Le substrat était recouvert de périphyton à certains endroits lors de la caractérisation en mai et en octobre. La vitesse du courant varie selon le faciès d'écoulement. Elle est lente dans les chenaux et modérée lorsqu'il y a des seuils et des rapides. Des émissaires d'eaux pluviales sont observés dans plusieurs tronçons. De plus, trois fosses (environ 1,5 m de profondeur) ont été relevées dans les tronçons TR-3, TR-5, TR-9 et TR-11. Quelques hauts fonds graveleux ont été répertoriés dans les tronçons TR-6, TR-14, TR-16 et TR-24 (Photo 7.8). Lors de la caractérisation du 12 mai 2009, plusieurs meuniers rouges en comportement de fraie ont été observés dans les tronçons TR-3 à TR-6 (Photos 7.9 et 7.10). Les relevés ont permis de confirmer l'utilisation en 2009, d'une frayère à meunier rouge qui avait préalablement été observée en 1998. Les relevés ont également permis de trouver de nouvelles frayères ainsi qu'une grande fosse à l'amont du boulevard Hamel (à l'aval du seuil) qui sert d'aire de concentration de poissons de bonne taille. À noter que les frayères à meunier rouge se trouvent à faible profondeur (12 à 20 cm) sur des hauts-fonds graveleux libres de silt. La température de l'eau était de 12°C lors des observations. Par de belles journées ensoleillées, les meuniers rouges sont faciles à observer puisque l'eau est claire et qu'ils ont une barre rouge sur les flancs et un dos marbré gris et noir.

Dans le tronçon TR-10, un seuil infranchissable en aval du ponceau (N46°46'19.8"; W71°22'07.6") limite la montaison des poissons dans un petit tributaire sans nom (Photo 7.4). Plusieurs émissaires d'eaux pluviales et fossés de drainage ont été observés dans cette section (Photos 7.5, 7.6, 7.11 et 7.12). La portion aval de cette section subit l'influence des marées ce qui peut modifier les caractéristiques d'écoulement de la rivière et le transport sédimentaire. Lors de la marée montante, les eaux de la rivière du Cap Rouge sont refoulées, ce qui a pour effet de diminuer la vitesse d'écoulement.

La présence de hauts fonds graveleux dans la troisième section offre des zones propices à la fraie de certaines espèces comme le meunier rouge. Les fosses répertoriées fournissent des aires de repos et des refuges thermiques où peuvent se concentrer les poissons l'été. L'alternance des faciès d'écoulement et l'hétérogénéité du substrat dans la rivière du Cap Rouge permettent de fournir une grande diversité d'habitats pour les différentes espèces qui la fréquentent.



Photo 7.3 Zone de rapide dans la rivière du Cap Rouge



Photo 7.4 Seuil infranchissable pour les poissons



Photo 7.5 Fossé de drainage en bordure de l'autoroute 40



Photo 7.6 Émissaire d'eaux pluviales dans le tronçon TR-20



Photo 7.7 Faciès d'écoulement de type chenal dans le tronçon TR-24



Photo 7.8 Zone de gravier potentiellement utilisée pour la fraie des poissons dans le tronçon TR-24



Photo 7.9 Meunier rouge dont on aperçoit la ligne latérale rouge, en comportement de fraie sur un haut-fond graveleux, le 12 mai 2009



Photo 7.10 Frayère typique à meunier rouge sur un haut-fond graveleux le 12 mai 2009



Photo 7.11 Émissaire d'eaux pluviales dans le tronçon TR-18



Photo 7.12 Émissaire d'eaux pluviales dans le tronçon TR-19

7.3.1.4 Section 4 - Du parc des Écores jusqu'à l'embouchure de la rivière

La caractérisation de l'habitat du poisson dans cette section sera réalisée ultérieurement. Cette section débute en aval du parc des Écores et se termine à l'embouchure de la rivière du Cap Rouge dans le fleuve Saint-Laurent (Photo 7.11) (Carte 7.1). La rivière s'écoule exclusivement en milieu urbain et elle est soumise à l'influence des marées. Dans cette section, la rivière du Cap Rouge possède un faciès d'écoulement de type chenal. Elle possède plusieurs méandres et un seuil situé près du boulevard de la Chaudière (Photo 7.12). Plusieurs espèces de poissons sont susceptibles de visiter ou d'habiter cette section de la rivière en raison de la proximité du fleuve et de l'absence d'obstacle infranchissable à la circulation des poissons.

La quatrième section est une zone qui subit plusieurs influences qui façonnent et caractérisent l'habitat du poisson. Par exemple, l'influence de la marée engendre des variations du niveau de l'eau et des courants de marée qui peuvent favoriser la déposition de sédiments dans cette section en condition de marée montante. Le passage de nombreuses espèces provenant du fleuve Saint-Laurent dans la rivière du Cap Rouge modifie la structure des communautés de poissons résidentes soit par la prédation ou par le chevauchement des niches écologiques (compétition pour les ressources). L'occurrence simultanée d'orage et de conditions de marée montante cause un bouchon d'eau stagnante et turbide à la hauteur du pont-route de la rue du Domaine (Photo 7.15).



Photo 7.13 Embouchure de la rivière du Cap Rouge



Photo 7.14 Image satellite du seuil situé près du boulevard de la Chaudière



Photo 7.15 Refoulement des eaux de la rivière devenues stagnantes dû à l'effet de la marée (6 mai 2009)

7.3.2 Effets de la charge sédimentaire sur les habitats du poisson

Certains des habitats répertoriés dans la rivière du Cap Rouge sont plus particulièrement sensibles à une augmentation de la charge sédimentaire. Les principaux effets de la charge sédimentaire sur la qualité de l'habitat sont :

- la déposition de particules sédimentaires dans les fosses et sur le substrat;
- l'augmentation de la turbidité et de la température de l'eau;
- la diminution de la concentration en oxygène dissous;
- l'augmentation de certains contaminants (e.x. phosphore, métaux) qui sont adsorbés aux particules.

La sédimentation des particules peut potentiellement colmater les substrats graveleux ou rocheux et engendrer un manque d'oxygénation des œufs des poissons ou les empêcher d'adhérer au substrat. De plus, l'augmentation de l'importance relative de fonds meubles riches en nutriments peut favoriser la prolifération du périphyton sur le substrat. En 2009, le développement maximal du périphyton a été observé au mois de septembre (Photo 7.16). Certaines espèces de poisson sont plus sensibles ou intolérantes à ces modifications de la qualité de l'habitat (e.x. omble de fontaine).



Photo 7.16 Périphyton sur le substrat de la station T-3 (28 août 2009)



Photo 7.17 Eaux turbides dans le tributaire T-3 en période de hautes eaux dans le sous-bassin 3 (4 juillet 2009)

7.3.3 Pêches expérimentales

Une modification des substrats graveleux ou rocheux de la rivière liée à un transport sédimentaire accru est susceptible d'affecter certaines espèces de poissons qui se reproduisent sur ce genre de substrat. Les espèces de poissons lithophiles³ qui peuvent être potentiellement retrouvées dans la rivière du Cap Rouge sont présentées au tableau 7.3. D'autres espèces de poissons lithophiles peuvent également être présentes dans la rivière.

La Carte 7.1 présente la position des stations de pêches expérimentales. Les espèces de poissons capturées lors des pêches expérimentales ainsi que la longueur totale des individus sont présentées au tableau 7.4. L'abondance relative des individus par espèce est présentée au tableau 7.5. On remarque que la plupart des poissons capturés sont des mulets à cornes et des meuniers noirs. Ces espèces sont des poissons qui peuvent facilement s'adapter à diverses conditions du milieu (Bernatchez et Giroux, 2000). Ces poissons sont tolérants aux différentes perturbations d'un cours d'eau. Aux stations RC-4 et RC-5, plusieurs meuniers noirs de faible taille ont été capturés. Ce site constitue donc une zone potentielle d'alevinage chez les meuniers noirs.

Des ombles de fontaine entre 14 et 20 cm ont été capturées à la pêche sportive entre le 20 juin et le 17 juillet entre la station de trappe à sédiments T-1 et la confluence avec la branche sud-ouest de la rivière du Cap Rouge.

³ Espèce de poisson dont les individus déposent leurs œufs sur un substrat rocheux (blocs, roche, gravier ou sable).

Tableau 7.2 Données de caractérisation de l'habitat du poisson

N° tronçon	Nom cours d'eau	Date	Coordonnées		Longueur tronçon (m)	Faciès écoulement	Type de substrat	Vitesse du courant	Température eau (°C)	Remarques
			Début	Fin						
TR-1	Ruis. Bélair	2009-10-08	N46 46 23.6 W71 28 32.5	N46 46 17.4 W71 28 26.1	235	chenal	gravier, sable, galets, blocs, limon	modérée	10.0	fin du tronçon= rencontre des deux affluents (ruis. Bélair et ruis. G. Village); ruis. du G. Village plus riche en MES fin du tronçon= rencontre des deux affluents (ruis. Bélair et ruis. G. Village);
TR-2	Ruis. du Grand Village	2009-10-08	N46 46 13.4 W71 28 39.2	N46 46 17.4 W71 28 26.1	320	chenal	sable, limon, blocs, galets	lente à modérée	10.0	
TR-3	Riv. Cap-Rouge (boul. Hamel)	2009-05-12	N46 46 13.2 W71 23 19.2	N46 46 11.4 W71 23 13.6	145	rapide	schiste, blocs, galet, gravier	rapide	12.0	fosses (présence de poissons, frayère meunier rouge); égoût pluvial ; périphyton sur gravier
TR-4	Riv. Cap-Rouge (boul. Hamel)	2009-05-12	N46 46 11.4 W71 23 13.6	N46 46 10.8 W71 23 00.4	365	chenal	galets, gravier, blocs, schiste, sable	modérée		
TR-5	Riv. Cap-Rouge (boul. Hamel)	2009-05-12	N46 46 10.8 W71 23 00.4	N46 46 04.6 W71 22 53.0	410	rapide	blocs, galets, gravier, sable	rapide		fosses au au pt (N46 46 12.5 W71 23 06.9); passerelle au pt 1(N46 46 09.7 W71 22 52.6) présence de meuniers en fraie; haut-fond graveleux, tributaire peu accessible pour les poissons 2 sorties d'égoût pluvial ; exutoire de milieu humide en rive gauche ; fosses
TR-6	Riv. Cap-Rouge (Ave Saint-Vincent)	2009-05-12	N46 46 04.6 W71 22 53.0	N46 46 04.2 W71 22 40.3	325	chenal	gravier, schiste, galets, sable, blocs, cailloux	modérée		
TR-7	Riv. Cap-Rouge (Ave Saint-Vincent)	2009-05-12	N46 46 04.2 W71 22 40.3	N46 46 04.2 W71 22 31.5	310	seuils	galets, blocs, cailloux, sable	modérée		fosse en aval , présence de meuniers rouges; étang et petit marécage ; fosse pompe et tuyau dans la riv. ; fosse profonde et exutoire pluvial en rive gauche seuil infranchissable en aval du ponceau; poissons dans un étang stagnant; présence d'une fosse avec débris ligneux ; haut-fond graveleux recouvert de périphyton
TR-8	Riv. Cap-Rouge (ch. Jean Gauvin)	2009-05-13	N46 46 04.2 W71 22 31.5	N46 46 06.8 W71 22 29.4	90	rapide	blocs, galets	rapide		
TR-9	Riv. Cap-Rouge (boul Auclair)	2009-05-14	N46 46 06.8 W71 22 29.4	N46 46 13.6 W71 22 14.5	430	chenal et seuils	galets, blocs, cailloux, sable	modérée		passerelle au pt (N46 46 26.3 W71 21 50.9); haut-fond de galet et gravier au pt(N46 46 28.7 W71 21 41.9) fossé de drainage en rive droite au pt (N46 46 27.5 W71 21 40.0); ferraille de voiture en bordure; fossé routier le long de la 40, au pt (N46 46 25.1 W71 21 35.1) pont routier rue du Capitaine Bernier au pt (N46 46 19.2 W71 21 23.7);émissaire d'eaux pluviales au pt (N46 46 19.0 W71 21 23.2); confluence du ruisseau T-1; présence de hauts-fonds graveleux et de galets
TR-10	Riv. Cap-Rouge (boul Auclair)	2009-05-12	N46 46 13.6 W71 22 14.5	N46 46 19.7 W71 22 05.5	325	chenal	cailloux, galets, gravier, sable	modérée		
TR-11	Riv. Cap-Rouge (boul Auclair)	2009-05-12	N46 46 19.7 W71 22 05.5	N46 46 22.1 W71 21 58.9	225	seuils	blocs, galets, sable, gravier	modérée		émissaires d'eaux pluviales au pt (N46 46 09.8 W71 21 26.0) rive droite et au pt (N46 46 09.2 W71 21 24.7) rive gauche émissaire d'eaux pluviales en rive droite au pt (N46 46 01.5 W71 21 28.4) émissaire d'eaux pluviales
TR-12	Riv. Cap-Rouge (boul Auclair)	2009-10-08	N46 46 22.1 W71 21 58.9	N46 46 24.1 W71 21 56.6	110	seuils	galet,gravier, sable, blocs	modérée à rapide	10.0	
TR-13	Riv. Cap-Rouge (boul Auclair)	2009-10-08	N46 46 24.1 W71 21 56.6	N46 46 23.6 W71 21 55.7	25	rapide	gros blocs, blocs	rapide		passerelles au pt (N46 45 58.0 W71 21 27.1) et au pt (N46 45 53.8 W71 21 26.3)
TR-14	Riv. Cap-Rouge (boul Auclair)	2009-10-08	N46 46 23.6 W71 21 55.7	N46 46 28.7 W71 21 41.9	335	chenal en alternance de seuils	blocs, galets, gravier, sable, gros blocs	modérée		
TR-15	Riv. Cap-Rouge (boul Auclair)	2009-10-08	N46 46 28.7 W71 21 41.9	N46 46 20.4 W71 21 24.6	470	alternance seuil et rapide	blocs, galets, gravier, gros blocs	modérée à rapide		émissaires d'eaux pluviales en rive gauche au pt (N46 45 47.4 W71 21 19.1) et en rive droite au point au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); passerelle au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); haut-fond graveleux
TR-16	Riv. Cap-Rouge (autoroute 40)	2009-10-08	N46 46 20.4 W71 21 24.6	N46 46 16.3 W71 21 23.4	130	chenal en alternance de seuils	gravier, galets, blocs, sable	modérée	10.0	
TR-17	Riv. Cap-Rouge (rue Capitaine Bernier)	2009-10-08	N46 46 16.3 W71 21 23.4	N46 46 15.7 W71 21 23.7	20	rapide	blocs, gros blocs, galets	rapide		émissaires d'eaux pluviales au pt (N46 45 58.0 W71 21 27.1) et au pt (N46 45 53.8 W71 21 26.3)
TR-18	Riv. Cap-Rouge (rue Capitaine Bernier)	2009-10-08	N46 46 15.7 W71 21 23.7	N46 46 03.1 W71 21 28.4	415	chenal en alternance de seuils	blocs, galets, gravier, sable	modérée		
TR-19	Riv. Cap-Rouge (rue Capitaine Bernier)	2009-10-08	N46 46 03.1 W71 21 28.4	N46 46 00.7 W71 21 28.0	75	chenal	blocs, sable, gravier, galets	modérée		émissaires d'eaux pluviales en rive gauche au pt (N46 45 47.4 W71 21 19.1) et en rive droite au point au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); passerelle au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); haut-fond graveleux
TR-20	Riv. Cap-Rouge (parc des Écores)	2009-10-08	N46 46 00.7 W71 21 28.0	N46 45 58.0 W71 21 27.1	110	rapide	blocs, gros blocs	rapide		
TR-21	Riv. Cap-Rouge (parc des Écores)	2009-10-08	N46 45 58.0 W71 21 27.1	N46 45 47.9 W71 21 24.9	510	seuils	gravier, galets, sable, blocs	modérée		émissaires d'eaux pluviales en rive gauche au pt (N46 45 47.4 W71 21 19.1) et en rive droite au point au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); passerelle au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); haut-fond graveleux
TR-22	Riv. Cap-Rouge (parc des Écores)	2009-10-08	N46 45 47.9 W71 21 24.9	N46 45 48.9 W71 21 21.4	90	chenal	sable, blocs, gravier	modérée		
TR-23	Riv. Cap-Rouge (parc des Écores)	2009-10-08	N46 45 48.9 W71 21 21.4	N46 45 47.8 W71 21 19.4	55	seuils	blocs, sable	modérée		émissaires d'eaux pluviales en rive gauche au pt (N46 45 47.4 W71 21 19.1) et en rive droite au point au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); passerelle au pt (N46 45 37.1 W71 21 12.4); haut-fond graveleux
TR-24	Riv. Cap-Rouge (parc des Écores)	2009-10-08	N46 45 47.8 W71 21 19.4	N46 45 37.1 W71 21 12.4	410	chenal	sable, gravier, blocs	lente		

Tableau 7.3 Habitat de reproduction des espèces de poissons lithophiles potentiellement présentes

Espèce	Nom latin	Habitat de reproduction
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	Fonds rocheux ou sablonneux (mi-mai à mi-juillet).
Chabot tacheté	<i>Cottus bairdi</i>	Sous une roche (mai).
Chabot visqueux	<i>Cottus cognatus</i>	Sous une roche (mai).
Doré jaune	<i>Stizostedion vitreum</i>	Fonds propres, graveleux et rocailloux situés en eaux courantes, peu profondes et oxygénées. (peu après la fonte des glaces; avril-mai).
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	Espèce anadrome. Fraie dans les cours d'eau sur des hauts fonds graveleux ou près des rives (avril-mai).
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	Petits cours d'eau graveleux à courant modéré (mai – début juin)
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	Zones peu profondes, rapides et graveleuses des cours d'eau (mi-avril - mi-mai).
Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	Fonds graveleux dans les endroits tranquilles de petits cours d'eau (mai et juin).
Naseaux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	Fonds graveleux des ruisseaux à fort courant (mai et juin, mais peut se poursuivre jusqu'en août).
Naseux noir	<i>Rhinichthys atratulus</i>	Fonds graveleux situés en eau vive et peu profonde (mai et juin)
Omble de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	Secteurs graveleux de la tête des cours d'eau (octobre-décembre).
Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	Cours d'eau rocailloux et peu profonds (mai).
Raseux-de-terre noir	<i>Etheostoma nigrum</i>	Sous une roche (mai – juin)
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Cours d'eau rapide à fond graveleux (mi-avril - fin juin; il existe des populations frayant l'automne).

Sources : Bernatchez et Giroux (2000)

Tableau 7.4 Poissons capturés lors des pêches expérimentales

Nom cours d'eau	Station	Espèce	Nom scientifique	Longueur totale (mm)
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-4-1	Raseux-de-terre noir	<i>Etheostoma nigrum</i>	65
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	108
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	101
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	100
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	80
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	73
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	74
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	69
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	73
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	76
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Naseux noir	<i>Rhinichthys atratulus</i>	62
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Naseux noir	<i>Rhinichthys atratulus</i>	70
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Méné à nageoires rouge	<i>Notropis cornutus</i>	83
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	122
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	113
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	108
Tributaires de la riv. du Cap-Rouge	BT-1-1	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	90
Riv. du Cap-Rouge	RC-1	Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	64
Riv. du Cap-Rouge	RC-1	Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	83
Riv. du Cap-Rouge	RC-1	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	45
Riv. du Cap-Rouge	RC-1	Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	57
Riv. du Cap-Rouge	RC-1	Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	73
Riv. du Cap-Rouge	RC-1	Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	45

Nom cours d'eau	Station	Espèce	Nom scientifique	Longueur totale (mm)
Riv. du Cap-Rouge	RC-4	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	129
Riv. du Cap-Rouge	RC-4	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	82
Riv. du Cap-Rouge	RC-4	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	39
Riv. du Cap-Rouge	RC-4	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	52
Riv. du Cap-Rouge	RC-4	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	60
Riv. du Cap-Rouge	RC-4	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	47
Riv. du Cap-Rouge	RC-5	Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	71
Riv. du Cap-Rouge	RC-5	Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	74
Riv. du Cap-Rouge	RC-5	Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	99
Riv. du Cap-Rouge	RC-5	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	50
Riv. du Cap-Rouge	RC-5	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	52
Riv. du Cap-Rouge	RC-5	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	53
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	114
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	55
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	51
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	57
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	49
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	58
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	57
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	48
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	54
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	50
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	43
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Méné paille	<i>Notropis stramineus</i>	50
Riv. du Cap-Rouge	RC-6	Méné paille	<i>Notropis stramineus</i>	47
Riv. du Cap-Rouge	RC-7	Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	93
Riv. du Cap-Rouge	RC-7	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	47
Riv. du Cap-Rouge	RC-7	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	49
Riv. du Cap-Rouge	RC-7	Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	63
Riv. du Cap-Rouge	RC-7	Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	53
Riv. du Cap-Rouge	RC-8	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	55
Riv. du Cap-Rouge	RC-8	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	57

Tableau 7.5 Abondance relative des poissons capturés lors des pêches expérimentales

Espèce	Nombre d'individus	%
Meunier noir	24	43,6
Mulet à cornes	12	21,8
Épinoche à cinq épines	5	9,1
Naseux des rapides	3	5,5
Meunier rouge	2	3,6
Omisco	2	3,6
Méné paille	2	3,6
Naseux noir	2	3,6
Raseux-de-terre noir	1	1,8
Méné à nageoires rouge	1	1,8
Perchaude	1	1,8

7.4 Synthèse et conclusion

La caractérisation de l'habitat du poisson de certains segments de la rivière a permis de positionner des sites de fraie et de confirmer la reproduction de certaines espèces. Ces habitats de reproduction ou d'alevinage sont des zones sensibles à protéger plus particulièrement face à la problématique liée à la charge sédimentaire dans la rivière du Cap Rouge. La présence d'omble de fontaine principalement à l'amont dans la branche nord-est de la rivière du Cap Rouge et la présence de sédiments et de périphyton sur le substrat rocheux à partir de la confluence avec la branche sud-ouest de la rivière indiquent qu'il serait important d'investir des efforts pour contrôler l'érosion et le transport sédimentaire provenant du milieu agricole à l'amont de la station de trappe à sédiments T-4. Les sous-bassins 20 à 27 situés à l'amont de la station T-4 transportent des sédiments fins chargés de phosphore et de matières organiques qui peuvent avoir des impacts négatifs l'habitat du poisson d'espèces sensibles comme l'omble de fontaine. Cet impact se voit très clairement à la confluence des deux branches.

Les hauts fonds graveleux offrent des habitats de fraie potentiels, d'alimentation et de repos à plusieurs espèces de poissons dont notamment le meunier rouge et l'omble de fontaine. Les fosses offrent des aires de repos et d'alimentation pour plusieurs espèces de poissons. Ces habitats sont susceptibles d'être altérés par une augmentation de la charge sédimentaire liée au développement urbain et aux pratiques agricoles.

En milieu urbain, la présence de nombreux émissaires d'eaux pluviales peut affecter la qualité de l'habitat du poisson par des modifications du régime hydrologique, de la qualité de l'eau, de la

température de l'eau et des substrats. L'imperméabilisation des surfaces liées au développement urbain accentue les crues et les étiages de la rivière, ce qui entraîne l'érosion des talus et une diminution de la qualité et de la quantité d'habitats disponibles en étiage. En milieu agricole les habitats sont menacés par les apports de nutriments et de MES provenant de l'érosion des rives et par l'augmentation de la température de l'eau.

Les principales espèces de poissons capturées lors des pêches expérimentales sont tolérantes aux perturbations du cours d'eau. Certaines espèces sont toutefois plus susceptibles d'être affectées par l'augmentation de la charge sédimentaire comme l'omble de fontaine dont la présence a été confirmée en amont du pont-route du rang St-Denis. Des efforts additionnels de validation et de positionnement de sites de fraie devraient être déployés lors des périodes de reproduction de cette espèce. Les frayères à meunier rouge identifiées dans les tronçons TR-3, TR-6 et TR-9 devraient faire l'objet d'un suivi annuel. D'autres espèces qui sont présentes dans la rivière pourraient également être affectées par une augmentation de la charge sédimentaire. C'est le cas par exemple de la truite arc-en-ciel, de l'éperlan arc-en-ciel, du doré jaune et possiblement d'autres espèces lithophiles (tableau 7.3) dont la fraie n'a pas été confirmée dans la rivière.

8. Participation bénévole et contribution de Roche Itée et de ses partenaires

8.1 Participation bénévole

Ce projet n'aurait pas pu être réalisé sans la participation de plusieurs bénévoles. Cette participation bénévole a totalisée environ 230 heures et 9 personnes. L'action bénévole a touché tous les aspects du projet : repérage des stations, conception et essais des trappes à sédiments, photographie, installation et suivi des trappes à sédiments, suivi de la qualité de l'eau, échantillonnage et carottage de sédiment, saisie et validation des données, interprétation des résultats, rédaction et révision du rapport.

Les bénévoles étaient informés à l'avance (par courriel) par le directeur de projet des activités à venir et pouvaient participer à ces activités selon leurs disponibilités et leurs intérêts respectifs. Cette formule flexible s'est avérée efficace et a permis en cours de projet, d'élargir le bassin de bénévoles qui désiraient participer au projet.

Merci à tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

8.2 Contribution de Roche

La contribution de Roche à ce projet, n'est pas non plus à négliger. Lors de la mise en place du secteur Développement durable de Roche en 2007, le Président et Chef de la direction de Roche s'est engagé à promouvoir, pour le bénéfice de la société, les meilleures pratiques découlant du concept de développement durable. Il s'agit d'une véritable conscience de notre responsabilité sociale face à notre communauté et face aux jeunes leaders de demain. Comme le bassin versant de la rivière du Cap Rouge se trouve dans notre communauté, il apparaissait donc logique pour Roche de s'impliquer activement dans la recherche et le développement de techniques visant à mieux évaluer l'impact du développement du territoire sur les écosystèmes aquatiques de la rivière du Cap Rouge. Il s'agit également là d'une façon de maintenir nos ressources techniques à la fine pointe des développements en matière de suivi environnemental.

Comme contribution à notre communauté et plus particulièrement au CBRCR, Roche a gracieusement offert en 2009, 458 heures de temps professionnels et techniciens afin de réaliser conjointement, avec d'autres acteurs du CBRCR, le projet de recherche et développement qui permettra au CBRCR de compléter le portrait et le diagnostic du Plan directeur de l'eau.

La coordination scientifique du projet a été réalisée par Vital Boulé à titre d'employé de Roche et de bénévole résidant dans le bassin versant. Plusieurs employés de Roche ont fournis de l'expertise technique dans les domaines suivants :

- qualité de l'eau et des sédiments;
- hydrologie et transport sédimentaire;
- analyse spatiale du territoire par géomatique sur la base des cartes fournies par le CBRCR;
- conception et essais du prototype de trappe à sédiments;
- préparation d'une demande de permis SEG au MRNF pour les pêches expérimentales;
- caractérisation de l'habitat du poisson et pêches expérimentales.

Roche a également défrayé une partie des coûts d'acquisition des trappes à sédiment expérimentales en plus d'une partie des coûts d'utilisation des équipements et appareils scientifiques du laboratoire de l'INRS-ETE.

8.3 Contributions des divers partenaires

CBRCR : Le CBRCR a donné accès aux données disponibles sur la qualité de l'eau et le bassin versant de la rivière du Cap Rouge et a appuyé la réalisation du projet de R&D. La chargée de projet du CBRCR a également participé à la réalisation de certaines des activités du projet.

Ville de Québec : Support technique et financier pour le suivi de la qualité de l'eau du CBRCR et des analyses.

Firme XpertSea dirigée par Valérie Robitaille (INRS-ETE) : Expertise technique et équipement de mesure et de caractérisation des sédiments et du transport sédimentaire. Caractérisation de la granulométrie des matières solides mobilisables sur les surfaces imperméables du bassin versant. Caractérisation de la granulométrie et du contenu en matière organique des sédiments récoltés dans les trappes à sédiments. Caractérisation de carottes de sédiment à l'aide d'un appareil d'imagerie médicale. L'INRS-ETE et le Dr. Bernard Long ont gracieusement facilité l'accès au laboratoire lourd et aux équipements scientifiques de l'INRS-ETE.

Laboratoires Exova (anciennement BodyCote): Le laboratoire a gracieusement réalisé l'analyse d'échantillons d'eau et de sédiments.

9. Conclusion et recommandations

Efficacité des trappes à sédiments comme outil de suivi complémentaire

Le projet de recherche et développement (R&D) réalisé par Roche ltée dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge visait, entre autres, à développer et à tester un outil de suivi complémentaire aux programmes de suivi de la qualité de l'eau pour mesurer le transport sédimentaire. Cet outil a été développé dans le but d'éviter de sous-estimer l'importance du transport sédimentaire et de contaminants, comme c'est souvent le cas lors de programmes d'échantillonnage de la qualité de l'eau à fréquence mensuelle puisque ceux-ci couvrent généralement peu ou pas les principaux événements de transport sédimentaire.

Le projet a permis de démontrer que les trappes à sédiment développées par Roche permettent de mesurer efficacement la quantité et la qualité des sédiments transportés et de couvrir les événements importants de précipitations plus efficacement que les outils de suivi conventionnels. Les résultats obtenus à l'aide des trappes ont également démontré que l'occupation du sol a une influence marquée sur la quantité et la qualité des sédiments transportés par les cours d'eau.

Grâce aux trappes à sédiments, un problème aigu de transport sédimentaire a pu être détecté dans le sous-bassin No. 16 qui possède la plus faible couverture forestière (4,8%) des sous-bassins étudiés. Les trappes à sédiments ont également permis de révéler la présence d'apports sédimentaires importants en provenance du milieu urbain du sous-bassin No. 3 (16,5% de milieu forestier) où les matériaux récoltés par les trappes sont principalement composés de sable moyen et grossier. Le milieu agricole des sous-bassins No. 20 à 27 exporte des sédiments fins et riches en phosphore et en matières organiques qui dégradent la qualité de l'habitat du poisson de la rivière du Cap Rouge. Finalement, la couverture forestière du sous-bassin No. 18 (68,5% de couvert forestier) permet d'alimenter la rivière du Cap Rouge en eau de bonne qualité qui contient peu de matières particulaires fines et qui permet de supporter une population d'omble de fontaine.

L'utilisation combinée des divers outils de suivi dans le cadre du projet de R&D a permis de déterminer dans quelles conditions le transport sédimentaire est observé et dans quelle mesure les événements de précipitation peuvent affecter la quantité et la qualité des sédiments se déposant sur le substrat de la rivière.

Le sous-bassin No. 16 qui se trouve en milieu industriel et agricole et le sous-bassin No. 3 qui se trouve en milieu résidentiel et commercial ont enregistré des taux de déposition plus élevés que les deux autres. De plus, ces sous-bassins réagissent très rapidement à des précipitations d'intensité moyenne (entre 5 et 10 mm/jour). De par leur imperméabilisation et leur faible superficie boisée, ces petits sous-bassins peuvent provoquer des crues rapides et de forte amplitude qui résulte en du transport sédimentaire passablement élevé.

Les sous-bassins No. 20 à 27 situés principalement en milieu agricole et le sous-bassin No. 18 qui se trouve en milieu forestier montrent des taux de déposition proportionnellement plus faibles et moins variables pour une intensité de précipitation donnée.

Programme de suivi environnemental

Pour être efficace, un programme de suivi environnemental se doit d'être structuré (plan expérimental, choix des stations et des indicateurs, couplage des stations hydrologiques et de qualité de l'eau, etc.) et d'avoir une fréquence de suivi suffisante. L'installation prochaine sur la rivière du Cap Rouge d'une station hydrologique par le Centre d'expertise hydrique du Québec et la Ville de Québec viendra améliorer la capacité de relier les événements hydrologiques importants au transport sédimentaire et de mieux évaluer les impacts des développements urbains futurs sur le régime hydrologique de la rivière.

Un des objectifs de l'approche de gestion intégrée par bassin versant est d'identifier les sous-bassins versants qui contribuent le plus aux apports de contaminants vers un cours d'eau. Or, dans bien des cas, les programmes de suivi de la qualité de l'eau à fréquence mensuelle mis en place par les organismes de bassins versants ne permettent pas de rencontrer cet objectif. Par exemple, le suivi réalisé en 2009 par le CBRCR n'a pas permis de couvrir les événements les plus importants de précipitations. L'échantillonnage de l'eau n'a donc pas été réalisé lorsque la majeure partie des contaminants était transportée. De plus, les stations de suivi retenues ne permettent pas actuellement de cerner les tributaires qui contribuent le plus aux apports de contaminants. Afin de réduire ce biais et d'améliorer le programme de suivi, il existe diverses opportunités :

1. il est démontré qu'en augmentant la fréquence d'échantillonnage de la qualité de l'eau il est possible de réduire ce biais (Moatar *et al.*, 2007; Birgand, 2009; Meybeck *et al.*, 2003; Olsen, 2009). Toutefois, cela a des conséquences sur les coûts du suivi et, en présence de ressources limitées, il peut s'avérer nécessaire de réduire le nombre de paramètres analysés pour se concentrer sur certains paramètres clés.
2. le programme de suivi de la qualité de l'eau pourrait tenter de cibler préférentiellement les périodes de fortes précipitations afin de mesurer l'importance relative des apports de contaminants des différents sous-bassins lorsque ces contaminants sont effectivement transportés. Toutefois, il existe des contraintes logistiques qui font en sorte qu'il est difficile de faire coïncider les prises d'échantillons avec les maximums de turbidité.
3. l'utilisation de trappes à sédiments comme outil complémentaire au programme de suivi permettrait de contourner ces contraintes, puisque les trappes peuvent être installées en permanence durant la saison hydrologique. Cet outil qui est simple d'utilisation permettrait donc d'obtenir des résultats complémentaires aux outils classiques de suivi tout en évitant de sous-estimer le transport des sédiments et des contaminants qui sont associés aux particules comme le fait le suivi mensuel de la qualité de l'eau. La fréquence optimale pour

relever les trappes à sédiments serait toutefois hebdomadaire ce qui nécessite un certain nombre de bénévoles.

Le suivi de la qualité de l'eau et des sédiments des tributaires réalisé dans le cadre du projet de recherche et développement a permis de clairement démontrer que la branche nord-ouest (sous-bassin No. 18) de la rivière du Cap Rouge alimente la rivière avec une eau qui contient peu de sédiment fins et dont la qualité est stable au cours des saisons. La branche sud-est (sous-bassins 20 à 27) alimente la rivière avec des eaux qui contiennent des sédiments fins et riches en matières organiques et en phosphore. Ces sédiments peuvent limiter la richesse et la qualité de l'habitat du poisson de la rivière. Il serait donc pertinent de remonter à l'amont de la station T-4 pour identifier plus spécifiquement quels sous-bassins versants (No. 20 à 27) contribuent le plus aux apports de contaminants vers la rivière du Cap Rouge. Le MAPAQ pourrait possiblement apporter un éclairage à cet égard.

L'impact de l'occupation du sol et quelques pistes de réflexion sur l'aménagement du territoire

Le projet de R&D a permis d'observer que le faible pourcentage de superficies forestières et le fort taux d'imperméabilisation des surfaces dans certains sous-bassins entraînent des modifications du régime hydrologique qui favorisent l'érosion des talus lors des crues et modifient la géométrie du lit des cours d'eau. Ces phénomènes provoquent à leur tour des changements de la nature et la qualité des substrats disponibles pour la fraie des poissons. La qualité de l'eau et des sédiments des sous-bassins avec un fort taux d'imperméabilisation et une faible couverture forestière est nettement moins bonne que celle du sous-bassin No. 18 qui est majoritairement forestier. En général, il existe une relation directe entre le pourcentage de superficies imperméables dans un bassin versant et la quantité de contaminants qui est transportée vers les cours d'eau (CWP, 2000a et b). Les eaux de ruissellement peuvent contribuer à la contamination des eaux de surface par un apport significatif en nutriments, en bactéries coliformes, en sédiments ainsi que, parfois, en métaux lourds, en produits pétroliers et, au printemps, en abrasifs routiers (OEC, 2007). Des études réalisées aux États-Unis ont démontré que les éléments sensibles des cours d'eau disparaissent des écosystèmes à partir d'un seuil de 10% d'imperméabilisation des surfaces d'un bassin versant (Schueler, 2000; CWP, 2000a et b; Maxted et Shaver, 1999; Duda et Cromartie, 1982; Hicks, 1995; Taylor, 1993). Au-delà de 25 à 30% d'imperméabilisation, la plupart des indicateurs de qualité des cours d'eau (qualité de l'eau, richesse faunique, qualité de l'habitat) confirment la dégradation du milieu (mauvaises conditions) (Schueler, 2000; CWP, 2000a et b). Compte tenu de la très faible superficie de milieu forestier dans plusieurs des sous-bassins de la rivière du Cap Rouge et des pressions de développement (e.x. boulevard Chaudière, rue Blaise-Pascal) qui favorisent l'imperméabilisation des surfaces, il serait pertinent de se questionner sur les pratiques de développement à privilégier dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge.

La Ville de Québec investie des sommes considérables dans l'aménagement de sentiers et d'infrastructures récréatives dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge qui profitent à une grande population. La population du bassin versant de la Cap Rouge serait d'environ 42 000 habitants (CBRCR, 2009). La majorité de cette population se concentre dans les secteurs Cap-Rouge et Champigny qui ont connu, au cours des dernières années, une expansion démographique importante compte tenu, entre autres, de la qualité du milieu de vie que leur procure la rivière et ses milieux boisés. À cette population, s'ajoutent des visiteurs qui fréquentent les sentiers et qui pratiquent des activités nautiques au parc nautique à l'embouchure de la rivière. À titre indicatif, le taux d'achalandage moyen du parc nautique depuis sept ans est de 2 700 personnes par saison (CBRCR, 2009).

Afin de préserver la qualité et la quantité de la ressource en eau de la rivière du Cap Rouge pour les usages de la population et de la faune, il est dans l'intérêt de toute la collectivité d'encourager le reboisement urbain et agricole du bassin et d'orienter le développement vers des zones qui peuvent supporter un certain types d'occupation du sol et de densité tout en maintenant ou réduisant les superficies imperméable (CWP, 2000a et c) etc.

Les activités industrielles du sous-bassin versant No. 16 contribuent à amener des métaux vers la rivière du Cap Rouge et sont retrouvés jusque dans les sédiments de l'embouchure. Il serait donc pertinent de travailler activement avec le MDDEP afin de mieux cerner les sources de métaux et de les gérer conformément aux lois et règlements en vigueur pour la protection de l'habitat du poisson.

Le suivi de la qualité de l'eau a également montré l'impact du réseau routier sur la qualité de l'eau de la rivière. Les travaux de recherche financés par le MTQ sur les milieux humides artificiels en bordure du réseau routier pourraient possiblement permettre d'identifier des solutions à cet égard.

Les résultats du suivi bactériologique de la qualité de l'eau indiquent clairement que l'occupation urbaine et agricole du territoire a un impact sur les usages récréatifs de la rivière. Les concentrations maximales de coliformes fécaux sont observées dans la zone d'activité nautique de la rivière en juillet et en août, lorsque cette zone est utilisée par de nombreuses familles. Bien que le réseau sanitaire transporte les eaux usées de la portion urbaine vers la station d'épuration des eaux usées du secteur ouest de la Ville de Québec, le réseau comprend une série d'ouvrages de surverse (trop-pleins) (CBRCR, 2009). En cas de surcharge du réseau sanitaire, les volumes excédentaires d'eaux usées non-traitées sont évacués vers la rivière du Cap Rouge. La partie ouest du bassin versant n'est pas desservie par le réseau sanitaire. Les résidences, les commerces et les autres édifices doivent être munis d'un système autonome de traitement des eaux usées dont certains ne sont pas conformes (CBRCR, 2009). Le milieu agricole peut également contribuer aux apports de coliformes à travers les effluents agricoles et les pratiques de gestion des fumiers.

L'utilisation combinée de ces différentes méthodes de suivi (suivi de la qualité de l'eau et des sédiments, trappes à sédiments) dans d'autres sous-bassins versants de la rivière du Cap Rouge

permettraient probablement de mieux cerner les problématiques propres à chacun ainsi que d'évaluer l'importance relative des contaminants qu'ils exportent vers la rivière afin d'orienter les priorités d'action.

Limites des portées de l'interprétation

Malgré que le projet de R&D ait généré des résultats fort intéressants, il serait nécessaire, afin d'obtenir un portrait plus complet, d'augmenter la taille des échantillons et de poursuivre ces travaux. Le projet a été en grande partie réalisé grâce à la participation de bénévoles et la gracieuse contribution de divers partenaires. Le financement et la poursuite de ces travaux permettrait très certainement de fournir des éléments additionnels pour confirmer le potentiel d'utilisation des trappes à sédiments comme outil de diagnostic et de mieux cerner les sous-bassins prioritaires où des interventions sont requises. Ces travaux permettraient également de fournir les outils d'aide à la décision pour déployer les efforts et les ressources dans les sous-bassins versants où les problèmes de qualité de l'eau sont aigus et le potentiel de récupération des usages de l'eau est élevé.

Recommandations

À la lumière des résultats obtenus lors de ce projet, il est tout de même possible de dégager certaines recommandations visant à récupérer les usages de la rivière du Cap Rouge :

1. Les problèmes aigus de transport sédimentaire qui ont été détectés dans le sous-bassin versant No. 16 pourraient notamment être corrigés en :
 - a. stabilisant et en revégétalisant les talus des cours d'eau;
 - b. en augmentant la superficie boisée dans le sous-bassin;
 - c. en prévoyant des ouvrages de rétention des eaux de ruissellement ou des marais artificiels dans le parc industriel et des aménagements hydro-agricoles en milieu agricole;
 - d. En réparant les ponceaux effondrés ou abîmés pour rétablir l'écoulement normal des cours d'eau et de permettre la libre circulation des poissons conformément à la *Loi sur les Pêches*.
2. Afin de récupérer les usages de l'eau de la rivière pour les activités nautiques et de pêche, il est important de poursuivre les efforts initiés par les municipalités pour rendre conforme les installations septiques non-conformes. Il est également important d'identifier et de gérer correctement les croisements entre les réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux ainsi que d'éliminer les rejets par temps sec. En milieu agricole, avec l'appui du MAPAQ et de l'UPA, il serait possible d'améliorer la gestion des fumiers et des effluents agricoles afin de réduire la contamination bactériologique de l'eau.
3. À l'échelle d'un sous-bassin versant, il est important de s'assurer que celui-ci puisse supporter un certain type d'occupation du sol et de densité tout en maintenant ou en réduisant les superficies imperméables (CWP, 2000a et b). Ceci peut être fait par le biais de

mesures particulières ajoutées au règlement de lotissement ou de zonage. Les promoteurs doivent démontrer, à la satisfaction de la municipalité, que les développements projetés ne risquent pas d'influencer significativement la recharge de la nappe phréatique ou de présenter un risque d'introduction de contaminants dans l'aquifère ou le réseau hydrique. Il est important de conserver une superficie minimum de milieux naturels dans les sous-bassins versants afin de prévenir l'altération du régime hydrologique de la rivière et de réduire les apports de contaminants qui limitent les usages de la rivière.

En intégrant des boisés et des milieux humides au tissu urbain et agricole et en encourageant les programmes de foresterie urbaine et agricole, on peut à la fois contrôler les crues, limiter les étiages et épurer les eaux tout en augmentant la valeur des propriétés (USEPA, 1995), et en particulier les propriétés riveraines. Certains modes d'aménagement du territoire permettent de concentrer le développement dans certains secteurs et d'intégrer ces développements dans de vastes étendues de milieux naturels où l'on conserve de 40 à 80% du site à l'état naturel. La couverture imperméable de ces développements peut être élevée (25% à 100%) puisqu'ils permettent de concentrer les zones habitées en des centres ou des grappes de haute densité (Schueler, 2000). Cette technique réduit généralement les coûts de développement de 10 à 33%, réduit les besoins de déboisement et de préparation du site de 35 à 60% et réduit les surfaces imperméables de 10 à 50%. Lorsque les surfaces perméables et imperméables sont intégrées et situées près l'une de l'autre, il est possible de diminuer significativement le ruissellement (CWP, 2000a et b; Sutherland, 1995). Les forêts produisent de 30 à 50% moins de ruissellement que les zones gazonnées, qui produisent elles-mêmes moins de ruissellement que les zones imperméables (Capiella *et al.*, 2005). Les bassins versants qui comprennent de 5 à 10% de milieux humides peuvent assurer une réduction de 50% de l'intensité des crues, comparativement aux bassins qui n'en possèdent pas (CIC, 2004). À cause de leur grande productivité biologique, les milieux humides peuvent transformer plusieurs polluants en sous-produits inoffensifs grâce à des procédés naturels (Gabor *et al.* 2004).

4. La mise en place de milieux humides artificiels au sein du milieu urbain ou péri-urbain permettrait d'éliminer certains contaminants présents dans les eaux de ruissellement, que ce soit par adsorption, par assimilation à travers les plantes, par rétention, par sédimentation, par filtration ou encore par décomposition microbienne (Scholz, 2006). Selon Gabor *et al.* (2004), les milieux humides artificiels permettent des réductions de la teneur en azote total (de 30 à 87%), en phosphore total (de 4 à 90 %), en MES (de 45 à 99%) et en pathogènes (de 61 à 99%). Ces milieux peuvent également servir d'habitats fauniques. L'efficacité de ces systèmes pour diminuer les concentrations en métaux des eaux d'origine urbaine a été mise en évidence par Halverson (2004) avec des pourcentages de réduction de la teneur en métaux lourds (Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, et Zn) variant de 36 à 98%.

Comme mentionné précédemment, les activités industrielles du sous-bassin versant No. 16 exportent des métaux vers la rivière du Cap Rouge. Il serait donc pertinent d'étudier les opportunités d'implanter des milieux humides artificiels dans le but de contrôler les apports de contaminants et les crues de ce sous-bassin. Un travail en collaboration avec le MDDEP permettrait de mieux cerner les sources de métaux dans le parc industriel et de les gérer conformément aux lois et règlements en vigueur pour la protection de l'habitat du poisson.

L'impact du réseau routier sur la qualité de l'eau de la rivière a aussi été soulevé par le suivi de la qualité de l'eau. Une étude réalisée par Sérodes et Taillon (2003) a démontré que l'aménagement de marais linéaires en bordure du réseau routier est plus efficace sur le plan de l'assainissement des effluents routiers (manganèse, azote et sels de déglacage) que les fossés avec de la végétation naturellement présente dans les échangeurs et le long des autoroutes du Québec.

Finalement, un bénéfice indirect de la mise en valeur des milieux humides est de permettre la hausse de la valeur des lots (USEPA, 1995) et la qualité du milieu de vie de la population.

5. Le nettoyage plus hâtif (en mars) des rues, des trottoirs et des stationnements permettrait de réduire considérablement les charges de sédiments et de chlorures qui sont transportés vers la rivière et qui diminuent la qualité et la richesse de l'habitat du poisson. À titre d'exemple, au Nord-Ouest des États-Unis où les hivers ne nécessitent pas autant d'abrasifs routiers, la charge de matière sédimentaire dans une rue résidentielle peut être diminuée de 50% à 78% par un nettoyage fréquent (Claytor, 2000).
6. La mise en place de mesures de contrôle du transport sédimentaire et l'amélioration des pratiques agricoles dans les sous-bassins No. 20 à 27 permettraient d'améliorer la qualité générale de l'eau de la rivière du Cap Rouge et possiblement de permettre à des espèces plus sensibles, comme l'omble de fontaine, d'occuper une plus grande proportion de la rivière. La stabilisation des talus et la revégétalisation des berges permettraient de contrôler l'érosion des talus. L'installation de clôtures pour empêcher le bétail d'accéder au cours d'eau permettrait également de diminuer les charges de contaminants.

Les mesures du contrôle du transport sédimentaire énumérées ci-dessus vont également permettre de retenir une partie du phosphore et des métaux puisque la majeure partie du phosphore est associée aux matières en suspension et que certains métaux ont une grande affinité de pour les matières en suspension.

En somme, ce projet dresse un portrait général de la problématique liée au transport sédimentaire dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge qui vient compléter les informations présentées dans le portrait du bassin complété en décembre 2009 (CBRCR, 2009). D'autres travaux de suivi et un diagnostic devront être réalisés afin de préparer un plan directeur de l'eau et un plan d'action global et détaillé qui servira d'outil de planification pour les interventions à réaliser dans le bassin versant.

Références

- Andrew B. Sutherland, and Judy L. Meyer. (2007) Effects of increased suspended sediment on growth rate and gill condition of two southern Appalachian minnows. *Environmental Biology of Fishes* 80:4, 389-403 Online publication date: 22-Nov-2007.
- Argus, 1994. Plan de restauration et de mise en valeur de la rivière du Cap Rouge. Québec. Mars 1994. 91 pages + cartes.
- Armellin A. et Mousseau P. (1998) Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du secteur d'étude Valleyfield-Beauharnois. Zones d'intervention prioritaire 3 et 4. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. 216 p.
- Beaudin, I. 2008. La baie Missisquoi : véritable laboratoire à ciel ouvert. Survol des outils de diagnostic et de prédiction de la pollution diffuse. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Présentation faite dans le cadre du forum régional sur les cyanobactéries de l'Estrie (2 mai 2008). Cyanobactéries : des outils pour agir.
- Bernatchez, L. et M. Giroux. 2000. Les poissons d'eau douce du Québec. Broquet. 350 pages.
- Birgand, F. 2009. Quelles erreurs pour quelles stratégies d'échantillonnage de l'eau dans les bassins versants ? Présentation faite au Rendez-vous international sur la gestion intégrée de l'eau. Des outils pour agir. Sherbrooke, juin 2009.
- Boudreault, A. 1984. Méthodologie pour la photo-interprétation des rivières à saumon de la Côte Nord. Rapport présenté au ministère des loisirs, de la chasse et de la pêche. 26 p.
- Capiella, K., Schueler, T. et Wright, T. 2005. Urban Watershed Forestry Manual: Part 1: Methods for Increasing Forest Cover in a Watershed. Center for Watershed Protection. United States Department of Agriculture. 140 p.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1999. Approvisionnement en eau des collectivités. Dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. 1999. Winnipeg. Le Conseil. 5 pages.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2001. *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique — introduction*. mis à jour. dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. 1999. Winnipeg. le Conseil.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2004. De la source au robinet : Guide d'application de l'approche à barrières multiples pour une eau potable saine. Conseil canadien des ministres de l'environnement. Winnipeg. 274 p.
- CCME (Conseil canadiens des ministres de l'environnement). 2002. *Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique tableau sommaire*, mis à jour 2002, dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Winnipeg, le Conseil.
- CIC (Canards Illimités Canada). 2004. L'importance des milieux humides dans le développement d'une communauté viable. Mémoire soumis à la Communauté métropolitaine de Québec dans le cadre de la consultation publique sur le Projet d'énoncé de la vision stratégique du développement. M-15. Québec. 8 p.
- Claytor, R. 2000. New Developments in Street Sweeper Technology. Article 121. The Practice of Watershed Protection. 2000. In Schueler, T. and Holland, H., eds. Center for Watershed Protection. Ellicott City, MD.
- Claytor, R. 2000. New Developments in Street Sweeper Technology. Article 121. The Practice of Watershed Protection. 2000. In Schueler, T. and Holland, H., eds. Center for Watershed Protection. Ellicott City, MD.

- Conseil de bassin versant de la rivière du Cap Rouge (CBRCR). Portrait du bassin versant de la rivière du Cap Rouge. Décembre 2009.
- Cordone, A. J. and D. W. Kelley. 1961. The influences of inorganic sediment on the aquatic life of streams. Reprint from California fish and game «Conservation of wildlife through education» 47 (2) : p. 189-227.
- COSEPAC (Comité sur la situation des espèces en péril du Canada). 2009. Espèces sauvages canadiennes en péril. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Disponible via le site Internet: [http://www.cosepac.gc.ca/fra/sct0/rpt/rpt_ecep_f.cfm].
- CWP (Center for Watershed Protection). 2000a. Basic Concepts in watershed Planning. Article 28. p. 135-151. Dans Schueler, T.R. et Holland, H.K. (eds.). The Practice of Watershed Protection. Center for Watershed Protection. Ellicott City. MD.
- CWP (Center for Watershed Protection). 2000b. The Tools of Watershed Protection. Article 27. p. 123-134. Dans Schueler, T.R. et Holland, H.K. (eds.). The Practice of Watershed Protection. Center for Watershed Protection. Ellicott City. MD.
- Duda, A. et Cromartie, K. 1982. Coastal Pollution from Septic Tank Drainfields. Journal of the Environmental Engineering Division (ASCE) 108 (EE6).
- Earl Shaver, E., Horner, R., Skupien, J., May, C. and Ridley, G. 2007. Fundamentals of Urban Runoff Management: Technical and Institutional Issues. 2nd Edition. North American Lake Management Society in collaboration with the U.S. Environmental Protection Agency. Madison, WI. 327 p.
- Éco-vision, 2003. Restauration écologique du bassin versant de la rivière du Cap Rouge - Étude du bassin versant. Rapport final. Québec. Novembre 2003. 81 pages + annexes et cartes.
- Environnement Canada et Santé Canada. 2001. Liste des substances d'intérêt prioritaire : Sels de voirie. Rapport d'évaluation. Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999). Environnement Canada et Santé Canada. 188 p.
- Environnement Canada. 2009. Archives nationales d'information et de données climatologiques. Données climatiques en lignes. Site Internet visité le 26 novembre 2009 : [http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/Welcome_f.html].
- Gabor, T.S., A.K. North, L.C.M. Ross, H.R. Murkin, J.S. Anderson et M. Raven. (2004). « Natural Values – The Importance of Wetland and Upland Conservation Practice in Watershed Management: Function and Values for Water Quality and Quantity ». Rapport inédit de Canards Illimités Canada, Manitoba, 55 p.
- Gouvernement du Canada. 2009. Registre public des espèces en péril: Liste des espèces. Gouvernement du Canada. Disponible via le site Internet : [http://www.registrelep.gc.ca/species/default_f.cfm]
- Gradall, K. S. and W. A. Swenson. 1982. Responses of brook trout and creek chubs to turbidity. Transactions of the American Fisheries Society 111: p. 392-395.
- Hade, A. 2003. Nos lacs : les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides. Québec. 358 p.
- Halverson, N.V. (2004). Review of Constructed Subsurface Flow vs. Surface Flow Wetlands. Rapport soumis au U.S. Department of Energy, Westinghouse Savannah River Company, WSRC-TR-2004-00509, Aiken, Caroline du Sud, 42 p.
- Hicks, A.L. 1995. Impervious Surface Area and Benthic Macroinvertebrate Response as an Index of Impact on Freshwater Wetlands. M.S. Thesis. Department of Forestry and Wildlife Management. University of Massachusetts. Amherst. MA. Knight, R.L. 1997. Wildlife Habitat and Public Use Benefits of Treatment Wetlands. Water Science and Technology, 35 (5) : 35-43.
- INERIS, 2003. Plomb et ses dérivés inorganiques. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS – DRC-01-25590-ETSC-API/SD,

- version du 3 février 2003. Préparé par M. Bisson, C. Hulot, G. Lacroix, J.P. Lefèvre, H. Magaud, D. Oberson, Geneste et A. Morin - G. Pépin. 90 p.
- INERIS, 2005a. Cuivre et ses dérivés inorganiques. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS –DRC-02-25590-02DF54.doc, version du 1-5 février 2005. Préparé par M. Bisson, N. Houeix, G. Guay, G. Lacroix, J.P. Lefevre, H. Magaud, V. Migne, A. Morin et S. Tissot. 66 p.
- INERIS, 2005b. Zinc et ses dérivés inorganiques. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS –DRC-01-25590-00DF259.doc, version du 2 mars 2005. Préparé par M. Bisson, R. Diderich, C. Hulot, N. Houeix et G. Lacroix, J.P. Lefevre, S. Leveque, H. Magaud et A. Morin. 69 p.
- INERIS, 2006a. Nickel et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS –DRC-02-25590-02DF44.doc, version du 2 juillet 2006. Préparé par M. Bisson, N. Houeix, G. Gay, B. Jolibois, G. Lacroix, J.P. Lefevre, H. Magaud, A. Morin et S. Tissot. 71 p.
- INERIS, 2006b. Arsenic et ses dérivés inorganiques. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS –DRC-01-25590-00DF258.doc, version du 3 juillet 2006. Préparé par M. Bisson, N. Houeix, C. Hulot, G. Lacroix, J.P. Lefevre, S. Léveque, H. Magaud et A. Morin. 78 p.
- INERIS, 2007. Manganèse et ses dérivés inorganiques. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS–DRC-03-47020-00DD056.doc, version du 21 avril, 2007. Préparé par M. Bisson, J. Bureau, N. Houeix, B. Jolibois, G. Guay, J.P. Lefevre et K. Tack. 66 p.
- Jacques, D. et Hamel, C. (1982). Système de classification des terres humides du Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Direction générale de la faune.
- Lachance, S. et M. Dubé. 2004. A new tool for measuring sediment accumulation with minimal loss of fines. *North American Journal of Fisheries and Management* 24:303-310.
- Lapalme, R. 2008. Algues bleues : des solutions pratiques. Bertrand Dumont éditeur. 255 p.
- Lavoie, J.G. et J. Talbot. 1988. Stratégies de reproduction des poissons frayant en eau douce au Québec. Direction de la gestion des espèces et des habitats, 32 p. + annexes.
- MEF (1996) Qualité des eaux de la rivière des Outaouais, 1979-1994, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq no EN960114, 12 p.
- Lenntech. 2009. Titanium – Ti. Lenntech, Water Treatment Solution. Site Internet visité le 26 janvier 2009: [<http://www.lenntech.com/periodic/elements/ti.htm>].
- Lisle, T. E. 1989. Sediment Transport and Resulting Deposition in Spawning Gravels, North Coastal California. *Water Resources Research* 25 (6) : p. 1303-1319.
- Maxted, J. et Shaver, E. 1999. The Use of Retention Basins to Mitigate Stormwater Impacts to Aquatic Life. National Conference on Retrofit Opportunities for Water Resource Protection in Urban Environments. Proceedings. Chicago. IL. February 9-12. 1998. U.S. Environmental Protection Agency. EPA/625/R-99/002. p. 6-15.)
- McCormack, R., 1983. Étude hydrogéologique – Rive Nord du Saint-Laurent. Services des eaux souterraines. Direction générale des inventaires et de la recherche. Ministère de l'environnement. Gouvernement du Québec. 412 p. + cartes.
- McNeely, R.N., V.P. Neimanis and L. Dwyer, 1980. Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux. Ottawa. 137 p.
- MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs). 2008. Critères de qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Gouvernement du Québec.

- Meybeck, M., L. Laroche, H.H. Dürr, J.P.M. Syvitski 2003. Global variability of daily total suspended solids and their fluxes in rivers. *Global and Planetary Change*, Volume 39, Issue 1-2. p. 65-93.
- Moatar, F., M. Meybeck, S. Raymond, A. Coyne, W. Ludwig, V. Mano, J. Néméry, A. Poiré, H. Etcheber, Ph. Crouzet 2007. Évaluation des flux de MES à partir des suivis discrets : Méthodes de calcul et incertitudes. SHF : « Transports solides et gestion des sédiments en milieu naturels et urbains », Lyon, 28-29 novembre 2007, 8 p.
- MRNF (Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune). 2009. Liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune. Gouvernement du Québec. Disponible via le site Internet : [<http://www3.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>].
- OLF (Office québécois de la langue française). 2010. Le grand dictionnaire terminologique. Gouvernement du Québec. Accessible via : [<http://www.olf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>].
- Olsen, T. 2009. L'identification des sources de sédiments à l'aide de l'analyse spatio-temporelle de sédiagrammes de crue. Université du Québec à Rimouski. Présentation faite au Rendez-vous international sur la gestion intégrée de l'eau. Des outils pour agir. Sherbrooke, juin 2009.
- Oregon Environment Council (OEC). (2007). Stormwater Solutions: Turning Oregon's Rain Back into a Resource, www.oeonline.org, Portland, Oregon, 68 p.
- Parent, S. 1990. Dictionnaire des sciences de l'environnement. Broquet. Ottawa. 748 p.
- Pitt, R., Bannerman, R. and Sutherland, R. 2004. The Role of Street Cleaning in Stormwater Management. Water World and Environmental Resources Conference 2004. Environmental and Water Resource Institute of the American Society of Civil Engineers. Salt Lake City. Utah. May 27-June 1, 2004.
- Rickwood, P.C., 1983. Crustal abundance, distribution, and crystal chemistry of the elements; in Govett, G.J.S., Handbook of Exploration Geochemistry, Vol. 3, Rock Geochemistry in Mineral Exploration: Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, pp. 347-387.
- Root, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecology* 37: 317-350.
- Santé Canada. 1978. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le magnésium. Gouvernement du Canada. Accessible via : [<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/magnesium/index-fra.php>].
- Santé Canada. 1978b. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le fer. Gouvernement du Canada. Accessible via : [<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/iron-fer/index-fra.php>].
- Santé Canada. 1987. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le zinc. Gouvernement du Canada. Accessible via : [<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/zinc/index-fra.php>].
- Santé Canada. 1992. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le cuivre. Gouvernement du Canada. Accessible via : [<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/copper-cuivre/index-fra.php>].
- Santé Canada. 1998. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : L'aluminium. Gouvernement du Canada. Accessible via : [<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/aluminum/index-fra.php>].
- Schofield, K. A., C. M. Pringle and J. L. Meyer. 2004. Effects of increased bedload on algal- and detrital-based stream food webs: Experimental manipulation of sediment and macroconsumers. *Limnology and Oceanography* 49 (4) : p. 900-909.
- Scholz, M. (2006). Wetland Systems to Control Urban Runoff. Elsevier, Royaume-Uni, 360 p.

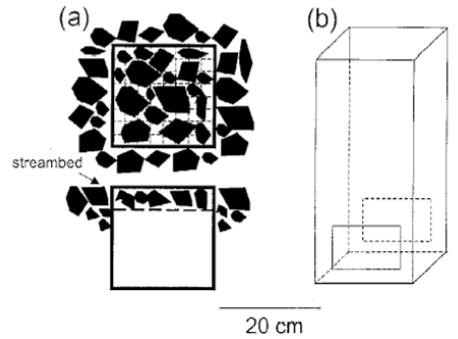
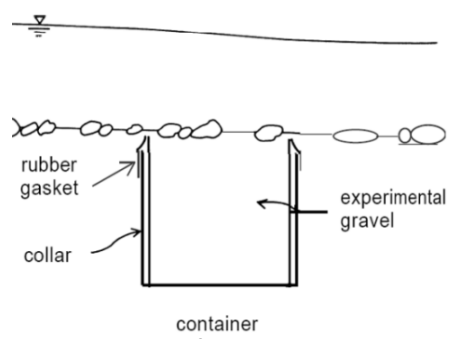
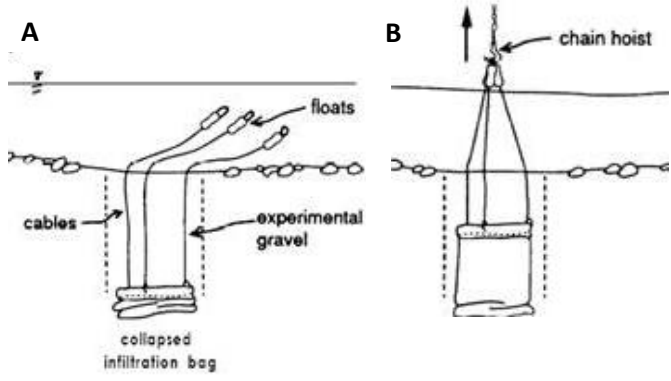
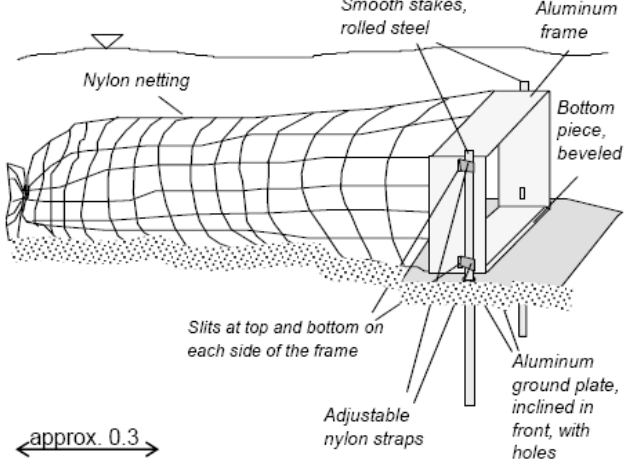
- Schueler, T.R. 2000. The Importance of Imperviousness. Article 1. p.1-12. Dans Schueler, T.R. et Holland, H.K. (eds.). The Practice of Watershed Protection. Center for Watershed Protection. Ellicott City. MD.
- Schultz, D. et Kongara, S. 2008. You're in an Intake Protection Zone. Lake Erie Source Protection Region. Grand River Conservation Authority and City of Bratford. 4 p. Disponible via [http://www.sourcewater.ca/swp_watersheds_grand/factsheet_brantford.pdf].
- Scott W. B. et E. J. Crossman. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Ministère de l'Environnement. Ottawa. 1026 p.
- Sérodes, J.B. et A. Taillon. (2003). Traitement des eaux de ruissellement des autoroutes par marais épurateurs construits. Rapport final soumis au Service de l'environnement et des études d'intégration du milieu du MTQ, no 652, Québec, Québec, 68 p. et annexes.
- Sérodes, J.B., A. Taillon et J.P. Beaumont. (2003). « Des marais épurateurs construits (MEC) pour traiter les eaux de ruissellement des autoroutes : une expérience québécoise ». Innovation transport, bulletin scientifique et technologique du MTQ, 18, 18-24.
- Sutherland, A. B., and J. L. Meyer. (2007) Effects of increased suspended sediment on growth rate and gill condition of two southern Appalachian minnows. Environmental Biology of Fishes 80 (4): p. 389-403.
- Sutherland, R. 1995. Methodology for Estimating the Effective Impervious Area of Urban Watershed. Dans Schueler, T.R. et Holland, H.K. (eds.). The Practice of Watershed Protection. Center for Watershed Protection. Ellicott City. MD.
- Taylor, B.L. 1993. The Influence of Wetland and Watershed Morphological Characteristics and Relationships to Wetland Vegetation Communities. Master's Thesis. Dept. Of Civil Engineering University of Washington. Seattle. WA.
- Thibault, S., Boulé, V., Taillon, A. et Coulombe, M.-L. (2009) Les milieux humides : Un outil de gestion des eaux de ruissellement urbaines et agricoles. VECTEUR environnement. p. 32 37.
- UNEP/WHO 1996. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. Chapter 13 – Sediment measurements prepared by E. Ongley. Edited by Jamie Bartram and Richard Ballance. Published on behalf of United Nations Environment Programme and the World Health Organization. © 1996 UNEP/WHO, ISBN 0 419 22320 7 (Hbk) 0 419 21730 4 (Pbk).
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (1995). Economic Benefits Of Runoff Controls. Office of Wetlands, Oceans and Watersheds (4503F), EPA 841-S-95-002, www.epa.gov/nps/runoff.html.
- Ville de Saint-Augustin-de-Desmaures. 2009. Liste des occupants du parc industriel François-Leclerc. Ville de Saint-Augustin-de-Desmaures. 6 p.
- Walker, T.A. et Wong, T.H.F. 1999. Effectiveness of Street Sweeping for Stormwater Pollution Control. Technical Report 99/8. Cooperative Center Research for Catchment Hydrology. 43 p.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press. London. 1005 pages.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press. London. 1005 pages.

Annexe 5.1

**Exemples de dispositifs et de méthodes de mesure
du transport sédimentaire identifiés lors
de la revue de littérature**

Annexe 5.1 Exemples de dispositifs et de méthodes de mesure du transport sédimentaire identifiés lors de la revue de littérature

Dispositifs permettant d'évaluer le taux de déposition de sédiments et le transport par charriage

	
Dispositif de Bond (2002) pour mesurer la quantité de matières fines transportées par charriage	Contenant rigide sans perforations pour mesurer la quantité de sédiments fins transportés par charriage (Lisle et Eads, 1991)
	
Sac d'échantillonnage utilisé pour mesurer la quantité de sédiments fins (Prévost et al., 2002)	Échantillonneur de sédiments à filet (Bunte et al., 2002)

Méthodes permettant d'évaluer les concentrations de matières en suspension et la turbidité dans l'eau

 Turbidimètre (mesure la dispersion de la lumière par les particules en suspension)	 Filtration d'un échantillon d'eau sur un filtre pré-pesé et évaluation de la masse de matière en suspension par soustraction
---	---

RÉFÉRENCES

Bond, N.R., 2002. A simple device for estimating rates of fine sediment transport along the bed of shallow streams. *Hydrobiologia* 468: 155-161.

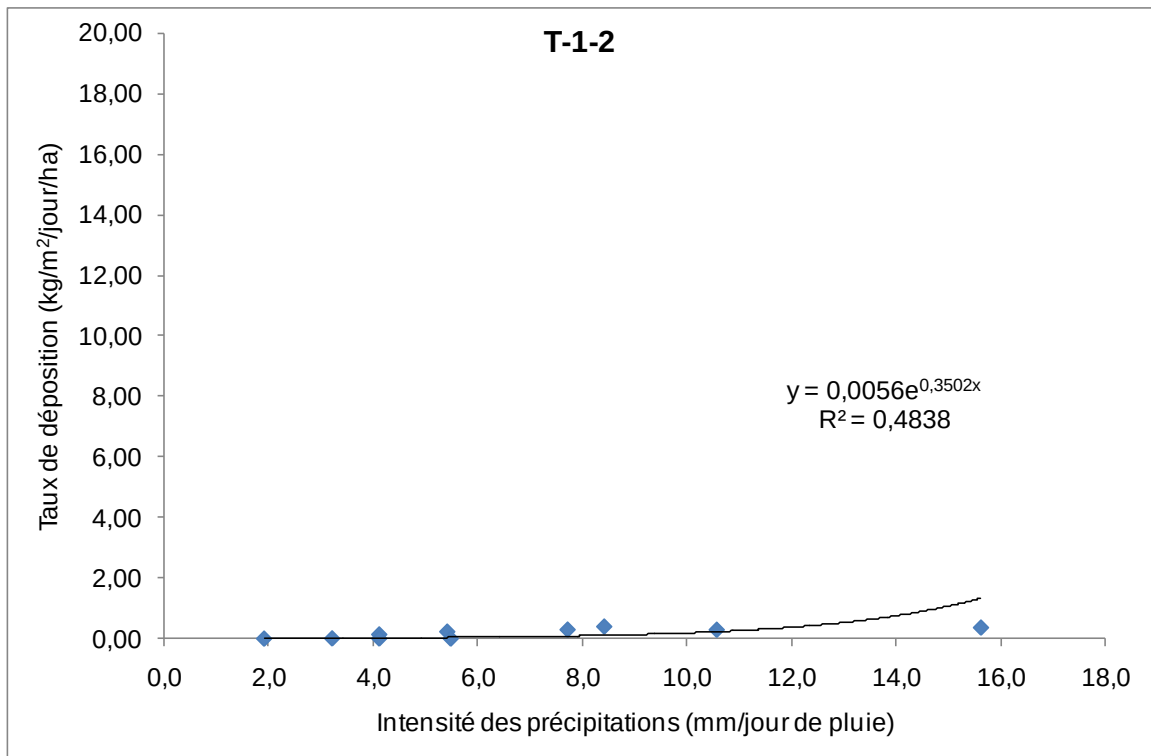
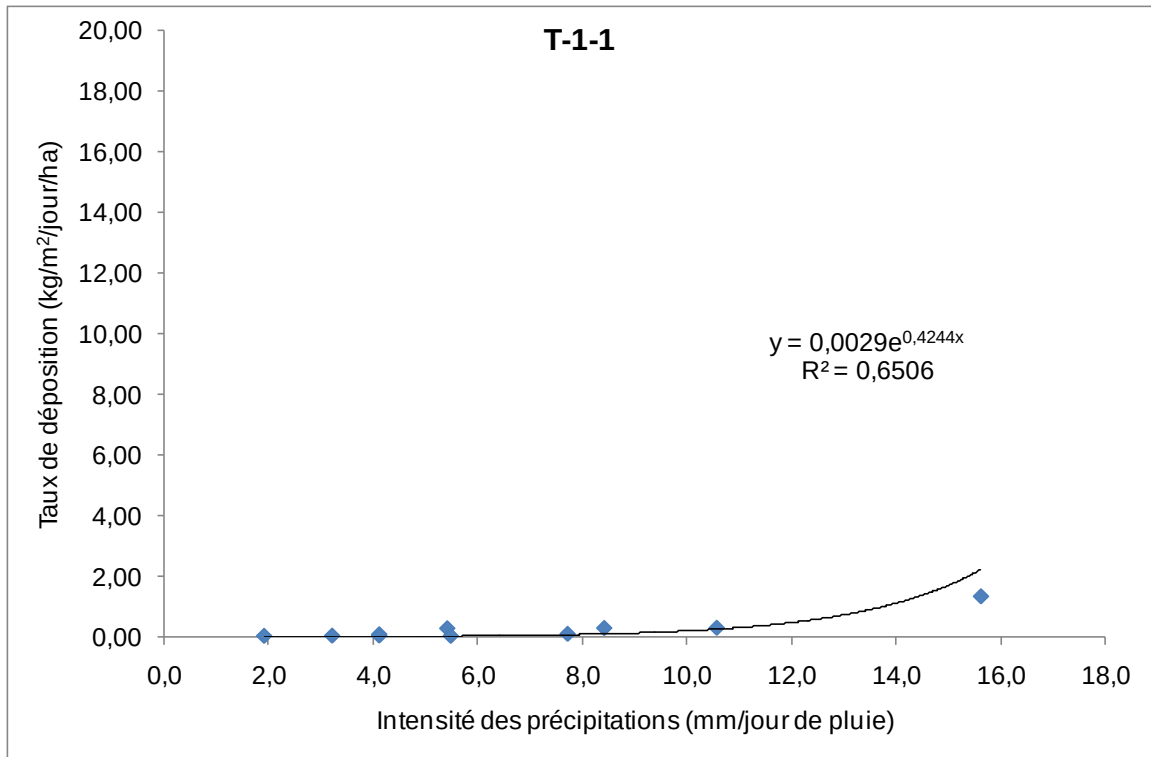
Bunte, K., J.P. Potyondy et S.R. Abt. 2002. Development of an improved bedload trap for sampling gravel and cobble bedload in coarse mountain streams. *Geodinamica Acta*. 21: 43-66.

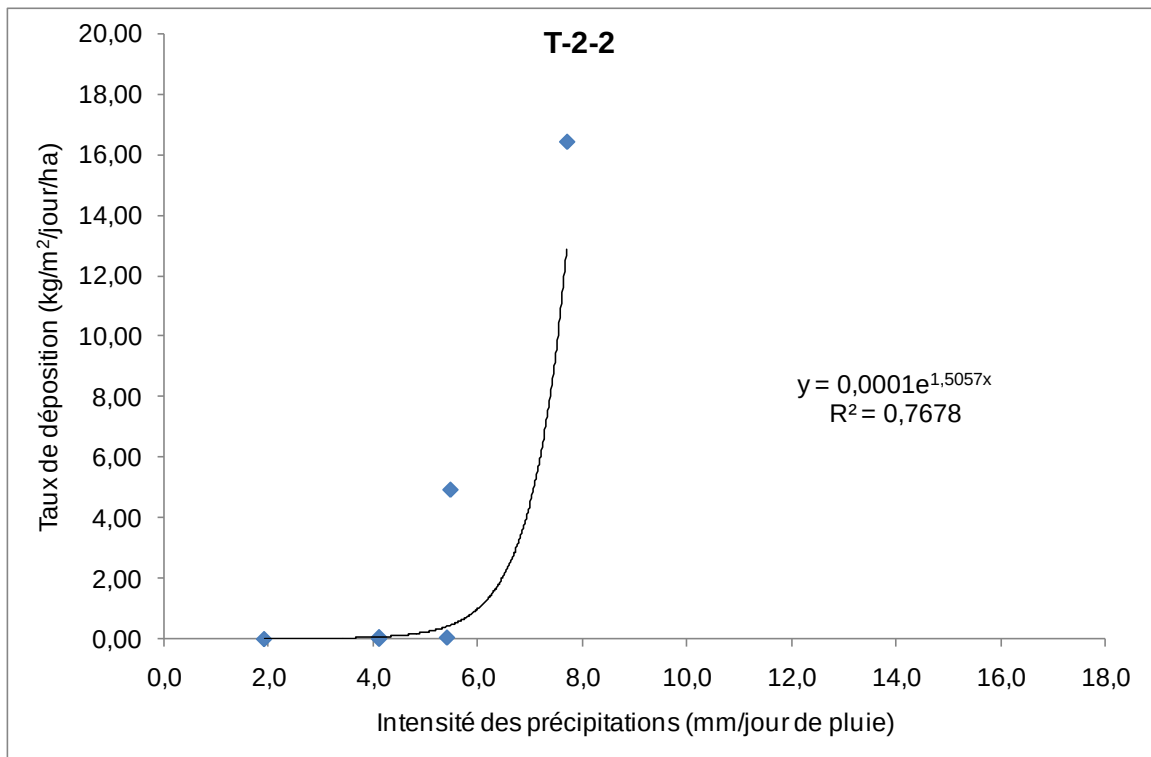
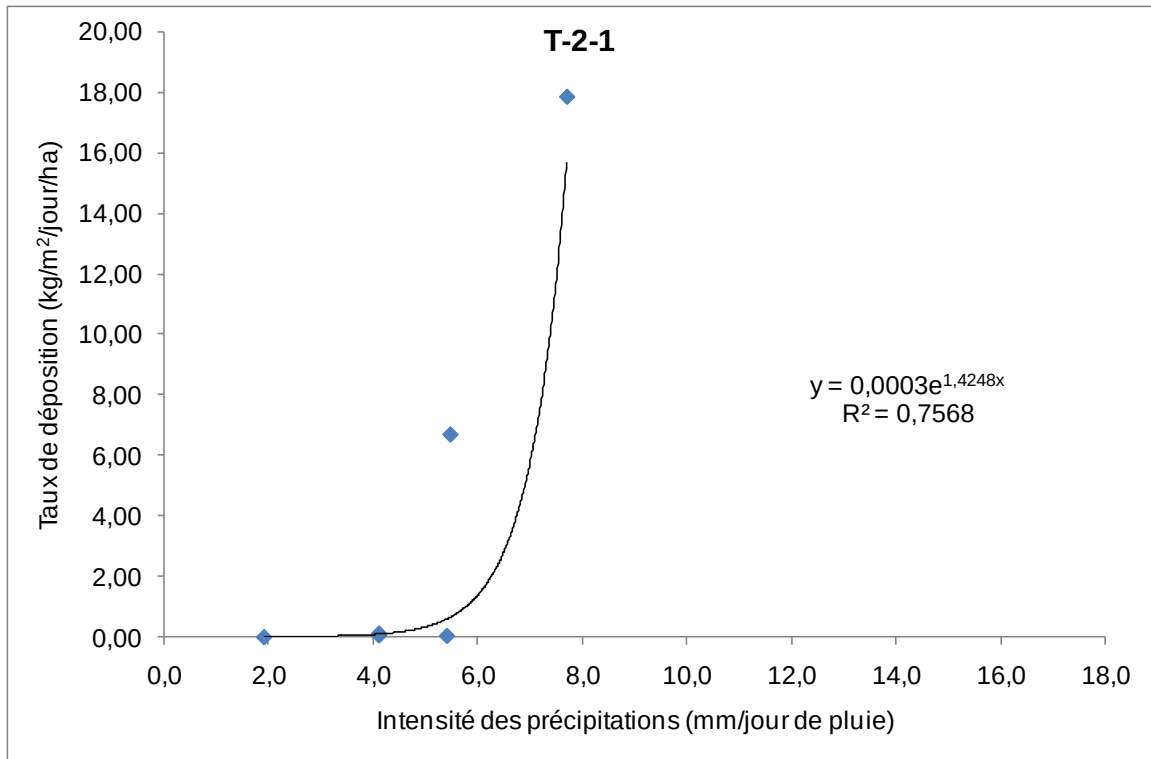
Lisle, T. E. et R.E. Eads. 1991. Methods to measure sedimentation of spawning gravels. Note PSW-411, U.S. Department of Agriculture, Berkeley, CA. 7 p.

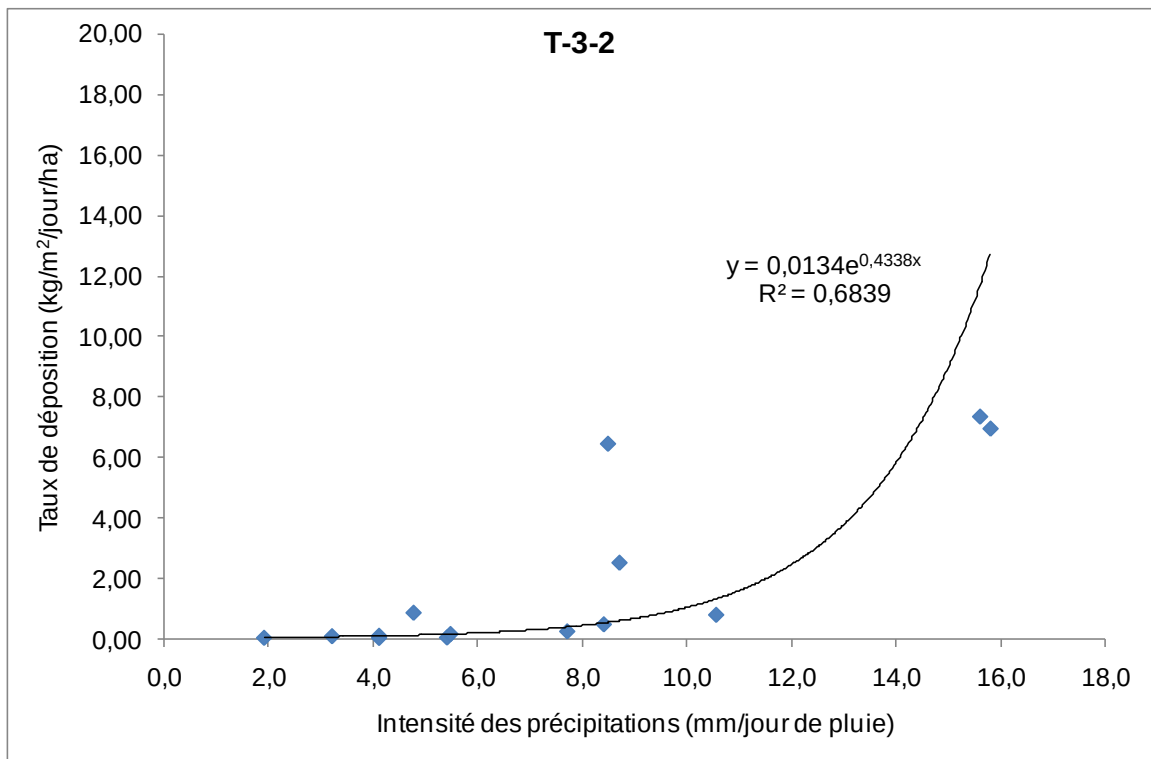
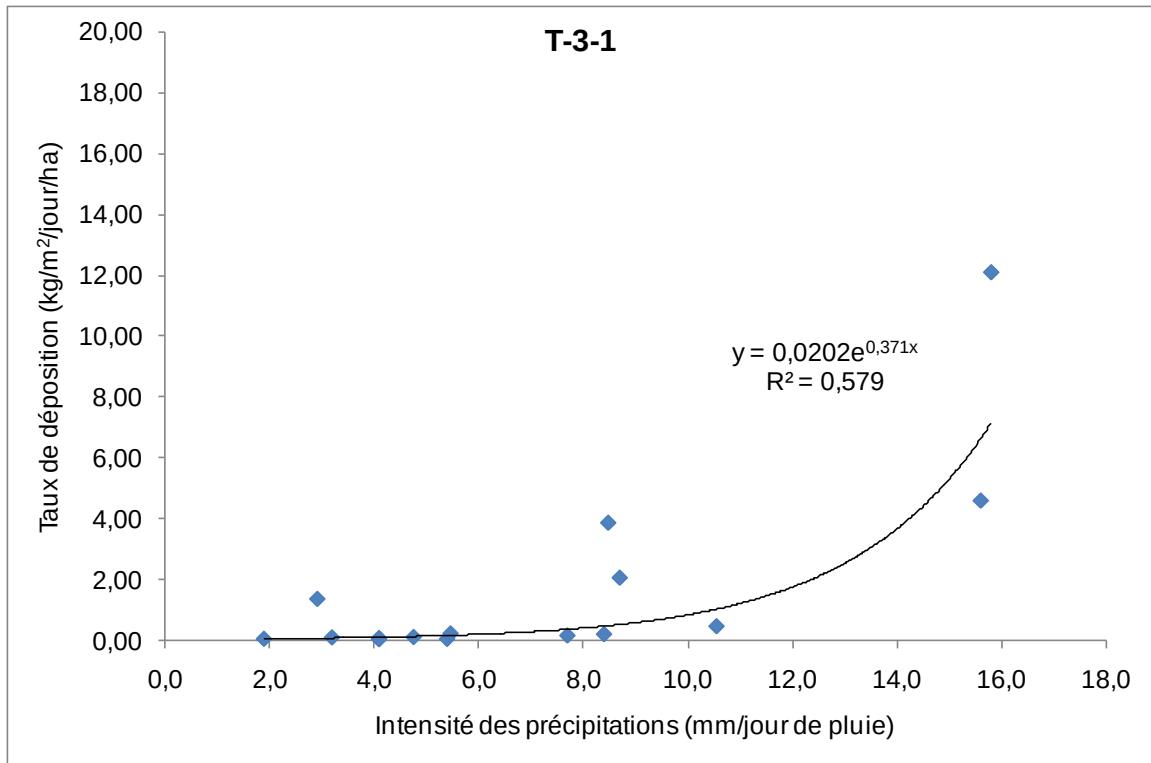
Prévost, L., A.P. Plamondon et D. Lévesque. 2002. Méthodologie pour évaluer l'effet de l'installation d'un ponceau sur le substrat des frayères de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Université Laval, Faculté de foresterie et de géomatique et Centre de recherche en biologie forestière pour le ministère des Ressources naturelles, la Société de la faune et des parcs et la Fondation de la faune du Québec. 36 p.

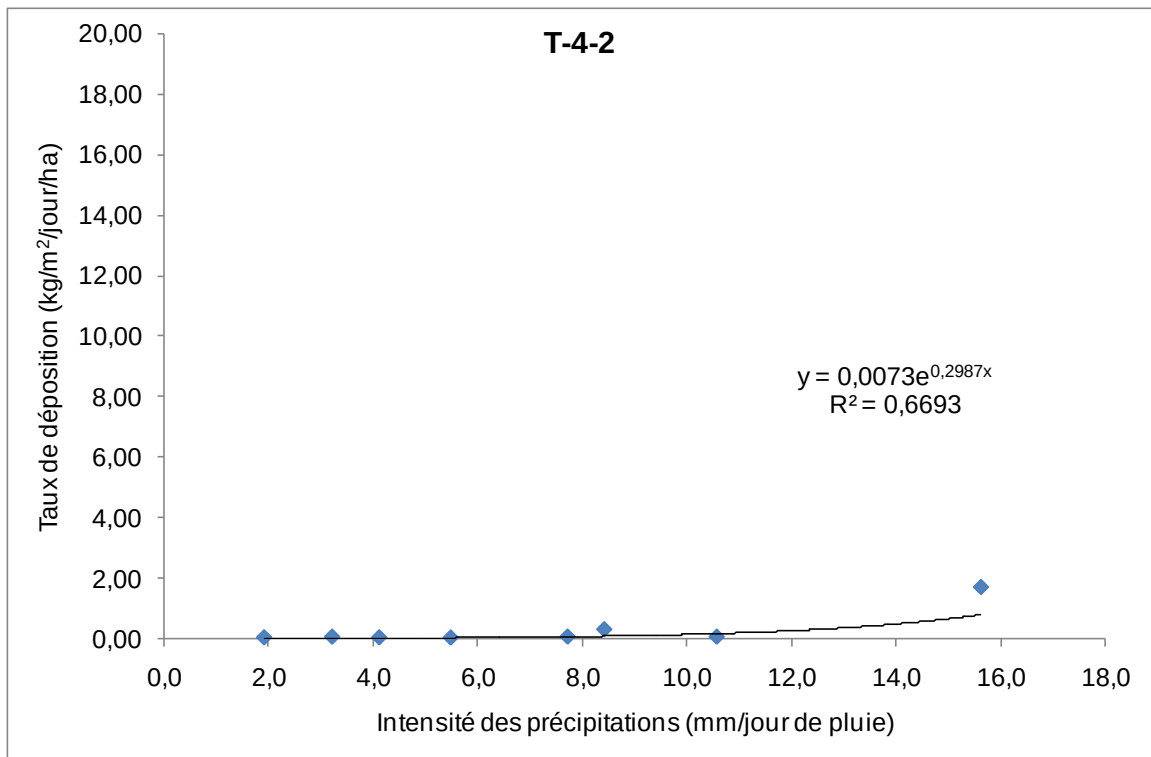
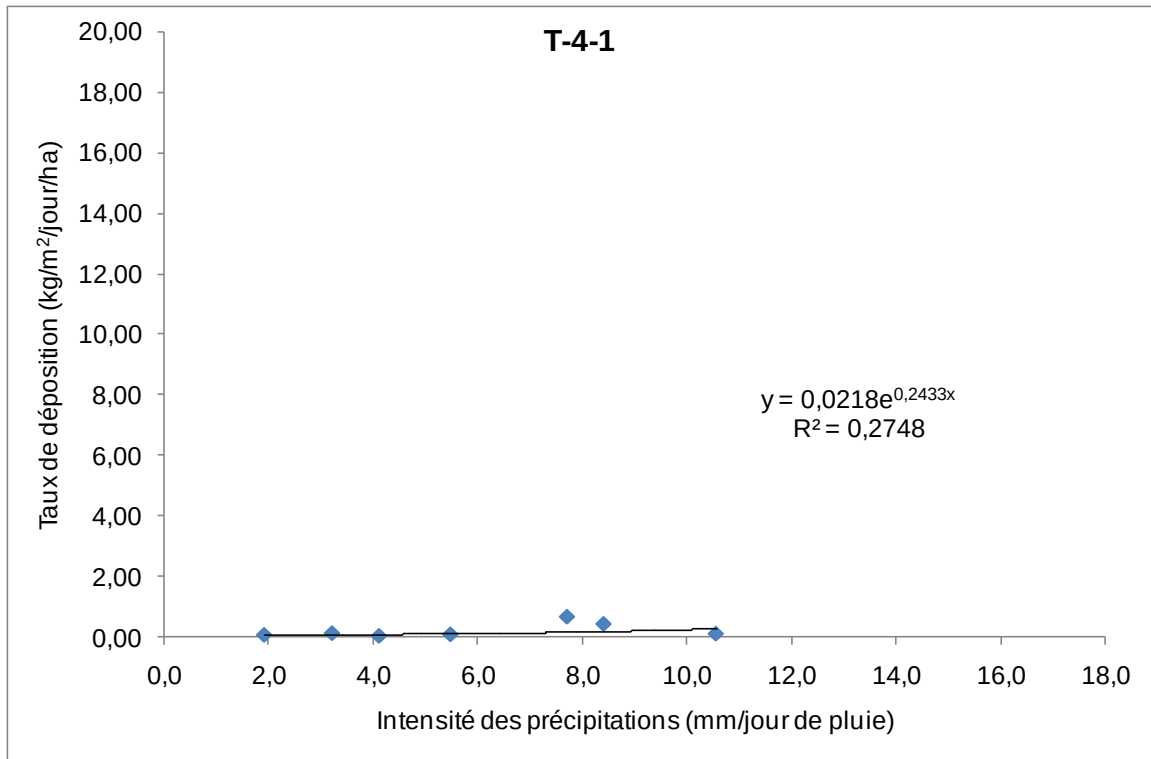
Annexe 5.2

Relations entre les taux de déposition (kg de masse sèche/m² de substrat/jour/ha de bassin versant) en fonction de l'intensité de précipitation (mm/jour de pluie)









Annexe 5.3

Données brutes récoltées à l'aide des trappes à sédiments

en % de volume des sédiments de moins de 1000µm

en % de volume des sédiments de moins de 1000µm

Documents qui présentent des explications Documents qui résument des explications, sans présenter (pour commencer) Documents qui ne présentent pas des explications	100%
---	--

