

ANALYSE CRITIQUE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX DU DRAINAGE
DES CHEMINS FORESTIERS DANS LA MRC DU GRANIT EN LIEN AVEC LA GESTION DE L'EAU

Par
Catherine Mercier

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de
maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Madame Chantal d'Auteuil

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

mai 2015

SOMMAIRE

Mots-clés : Drainage, chemin forestier, fossé, voirie forestière, cours d'eau, ruissellement, municipalité régionale de comté du Granit, érosion, sédimentation

L'objectif de cet essai est d'analyser et d'évaluer les impacts environnementaux, économiques et sociaux potentiels liés au drainage des chemins forestiers dans la municipalité régionale de comté du Granit en lien avec la gestion de l'eau sur le territoire. Le but ultime étant de proposer des pistes de solutions afin de minimiser les impacts dus au drainage des chemins forestiers dans la région. Compte tenu de l'ampleur du réseau routier forestier dans la municipalité régionale de comté, le drainage crée un apport supplémentaire d'eau vers les fossés et ultimement aux cours d'eau naturels. L'augmentation des débits d'eau dans les bassins versants des rivières Chaudière et Saint-François peut causer des dommages importants dont les conséquences sont nombreuses. Pour en nommer quelques-unes, sur le plan environnemental, l'érosion et les sédimentations générées par l'augmentation des débits d'eau affectent la qualité de l'eau et l'intégrité écologique des milieux aquatiques. Le phénomène contribue à la prolifération des algues et à l'eutrophisation prématurée de certains plans d'eau. Économiquement, cette eutrophisation rapide a des impacts directs et indirects pour les citoyens et l'augmentation des risques d'inondation entraîne des coûts non négligeables pour les municipalités qui doivent assurer la sécurité publique. Au niveau social, la qualité de vie de la population est intimement liée à la qualité de l'eau du territoire. Dans cet essai, trois cas d'aménagement de chemins forestiers sont analysés pour démontrer leurs impacts potentiels : un cas typique d'aménagement, un cas problématique majeur et un cas de bonnes pratiques. À la lumière des résultats obtenus dans l'analyse de ces cas, il est clair que la pente et la superficie du sous-bassin versant drainé ont une influence majeure sur les débits de pointe et conséquemment sur le volume total d'eau ruisselée dans un bassin versant donné. Pour contrer ou minimiser les effets négatifs du drainage des chemins forestiers, des mesures d'atténuation des impacts peuvent être adoptées. Ces mesures envisagées au cas par cas en vue de l'aménagement durable du drainage des chemins forestiers doivent être favorables pour l'environnement, abordable financièrement et acceptable socialement. Un plan d'action est proposé à l'intention de la municipalité régionale de comté du Granit. Ce plan recommande de règlementer l'entretien des chemins forestiers, de sensibiliser les parties prenantes concernées par l'aménagement forestier sur le territoire et de cibler les chemins problématiques. De plus, une grille d'évaluation rapide des impacts potentiels du drainage des chemins forestiers et de l'urgence d'agir est conçue afin d'effectuer l'analyse des problématiques rencontrées sur le territoire. L'aménagement routier forestier pourrait éventuellement faire l'objet

d'une planification stratégique qui viserait principalement à protéger le système hydrographique et son écologie, maintenir les habitats fauniques et floristiques, accroître la qualité de vie dans le milieu rural et communautaire puis protéger les citoyens et leurs biens. Finalement, le drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit est un sujet sur lequel il faudra s'attarder encore dans le futur afin de préserver l'intégrité du milieu aquatique de la région et bénéficier encore longtemps des biens et services qu'il procure.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé et encouragé au cours de mes études et tout particulièrement durant mes années de maîtrise en environnement. Cette étape finale de ma vie scolaire se traduit par un grand moment de joie, mais également par un certain pincement au cœur. Mes années d'études à l'Université de Sherbrooke m'ont procuré énormément de bonheur et de satisfaction personnelle.

Merci à mon conjoint Jean-Guy Norris pour son soutien, ses encouragements et sa patience lors de mes éternels discours sur les différents sujets environnementaux qui me passionnent. Il n'aura jamais autant entendu parler de voirie forestière qu'en cette année 2015...

Merci à Madame Chantal d'Auteuil, directrice de l'Association des biologistes du Québec (ABQ) et professeur au Centre Universitaire de formation en environnement et développement durable (CUFE) de l'Université de Sherbrooke, pour avoir accepté d'être ma directrice d'essai, pour tous ses conseils judicieux et ses précieux commentaires.

Merci à Monsieur Rémi Morin, directeur du service de l'Environnement à la Municipalité régionale de Comté du Granit pour m'avoir inspiré dans ce projet d'essai.

Merci à tout le personnel de la Municipalité régionale de Comté du Granit de m'avoir accueilli comme stagiaire à l'été 2014. Ce fut une expérience très enrichissante, formatrice et agréable.

Merci au personnel du CUFE et de l'Université de Sherbrooke pour leur enseignement de qualité.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1 MISE EN CONTEXTE.....	4
1.1 Responsabilité de la MRC	4
1.2 Description du territoire forestier de la MRC.....	7
1.3 Problématique du drainage des chemins forestiers.....	8
1.4 Contexte socio-économique et environnemental de la MRC	12
1.5 Impacts environnementaux.....	18
1.6 Impacts économiques.....	20
1.7 Impacts sociaux	22
2 MESURES DE CONTRÔLE ET D’ATTÉNUATION DES IMPACTS	24
2.1 Cadre législatif	24
2.2 Revue des différents types de mesures de contrôle	29
3 MÉTHODOLOGIE	36
3.1 Choix des cas analysés en fonction des bassins versants drainés	36
3.2 Quantification du ruissellement	37
3.3 Méthodologie d’évaluation des volumes d’eau générés par le drainage des chemins forestiers étudiés	42
3.4 Méthodologie de l’analyse comparative qualitative	43
4 ANALYSES DE CAS ET RÉSULTATS.....	45
4.1 Cas typique d’aménagement de chemins forestiers	45
4.2 Cas problématique d’aménagement de chemin forestier	47
4.3 Cas de bonnes pratiques d’aménagement de chemins forestiers	48
4.4 Comparaison des temps de concentration et des volumes d’eau	50
4.5 Analyse comparative qualitative des impacts environnementaux, économiques et sociaux du drainage des chemins forestiers étudiés.....	52
4.6 Estimation du volume d’eau total qui rejoint les réseaux hydrographiques de la MRC.....	56
5 SOLUTIONS ENVISAGÉES ET RECOMMANDATIONS.....	61
5.1 Recommandations pour le cas typiquement rencontré sur le territoire du Granit	61
5.2 Recommandations pour le cas problématique majeur rencontré sur le territoire du Granit.....	63
5.3 Recommandations pour le cas de bonnes pratiques rencontré sur le territoire du Granit.....	64

5.4 Plan d'action pour l'ensemble des chemins forestiers de la MRC du Granit	65
5.5 Grille d'évaluation comme outil de terrain	67
5.6 Démarche proposée pour d'autres municipalités du Québec	70
CONCLUSION.....	71
RÉFÉRENCES.....	75
BIBLIOGRAPHIE	81
ANNEXE 1 Répartition de la population de la MRC du Granit	84
ANNEXE 2 Données sur les précipitations de la station météorologique de Lac-Mégantic	85
ANNEXE 3 Données sur les précipitations de la station météorologique de Woburn	86
ANNEXE 4 Données sur les précipitations de la station météorologique de Lingwick.....	87
ANNEXE 5 Données du centre d'expertise hydrique du Québec.....	88
ANNEXE 6 Données du centre d'expertise hydrique du Québec.....	89
ANNEXE 7 Données du centre d'expertise hydrique du Québec.....	90
ANNEXE 8 Données du centre d'expertise hydrique du Québec.....	93

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1 Distinction entre un cours d'eau et un fossé	5
Figure 1.2 Carte de la progression du projet de caractérisation en 2014	7
Figure 1.3 Chemins forestiers de la MRC du Granit.....	11
Figure 1.4 Position géographique de la MRC du Granit.....	12
Figure 1.5 Municipalités de la MRC du Granit	13
Figure 1.6 Nature du territoire de la MRC du Granit	16
Figure 1.7 Bassins versants de la MRC du Granit.....	18
Figure 2.1 Cas de bonnes et de mauvaises pratiques.....	30
Figure 2.2 Détournement des eaux de fossés et évacuation des eaux de ruissellement de la chaussée.	31
Figure 2.3 Construction d'une traverse de ponceau.....	32
Figure 2.4 Installation adéquate de ponceau	33
Figure 3.1 Position des chemins forestiers	37
Figure 3.2 Exemple de pluie de Chicago d'une durée de 3 heures pour une période de retour de 1 dans 5 ans.....	40
Figure 3.3 Image radar météorologique de la station Mc Gill de la distribution et l'intensité d'une pluie dans le sud du Québec le 2 août 2005 à 18 heures.....	41
Figure 4.1 Cas typiquement rencontré	46
Figure 4.2 Cas majeur.....	47
Figure 4.3 Cas de bonnes pratiques.....	49
Figure 4.4 Évolution de l'érosion dans un fossé entretenu avec la méthode traditionnelle entre mai 2005 et novembre 2006.....	54
Figure 4.5 Sédimentation d'un cours d'eau.....	59
Figure 4.6 Envasement d'érablière	59
Figure 4.7 Érosion des berges d'un cours d'eau	60
Figure 4.8 Chemin forestier dans la bande riveraine.....	60
Figure 5.1 Dérivation vers la végétation des eaux des fossés à 20 mètres du cours d'eau.....	62
Figure 5.2 Dérivation vers la végétation des eaux des fossés pour le cas typiquement rencontré	62
Figure 5.3 Installation adéquate de seuils de rétention	63
Figure 5.4 Enrochement complet du lit d'un fossé.....	64

Tableau 1.1 Nature du territoire	11
Tableau 1.2 Nombre d'établissements et emplois directs reliés à la transformation primaire du bois dans la MRC du Granit	15
Tableau 1.3 Nombre d'établissements et emplois directs reliés à la transformation secondaire du bois dans la MRC du Granit	15
Tableau 1.4 Nombre d'exploitations acéricoles selon le nombre d'entailles dans la MRC du Granit	15
Tableau 2.1 Caractéristiques des frayères	33
Tableau 4.1 Variables utilisées pour évaluer les débits générés par le cas typiquement rencontré et résultats obtenus	46
Tableau 4.2 Variables utilisées pour évaluer les débits générés par le cas problématique et résultats obtenus	48
Tableau 4.3 Variables utilisées pour évaluer les débits générés par le cas de bonnes pratiques et résultats obtenus	50
Tableau 4.4 Temps de concentration calculé à partir de l'équation Bransby-Williams	50
Tableau 4.5 Comparaison du volume total pour une pluie de 6 heures	51
Tableau 4.6 Grille d'analyse comparative des impacts.....	53
Tableau 5.1 Plan d'action suggéré	66
Tableau 5.2 Grille d'évaluation de la gravité des impacts potentiels du drainage des chemins forestiers et de la priorité d'intervention	68
Tableau 5.3 Grille d'évaluation des cas étudiés.....	70

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

AFC	Aménagement forestier coopératif
COBARIC	Comité de bassin de la rivière Chaudière
COGESAF	Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François
CPRS	Coupe avec protection de la régénération des sols
CRÉ	Conférence régionale des élus
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
LAU	<i>Loi sur l'aménagement et l'urbanisme</i>
LCM	<i>Loi sur les compétences municipales</i>
LQE	<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i>
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la lutte aux changements climatiques
MES	Matière en suspension
MFFP	Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs
MRC	Municipalité régionale de Comté
MRN	Ministère des Ressources naturelles
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
MRNFP	Ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Forêt
MTQ	Ministère des Transports du Québec
OBV	Organisme de bassin versant
PAIF	Plan annuel d'intervention forestière
PDE	Plan directeur de l'eau
PPRLPI	<i>Politique sur la protection des rives, du littoral et des plaines inondables</i>
RADF	<i>Règlement sur l'aménagement durable du territoire forestier</i>
RAPPEL	Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs et des cours d'eau
RCI	<i>Règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2008-14</i>
RNI	<i>Règlement sur les normes d'interventions dans les forêts du domaine de l'État</i>

SAD Schéma d'aménagement et de développement
VTT Véhicule tout terrain

INTRODUCTION

En 2006, la *Loi sur les compétences municipales* (LCM) confère aux municipalités et aux municipalités régionales de comté (MRC) la compétence exclusive des cours d'eau sur leur territoire. Afin de bien remplir son mandat, la MRC du Granit a par la suite entrepris un vaste projet de caractérisation des cours d'eau et des plans d'eau de sa région. Cette caractérisation a permis de mieux connaître l'hydrographie du territoire et de soulever les problématiques qui lui sont propres. Le drainage des chemins forestiers s'est avéré l'une des problématiques rencontrées en ce qui a trait à la gestion de l'eau. Ce drainage crée un apport supplémentaire d'eau vers les fossés privés et publics et ultimement aux cours d'eau naturels. Ces apports supplémentaires ont des impacts environnementaux, mais également économiques et sociaux.

Dans ce contexte, il importe d'analyser en profondeur les impacts réels du drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit. La démarche est pertinente compte tenu du fait que la MRC du Granit compte sur son territoire des milliers de kilomètres de chemins forestiers publics et privés. Leurs impacts sont nécessairement non négligeables sur la gestion de l'eau. La présente analyse critique est basée sur l'étude de trois cas distincts rencontrés sur le territoire soit un cas typique fréquemment rencontré, un cas ayant causé des impacts majeurs et un cas de bonnes pratiques en matière de drainage.

L'objectif général de cet essai est d'analyser et d'évaluer les impacts environnementaux, économiques et sociaux liés au drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit en lien avec la gestion de l'eau sur le territoire. Le but ultime de l'essai est de proposer des pistes de solutions afin de minimiser les impacts dus au drainage des chemins forestiers sur le territoire de la MRC du Granit ainsi que sur d'autres territoires du Québec qui connaissent les mêmes problématiques.

Le premier objectif spécifique consiste à estimer l'apport d'eau au réseau hydrique par les chemins forestiers pour l'ensemble de la MRC. Cette estimation s'appuiera sur l'analyse des trois cas identifiés en tenant compte de la superficie du bassin versant drainé par leurs fossés et de la quantité de ruissellement spécifique à chacun.

Le second objectif vise à effectuer une analyse comparative des impacts des trois cas étudiés. La pente des fossés est également considérée pour évaluer la force érosive du volume d'eau puisque plus la pente

est abrupte, plus les risques d'érosion sont importants (Monast Robineau, 2007). À chaque précipitation, les sédiments sont transportés par le cours d'eau toujours plus en aval ce qui crée des dommages environnementaux et des problèmes de voisinage.

Le troisième objectif spécifique consiste à proposer des recommandations d'actions pour la MRC du Granit afin de mieux contrôler l'augmentation des quantités d'eau drainées et de réduire les impacts environnementaux, sociaux et économiques. Comme dernier objectif spécifique, des recommandations générales seront formulées pour les MRC qui connaissent des problèmes semblables à ceux de la MRC du Granit concernant la gestion des eaux de ruissellement en zone forestière.

La méthodologie utilisée afin d'atteindre ces objectifs se divise en deux volets distincts : revue de littérature et analyse comparative des trois cas à l'étude à l'aide de critères qualitatifs.

Pour le premier volet, il s'agit de recueillir l'information littéraire sur les saines pratiques en voirie forestières et les impacts des mauvaises pratiques. À ce jour, les connaissances sur le drainage des chemins et des routes concernent principalement les chemins forestiers du domaine de l'état et les routes publics. Toutefois, celles-ci peuvent fort bien s'appliquer aux chemins forestiers d'ordre privés.

En second lieu, cette information théorique recueillie permettra d'évaluer pour chacun des cas analysés, leurs impacts environnementaux, économiques et sociaux grâce à une grille comparative du développement durable et de critères judicieusement choisis. Cette grille est un outil qui permet d'évaluer les impacts du drainage d'un chemin forestier sur le développement durable. Il est question de quantifier pour chacun des cas les apports d'eau supplémentaire au réseau hydrique naturel, et ce, en fonction de leur bassin versant et du volume de ruissellement. Ces informations permettent d'évaluer le potentiel érosif de ces apports supplémentaires et les impacts qui en découlent.

Afin de valider la qualité des sources utilisées, des critères ont été retenus soit, la fiabilité des sources, la réputation de l'auteur, la qualité du contenu en fonction de son objectivité, son exactitude et son actualité puis sa pertinence. En ce qui concerne la fiabilité des sources, les organismes voués au service public et les entreprises reconnues s'avèrent les plus fiables. La réputation de l'auteur quant à elle est jugée selon l'expertise de celui-ci et l'abondance de documents crédibles dans lesquels il est cité. Enfin,

la pertinence des sources relève du contenu et du niveau d'information véhiculé. Ainsi, la majorité des sources sélectionnées provient d'organismes publics gouvernementaux ou paragouvernementaux.

Cet essai se divise en cinq chapitres. Le premier chapitre est une mise en contexte. Il dresse un portrait socio-économique et environnemental du territoire, discute de la problématique du drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit et présente les impacts environnementaux, économiques et sociaux relatifs à cette problématique. Le second chapitre présente des mesures de contrôle et d'atténuation des impacts spécifiques ou non au drainage des chemins forestiers afin de préserver la qualité de l'eau dans la MRC du Granit et au Québec. On y retrouve le cadre législatif et une revue des différents types de mesures de contrôle à la lumière de la littérature. Le troisième chapitre est la méthodologie employée afin d'atteindre les objectifs de l'essai. Le chapitre suivant soit, le quatrième, est le cœur de l'essai puisque c'est l'analyse des cas et les résultats qui permettent de soulever des pistes de solutions et des recommandations. Le dernier, le chapitre 5, propose des solutions et des recommandations pour minimiser les impacts du drainage des chemins forestiers dans la MRC et d'autres municipalités qui sont prises avec les mêmes problématiques.

1 MISE EN CONTEXTE

Dans la MRC du Granit, la forêt joue un rôle primordial tant au niveau environnemental, économique que social. Afin d'accéder à cette ressource à des fins économiques ou récréatives, de nombreux chemins forestiers tapissent le territoire. Ces chemins interfèrent avec l'eau. D'une part, l'eau peut rendre les chemins impraticables par son action érosive en les dégradant et d'autre part, l'entretien et l'aménagement de ces chemins peuvent affecter la qualité de l'eau. Le drainage des chemins forestiers devient donc un facteur important à considérer lors de l'aménagement de ceux-ci, mais également dans la gestion des eaux sur le territoire.

1.1 Responsabilité de la MRC

Cette première partie de cet essai présente la responsabilité qui incombe aux municipalités du Québec en matière de gestion de l'eau.

Au cours des dernières décennies, la gestion de l'eau est devenue une préoccupation majeure pour les municipalités et les MRC du Québec. En 2006, la *Loi sur les compétences municipales* (LCM) leur a confié la compétence exclusive des cours d'eau de leur territoire. Ainsi, l'article 105 de la LCM stipule que les MRC doivent réaliser les travaux requis pour rétablir l'écoulement normal des eaux d'un cours d'eau lorsqu'elles sont informées qu'une obstruction menace la sécurité des personnes ou des biens. Un cours d'eau désigne toute masse d'eau qui s'écoule dans un lit avec un débit régulier ou intermittent, y compris les lits créés ou modifiés par une intervention humaine (Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2014). Les fossés des chemins forestiers ne relèvent pas de la compétence des municipalités ou des MRC sauf lorsqu'un fossé forestier draine un bassin versant d'une superficie de 100 hectares ou plus, car il est alors considéré comme un cours d'eau (*ibid*, 2014). La figure 1.1 présente la distinction entre un cours d'eau et un fossé.

Afin de bien remplir le mandat qui lui est confié par la loi, dès 2006, la MRC du Granit a élaboré une politique de gestion des cours d'eau sous sa compétence pour définir les procédures d'intervention concernant les obligations et les responsabilités qui lui incombent. Des ententes ont été signées avec toutes les municipalités de la MRC pour leur confier la gestion des travaux de nettoyage des cours d'eau et l'application de la réglementation régionale. (MRC du Granit, 2006).

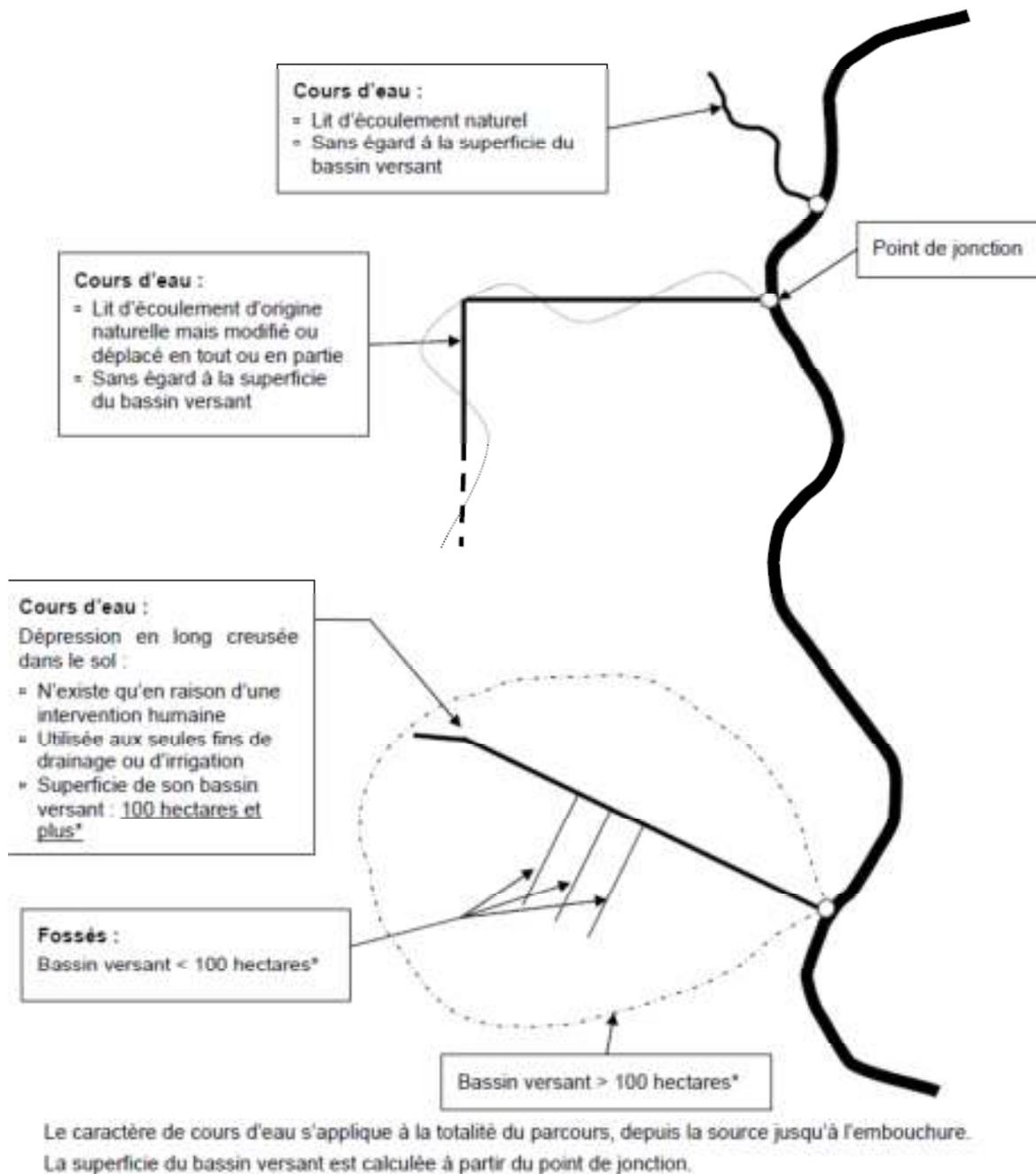


Figure 1.1 : Distinction entre un cours d'eau et un fossé (Tiré de MDDELCC, 2014)

En 2009, la MRC a adopté, en vertu des pouvoirs qui lui sont conférés par la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (L.R.Q., chapitre A-19.1), le *Règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2008-14* (RCI) régissant principalement les problématiques de gestion des rives, des littoraux et

des plaines inondables. Ce règlement est applicable dans tout le territoire de la MRC et celle-ci est responsable de son application autour des lacs et des cours d'eau de son territoire. Conséquemment à l'adoption de ce règlement, en vertu des articles 3.3, 3.4 et 3.5 du RCI se sont les inspecteurs municipaux de chacune des municipalités qui ont la tâche de faire respecter le règlement sur leur territoire respectif. Toutefois, la MRC a nommé un inspecteur adjoint pour aider les différents inspecteurs municipaux à l'appliquer et approfondir ses connaissances sur les différents lacs et cours d'eau. En ce sens, la MRC du Granit a effectué une caractérisation des principaux cours d'eau susceptibles de représenter une menace aux propriétés et aux biens en cas d'inondation ainsi que ceux dont les caractéristiques génèrent une augmentation des risques de pollution des lacs qu'ils alimentent. (Pouliot, 2012). Elle a également caractérisé les bandes riveraines des lacs d'importances et des lacs sensibles de la région.

Cette caractérisation échelonnée sur plusieurs années a permis de mieux connaître l'hydrographie du territoire. La figure 1.2 présente l'ensemble du territoire hydrographique et les sections de cours d'eau caractérisés dans la MRC jusqu'à ce jour. Il est à noter que toutes les bandes riveraines des lacs d'importance ou sensibles ont également été visitées et caractérisées. La MRC doit maintenant élaborer un plan d'action pour les problématiques potentielles répertoriées.

Suite à cette caractérisation des cours d'eau et des bandes riveraines, l'analyse des données a priorisé les interventions en rapport avec la gravité des situations d'érosion, des traverses de cours d'eau inadéquates et des obstructions menaçantes pour la sécurité civile. La priorisation des foyers d'érosion et des traverses problématiques oriente les interventions afin de préserver voire améliorer si possible l'état des cours d'eau et la santé des habitats aquatiques.

L'ensemble des 20 municipalités de la MRC du Granit et la Conférence régionale des élus (CRÉ) participe financièrement au projet de caractérisation. Les deux organismes de bassins versants (OBV) du territoire soit le COBARIC et le COGESAF fournissent leur expertise. Deux des enjeux ciblés par ces OBV sont en liens directs avec le projet. Ces enjeux visent la qualité des écosystèmes aquatiques et la sécurité civile face aux inondations.

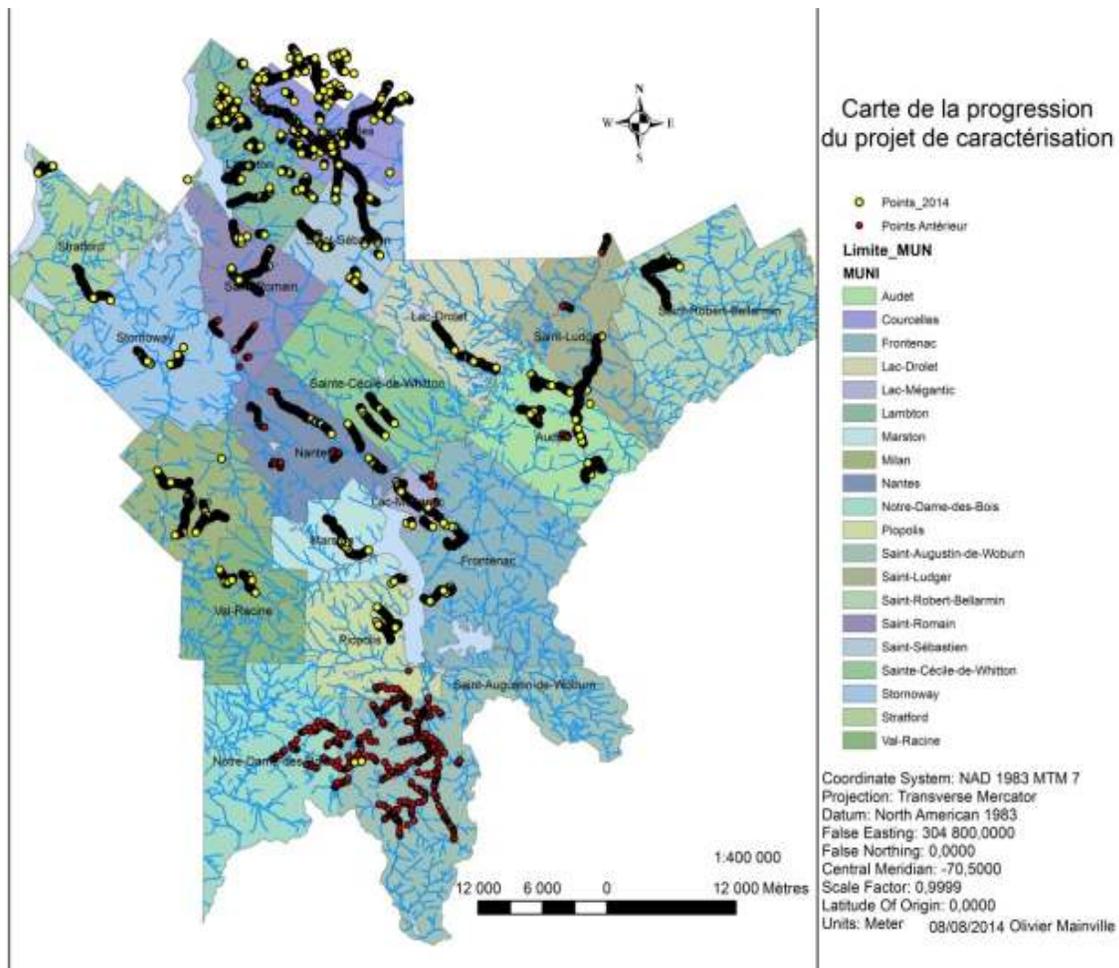


Figure 1.2 Carte de la progression du projet de caractérisation en 2014 (MRC du Granit, Service de géomatique, 2014)

Parmi les différentes problématiques rencontrées dans la MRC du Granit, le drainage des chemins forestiers en forêt privée et publique a un réel impact sur la gestion de l'eau. En fait, le maintien de l'intégrité du réseau hydrographique permet de conserver le patron naturel d'écoulement des eaux, atténuer les crues, filtrer les polluants et protéger la qualité des eaux de surfaces et souterraines (Clément, 2010). Le couvert végétal d'un bassin versant contribue à ralentir, retenir et filtrer les eaux de précipitation avant qu'elles n'atteignent le réseau (*ibid*, 2010). Lorsque ce réseau est perturbé, la qualité de l'eau est souvent détériorée.

1.2 Description du territoire forestier de la MRC

Cette section décrit le territoire forestier de la MRC du Granit et ses particularités. Elle démontre son importance dans la région granitoise.

Le territoire privé de la MRC est composé à 87 % d'un couvert forestier soit, 193 187 hectares (ha) (Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2012). De cette forêt privée, entre 2006 et 2010, le Syndicat des producteurs de bois de l'Estrie a mis en marché 813 820 m³ de matière ligneuse solide ce qui représente 27 % du volume total de l'Estrie (*ibid*, 2012). À la production de bois pour l'industrie s'ajoutent des activités non négligeables en agroforesterie, soit la production acéricole et la production d'arbres de Noël (*ibid*, 2012). Ces différentes activités forestières exigent la mise en place d'un réseau routier. Le drainage des chemins forestiers crée un apport supplémentaire d'eau vers les fossés publics et privés ainsi qu'aux exutoires de ceux-ci, c'est-à-dire aux cours d'eau naturels. L'augmentation des débits d'eau dans les fossés et les cours d'eau des bassins versants de la MRC soit, le bassin versant de la rivière Chaudière et le bassin versant de la rivière Saint-François, peut engendrer des dommages très importants qui ont des impacts économiques, environnementaux et sociaux. Cette augmentation des débits cause de graves problèmes d'érosion dont les conséquences sont nombreuses. Si l'on considère que la MRC du Granit compte sur son territoire plusieurs milliers de kilomètres de chemins forestiers, leurs impacts s'avèrent non négligeables sur la gestion de l'eau.

1.3 Problématique du drainage des chemins forestiers

Cette section présente la problématique relative au drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit.

Compte tenu de l'importance des activités forestières pratiquées dans la MRC du Granit, un important réseau de chemins forestiers s'est développé dans la région. Ce réseau de chemins carrossables non pavés et de chemins non carrossables non pavés représente à lui seul 6 880 km de routes qui peuvent engendrer des problématiques plus ou moins importantes. À ce réseau s'ajoutent 582 km de sentiers de motoneiges, de sentiers de véhicules tout terrain (VTT) et de routes d'accès aux ressources non pavées pour un total de 7 462 km (MRC du Granit, Service de géomatique, 2014). Ces derniers chemins ne sont évidemment pas tous drainés cependant, ils constituent tout de même des surfaces imperméabilisées.

Dans le contexte spécifique à la MRC du Granit, le drainage des nombreux chemins forestiers est intimement lié à la gestion de l'eau du territoire. La forêt joue un rôle majeur dans le cycle de l'eau grâce à ses capacités élevées à intercepter la pluie et la neige et par le fait qu'elle transpire en saison estivale (Langevin, 2004). Conformément au cycle hydrologique, l'eau des précipitations qui atteint le sol peut soit ruisseler directement jusqu'à un cours d'eau, s'infiltrer dans le sol ou être interceptée par la

végétation. Une partie des eaux de surface est alors retournée à l'atmosphère par évaporation. En forêt naturelle, en général, 50 % de l'eau s'infiltrent dans le sol, 40 % sont évaporés par la surface ou transpirés par la végétation, seulement 10 % produisent du ruissellement (MDDELCC et MAMROT, 2014). Lorsque le sol est mis à nu comme c'est le cas pour les chemins forestiers, les gouttelettes de pluie agissent sur celui-ci comme de véritables petites bombes et le désagrègent, le rendant ainsi imperméable, car les fissures naturelles se bouchent. Les particules de sol sont prises en charge par l'eau qui ruisselle à la surface et se déplacent vers les fossés ou encore créent des rigoles, des ravineaux puis des ravins (RAPPEL, 2012). L'imperméabilisation des sols par la construction de routes et de chemins forestiers entraîne un accroissement du ruissellement naturel et une dégradation subséquente des milieux récepteurs liée à une augmentation des débits et des volumes d'eau présents dans le réseau hydrique (MDDELCC et MAMROT, 2014). L'eau chargée de sédiments érode le sol tout au long de sa course et va ultimement envaser le lit d'un cours d'eau plus calme en aval (RAPPEL, 2012).

Malgré ce constat, dans le cas des zones de récoltes forestières, le cheminement plus rapide d'un volume d'eau vers les cours d'eau n'augmente pas nécessairement le débit de pointe puisque l'évacuation rapide de ce volume d'eau avant la pointe normale de crue a pour effet de réduire cette dernière (Langevin, 2004). Il souligne que la récolte forestière ne peut augmenter que les débits de pointe de faible et de moyenne importance d'une récurrence inférieure à 20 ans (*ibid*, 2004). L'augmentation des débits de pointe n'est pas toujours néfaste, car le phénomène peut parfois dégager les sédiments interstitiels du lit des cours d'eau et créer de nouveaux lieux propices à la fraie (*ibid*, 2004).

En zone d'exploitation forestière, la probabilité d'observer une augmentation des débits de pointe d'un cours d'eau augmente avec la proportion de la superficie ou du volume de bois récolté dans un bassin versant (Plamondon, 2004). Au Québec, la probabilité d'observer une augmentation des débits de pointe suffisamment forte pour altérer l'habitat aquatique est négligeable lorsque la coupe avec protection de la régénération des sols (CPRS) couvre 50 % ou moins de la superficie du bassin versant (Langevin, 2004). Toutefois, une coupe dont la superficie excède 50 % augmente les débits de pointe, modifie la morphologie du cours d'eau et altère l'habitat aquatique une fois sur quatre (Plamondon, 2004). L'effet des surfaces compactées des chemins forestiers est considéré dans ces probabilités. Sur le territoire québécois, ces surfaces représentent généralement entre 2 % et 7 % de la superficie des bassins versants exploités (Langevin, 2004). Dans l'ensemble, l'effet de la récolte forestière sur les débits de pointe d'un cours d'eau varie en fonction de l'importance du couvert végétal du bassin versant (*ibid.*, 2004). L'effet

de la récolte a tendance à s'estomper avec le temps selon le taux de reconstitution du couvert forestier et de la restauration progressive des sols compactés des sentiers et des chemins forestiers (*ibid.*, 2004).

Historiquement, l'objectif principal de la mise en place de réseaux de drainage est l'évacuation rapide et efficace des eaux pluviales ce qui entraîne inévitablement des conséquences telles, des inondations en aval, de la pollution et des modifications aux cours d'eau (MDDELCC et MAMROT, 2014).

Le drainage des chemins forestiers génère des impacts quantitatifs et qualitatifs sur la gestion de l'eau. Globalement, d'un point de vue quantitatif, le drainage engendre une augmentation des volumes de ruissellement totaux non seulement pour des événements pluviaux importants, mais également pour des petites pluies d'occurrence fréquente. Il augmente la vitesse de ruissellement et par conséquent, le temps d'écoulement est écourté. Les débits de pointe sont également augmentés ainsi que la fréquence des débits de plein bord qui ont une influence directe sur le phénomène d'érosion dans les cours d'eau. Les répercussions les plus importantes au niveau qualitatif sont la réduction de l'oxygène dissous dans l'eau due à la décomposition de la matière organique lessivée lors du ruissellement, l'augmentation de la concentration de la matière en suspension (MES) et dans une moindre mesure en milieu forestier, l'enrichissement des cours d'eau par des éléments nutritifs qui peuvent engendrer une prolifération d'algues dans les lacs et les cours d'eau récepteurs. (*ibid.*, 2014).

Dans un contexte de changements climatiques, le Québec méridional subira des augmentations de la pluviométrie moyenne et un accroissement de l'intensité et de la fréquence des pluies (Mailhot et autres, 2014). Ces épisodes de pluies de plus en plus intenses risquent de créer des dommages importants aux infrastructures humaines engendrant des coûts pour les municipalités et des pertes pour certains citoyens. De plus, le gonflement rapide des cours d'eau amplifie la force érosive du courant et affecte ainsi l'environnement.

La problématique du drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit est principalement liée à la quantité de chemins présents sur le territoire. La figure 1.2 illustre l'ampleur des chemins forestiers dans la région : en noir, les chemins non pavés carrossables, en rouge, les chemins non carrossables et en vert les chemins d'accès aux ressources non pavés sont représentés.



Figure 1.3 : Chemins forestiers de la MRC du Granit (Tiré de MRC du Granit, Service géomatique, Google earth, 2014)

Les chemins forestiers du territoire public sous aménagement en Estrie (arboretum, forêt habitée du mont Gosford, unité d'aménagement 051-51, érablières sous bail, ZEC Louise-Gosford, ZEC-St-Romain, etc.) représentent à eux seuls 726 km dont la très grande majorité est située dans la MRC du Granit (CRÉ, 2014). Les superficies forestières privées et publiques de la MRC du Granit sont réparties tel que démontré au tableau 1.1 en 1999.

Tableau 1.1 : Nature du territoire (Tiré de Ministère des Ressources naturelles, 1999)

Nature du territoire de la MRC du Granit (ha)			
Caractéristiques	Domaine privé	Domaine public	Territoire de la MRC
Superficie terrestre	218 083	55 307	273 390
Eau	8 362	998	9 360
Superficie forestière :			
Productive accessible	185 467	51 414	236 881
Productive inaccessible	557	1 845	2 402
Improductive	4 029	1 900	5 929
Superficie forestière totale (ha)	190 053	55 159	245 212

Dans une optique de développement durable, tout est lié, il convient donc de bien connaître le portrait socioéconomique et environnemental de la région en vue de prendre des décisions éclairées. La prochaine section est consacrée à la description du territoire.

1.4 Contexte socio-économique et environnemental de la MRC

Le contexte socio-économique et environnemental peut avoir une influence sur l'état de la ressource en eau et sa gestion. Du point de vue administratif, démographique, économique et environnemental, la MRC du Granit a ses propres particularités. Cette partie de l'essai dresse un portrait de la MRC.

Elle couvre 2 731 km² (superficie terrestre) et est située à l'est de la région administrative de l'Estrie (Québec. Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), 2014). La figure 1.2 présente la position géographique de la MRC du Granit dans l'Estrie. Celle-ci est bordée par la frontière canado-américaine et l'État du Maine au sud et à l'est, par la MRC du Haut Saint-François à l'ouest et par la grande région Chaudière-Appalaches dont font partie les MRC de l'Amiante et de Beauce-Sartigan au nord.

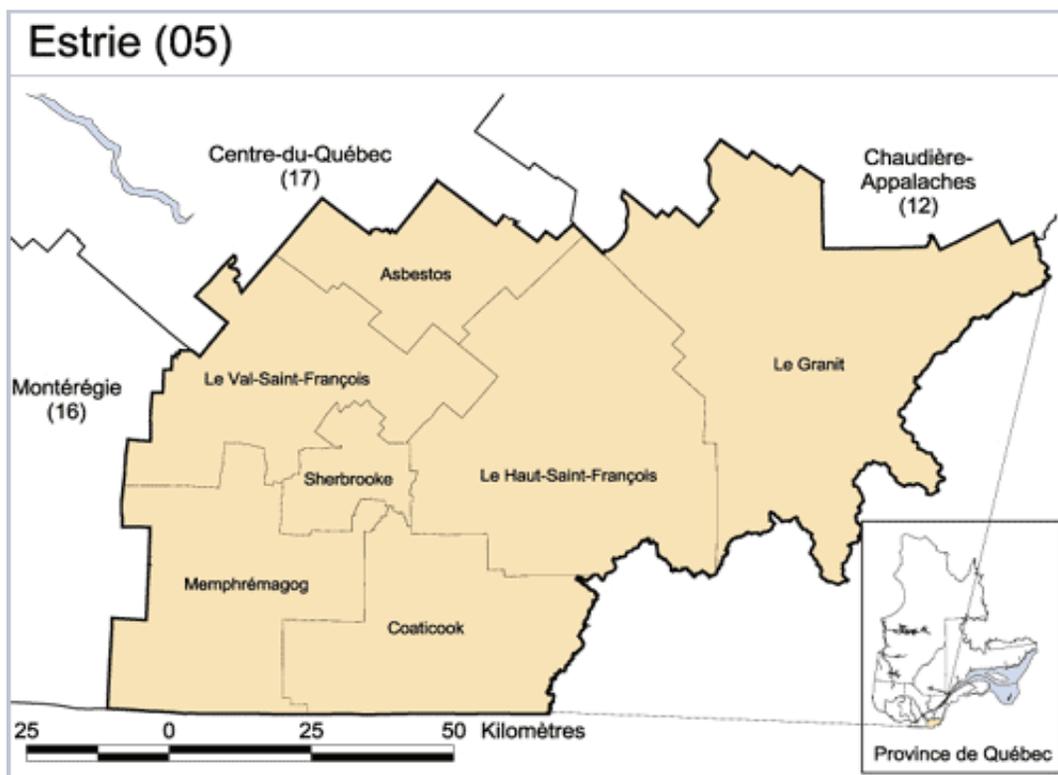


Figure 1.4 : Position géographique de la MRC du Granit en Estrie (Tiré de MAPAQ, 2014a)

La population de la MRC du Granit atteint 22 452 citoyens répartis dans 20 municipalités en 2014 soit, 8,2 habitants/km² (MAMROT, 2014). Ces municipalités sont Audet, Courcelles, Frontenac, Lac-Drolet, Lac-Mégantic, Lambton, Marston, Milan, Nantes, Notre-Dame-des-Bois, Piopolis, Saint-Augustin-de-Woburn, Saint-Ludger, Saint-Robert-Bellarmin, Saint-Romain, Saint-Sébastien, Sainte-Cécile-de-Whitton, Stornoway, Stratford et Val-Racine. Selon le Plan régional de développement intégré des ressources naturelles et du territoire de l'Estrie, la démographie régionale est en légère hausse cependant, malgré plusieurs initiatives locales, la région fait face à un exode rural de la jeune population active (CRÉ de l'Estrie, 2011). Seulement 20,8 % de la population granitoise vit en milieu urbain ce qui est très peu comparativement à la population du Québec qui y vit dans 80,2 % des cas (CRÉ de l'Estrie, 2009). La figure 1.3 illustre l'ensemble du territoire du Granit et le tableau de l'annexe 1 présente la répartition de la population sur le territoire de la MRC.

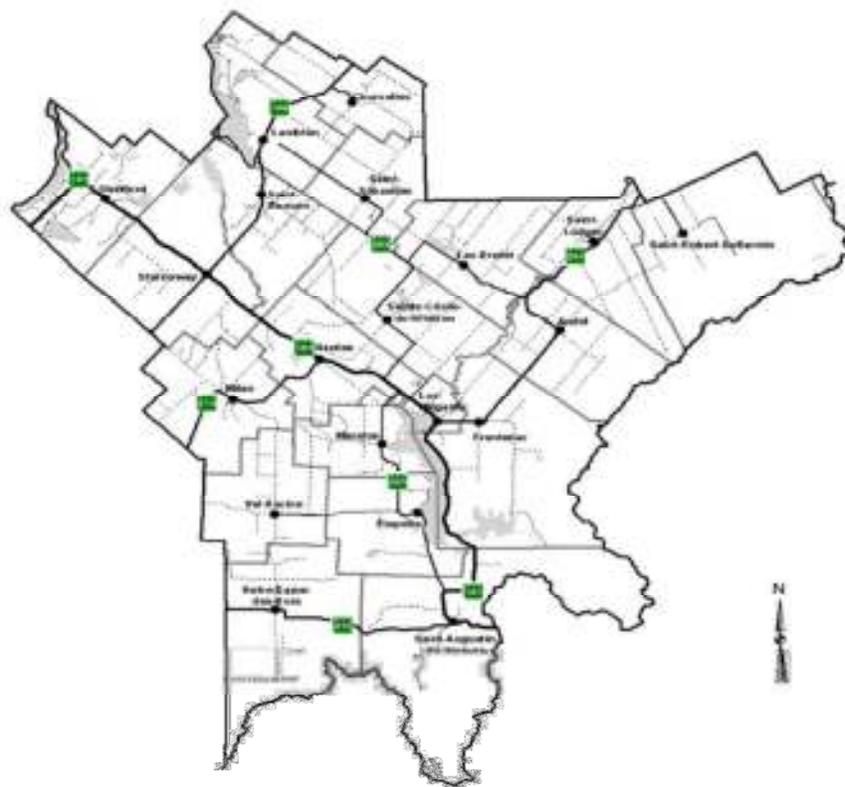


Figure 1.5 : Municipalités de la MRC du Granit (Tiré de MRC du Granit, 2012b)

La ville de Lac-Mégantic est l'agglomération qui dénombre le plus de résidents avec 6036 résidents alors que son territoire a la plus petite superficie (MAMROT, 2014). Dans l'ensemble, la MRC est parsemée de villages peu peuplés et 52,9 % de la superficie totale du territoire granitois est située en milieu agricole (CRÉ de l'Estrie, 2009). Il est opportun de souligner que malgré l'importance de l'agriculture sur le

territoire, celui-ci est fortement boisé puisque la principale source de revenus agricole de la région est l'acériculture (Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), 2014). La viabilité économique de certaines communautés rurales qui dépend dans plusieurs cas de l'exploitation et la transformation des ressources naturelles est relativement précaire et préoccupante (CRÉ de l'Estrie, 2011).

En termes d'emploi, la population œuvre dans les 3 secteurs d'activités soit primaire, secondaire et tertiaire dans les proportions respectives suivantes : 11,2 %, 37,1 % et 51,7 % (CRÉ de l'Estrie, 2009). Un peu plus d'un emploi sur dix provient du secteur primaire ce qui est supérieur à la moyenne estrienne et québécoise. Ce phénomène s'explique par la présence de forêts exploitées, de carrières de granit, d'acériculture et d'agriculture (Comité de concertation pour la solidarité et l'inclusion social du Granit (CCSIS du Granit), 2012). En 2010, le revenu annuel médian de la population de 15 ans et plus s'établissait à 29 949 \$ alors que celui des ménages s'élevait à 36 331 \$ ce qui est nettement en deçà de la moyenne québécoise (*ibid*, 2012). Toutefois, le taux de personne à faible revenu dans les ménages est moins élevé dans la MRC du Granit (10,3 %) que dans l'ensemble de la province (17,2 %) et il tend à diminuer. (CRÉ de l'Estrie, 2009). Dans l'ensemble de la MRC, 40 % (2 sur 5) des personnes de 25 ans et plus n'ont aucun diplôme alors que dans la province, c'est plutôt 20 % (1 sur 5). Le taux de décrochage scolaire quant à lui tend à diminuer comme dans l'ensemble du Québec (CCSIS du Granit, 2012).

Dans la MRC du Granit, le nombre d'emplois relié à l'industrie du bois tant dans le secteur primaire que secondaire est important. En 1999, ces deux secteurs procuraient à eux seuls 1855 emplois directs (Québec. Ministère des Ressources naturelles, 1999). Les tableaux 1.2 et 1.3 présentent ces emplois en fonctions du type de transformation du bois. Quant au domaine de l'acériculture, elle était la principale source de revenu agricole pour 62,2 % des exploitants en 2010 (MAPAQ), 2014). Cette même année, la MRC comptait 431 exploitants acéricoles déclarés qui généraient 33 548 000 \$ de revenu annuel (*ibid.*, 2014). Le nombre d'acériculteurs est pratiquement resté le même entre 1999 et 2010. Le tableau 1.4 illustre le nombre d'exploitants selon le nombre d'entailles. En 2012, le nombre d'acériculteurs était alors de 386 selon l'Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie.

Tableau 1.2 : Nombre d'établissements et emplois directs reliés à la transformation primaire du bois dans la MRC du Granit (Tiré de Ministère des Ressources naturelles, 1999)

	Nombre d'établissements	Nombre d'emplois directs ¹
Bois de sciage	31	499
Placages et contreplaqués	2	290
Panneaux agglomérés	1	160
Cogénération et produits énergétiques	1	35
Total	35	984

Tableau 1.3 : Nombre d'établissements et emplois directs reliés à la transformation secondaire du bois dans la MRC du Granit (Tiré de Ministère des Ressources naturelles, 1999)

	Nombre d'établissements	Nombre d'emplois directs
Portes et fenêtres	7	225
Bâtiments préfabriqués	2	21
Armoires de cuisine et de salles de bain ¹	8	32
Meubles	7	391
Autres	16	202
Total	40	871

Tableau 1.4 : Nombre d'exploitations acéricoles selon le nombre d'entailles dans la MRC du Granit (Tiré de Ministère des Ressources naturelles, 1999)

	Nombre d'acériculteurs	Nombre d'entailles	Nombre moyen d'entailles
0 – 3 000	131	250 724	1 914
3 000 – 10 000	233	1 180 334	5 066
10 000 – 30 000	55	796 762	14 487
30 000 +	11	737 000	67 000
Total	430	2 964 820	6 895

À la lumière de ces statistiques, il est clair que la forêt est une importante source de revenus dans la MRC du Granit. Celle-ci est la plus vaste de l'Estrie et son couvert forestier est également le plus important du territoire estrien. La forêt occupe 87 % de la superficie de la MRC dont 85 % sont des terrains forestiers productifs (MRC du Granit, 2012c). Le nombre de propriétaires forestiers est estimé à 2 425 dont 52 % sont reconnus comme producteurs forestiers c'est-à-dire qu'ils possèdent un plan d'aménagement forestier de leur propriété (Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2012). De ces producteurs, 567 ont adhéré à la certification forestière *Forest Stewardship Council (FSC)* (*ibid*, 2012). Ce système de certification se réfère à 10 principes à respecter relatifs aux volets économique, social et environnemental. Le chapitre 2 de cet essai en traitera un peu plus en profondeur. En agroforesterie, la MRC compte 386 producteurs acéricoles qui se partagent le plus grand nombre d'entailles sur un territoire donné au Québec soit entre 2,5 et 3 millions selon la source (MRC du Granit, 2012c et Québec. Ministère des Ressources naturelles, 1999). La production d'arbres de Noël est fortement représentée avec ses 22 entreprises qui cultivent 880 hectares de terre. Globalement, 20 % du territoire de la MRC du Granit est du domaine public et 80 % du domaine privé (MRC du Granit, 2012c). La figure 1.4 démontre l'occupation du territoire dans la MRC du Granit. Les zones en vert illustrent le couvert forestier.



Figure 1.6 : Nature du territoire de la MRC du Granit (Tiré d'Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2012)

Le relief de la MRC est constitué de vallons et de terrains plus escarpés dans sa partie montagneuse. Deux zones topographiques distinctes sont présentes, soit la zone des montagnes frontalières au sud-est et celle du haut plateau appalachien au nord-ouest. Les montagnes frontalières qui chevauchent la frontière canado-américaine sont caractérisées par des pentes abruptes et de hauts sommets tels celui du mont Gosford avec ses 1 189 mètres d'altitude et le Mont-Mégantic qui atteint 1 104 mètres (MRC du Granit, 2012b). Dans la MRC du Granit, la sapinière à oxalide de montagne (*Oxalis montana*) du mont Gosford et celle du sommet du mont Mégantic sont considérées comme des écosystèmes forestiers exceptionnels de l'Estrie (Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2010).

Le réseau hydrographique de la MRC est très développé. Une quinzaine de lacs d'importance et de nombreux cours d'eau sont à la tête de deux bassins versants majeurs : le bassin versant de la rivière Chaudière et celui de la rivière Saint-François. Le territoire de la MRC est divisé entre ces deux bassins versants dans les proportions suivantes : 59 % dans le bassin versant de la Chaudière et 41 % dans le bassin versant de la Saint-François (COBARIC, 2008). Au cours de la dernière décennie, la qualité de l'eau de la rivière Chaudière en général s'est considérablement améliorée dans les secteurs de la Basse et Moyenne Chaudière. En 2012, à la station d'échantillonnage de Saint-Ludger dans la Haute Chaudière, l'eau était considérée de bonne qualité (MAPAQ, 2012). Selon le comité de bassin versant de la rivière Chaudière (COBARIC), l'écosystème aquatique de la Haute Chaudière, dont fait partie la MRC du Granit, est en bonne santé (COBARIC, 2008). Quant à la qualité de l'eau à la tête du bassin versant de la rivière Saint-François, elle est également bonne (MDDELCC, 2006). Toutefois, en 2013, quatre lacs de la MRC du Granit ont été touchés par des épisodes de fleur d'eau d'algues bleu-vert soit, le lac Drolet, le Grand Lac Saint-François, le Petit Lac Lambton et le lac Thor (MDDELCC, 2013). Ces trois derniers lacs font partie intégrante du bassin versant de la rivière Saint-François. Selon la CRÉ, la qualité de l'eau est menacée et les impacts des changements climatiques sur les milieux naturels sont inquiétants (CRÉ de l'Estrie, 2011).

La figure 1.5 présente la division du territoire en bassins versants de la MRC : Au sud-est, le bassin versant de la rivière Chaudière (rose foncé) et au nord-ouest, le bassin versant de la rivière Saint-François (rose pâle).

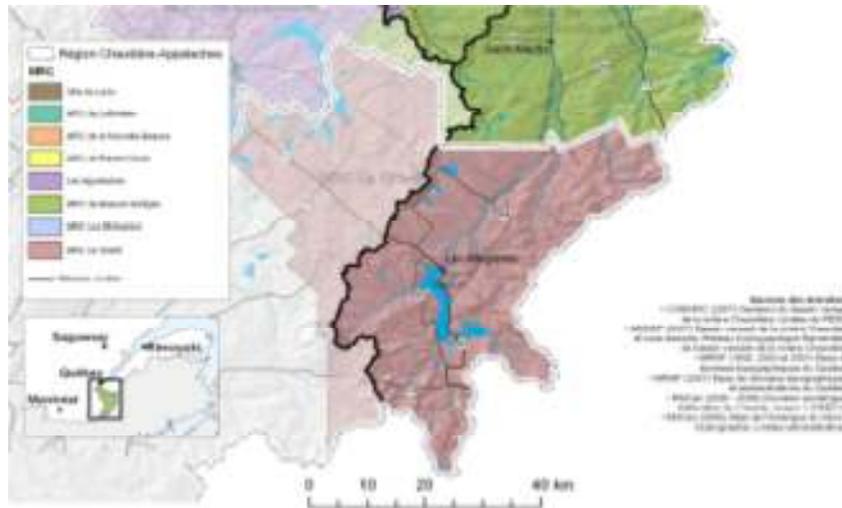


Figure 1.7 : Bassins versants de la MRC du Granit (Tiré de COBARIC, 2008)

1.5 Impacts environnementaux

Dans cette section de l'essai, un survol des impacts environnementaux potentiels et réels du drainage des chemins forestiers de la MRC du Granit est présenté.

Sur le plan environnemental, l'érosion du réseau routier est maintenant reconnue comme la principale cause de perturbation du milieu aquatique des forêts aménagées dû aux sédiments qui sont entraînés dans le réseau hydrographique (Langevin et autres, 2008). Les fines particules de sédiments colmatent les frayères de poissons et nuisent aux communautés benthiques qui constituent une source de nourriture importante pour les poissons, mais également pour d'autres vertébrés comme les salamandres (*ibid.*, 2008). L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) sont particulièrement vulnérables lorsque la sédimentation se produit sur leurs aires de reproduction (Dubé et autres, 2006). Une étude réalisée par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) révèle que les ponceaux aménagés en milieu forestier ont un impact sur l'habitat de l'omble de fontaine (Dubé et autres, 2006). Suite à l'installation de ponceaux, une accumulation sédimentaire s'effectue jusqu'à une distance de 200 mètres en aval et celle-ci persiste plus longtemps à la profondeur de fraie des salmonidés que sur le lit du cours d'eau soit, un an sur le lit et jusqu'à 5 ans à la profondeur de fraie (*ibid.*, 2006). Ces sédiments sont constitués de matière minérale (sable) provenant de la construction des chemins et des ponceaux (*ibid.*, 2006). Actuellement, l'article 39 du *Règlement sur les normes d'interventions dans les forêts du domaine de l'État* (RNI) établit la distance de protection entre un ponceau et une frayère identifiée par un plan annuel d'intervention forestière (PAIF) à 50

mètres. Compte tenu des résultats obtenus suite à l'étude, l'équipe de recherche suggère d'augmenter cette distance de protection jusqu'à 500 mètres dans certains cas afin de prévenir les impacts les plus importants qui se produisent à court terme (*ibid.*, 2006). De plus, selon Delisle et autres (2004), l'adoption de saines pratiques permet d'éviter les problèmes d'érosion des chemins à proximité des ponceaux et des cours d'eau. Ces pratiques feront entre autres l'objet du chapitre 2 de cet essai.

En ce qui concerne les impacts relatifs à l'augmentation des débits de pointes générée par la récolte forestière incluant le drainage des chemins forestiers, comme mentionné précédemment, seule la récolte de plus de 50 % de la superficie d'un bassin versant peut affecter l'habitat aquatique. Or, au Québec, les grands bassins versants (200 à 500 km²) ne sont pas récoltés à plus de 50 % et tout au plus un tiers de leurs sous-bassins pourraient être récoltés au-delà de 50 % (Langevin, 2004). De ces sous-bassins, le quart pourrait subir des modifications de leurs habitats aquatiques ce qui permet d'affirmer qu'à l'échelle d'un grand bassin versant de rivière, l'impact de l'augmentation des débits lié à la récolte de matière ligneuse est généralement très faible à négligeable (*ibid.*, 2004). Le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP) considère que la présence d'un réseau de routes forestières peut contribuer de façon importante à l'augmentation des débits dans les cours d'eau, mais qu'en général, l'application des mesures prévues dans le RNI en forêt publique est suffisante pour conserver l'intégrité du milieu et de la faune aquatique (*ibid.*, 2004). Ce constat concerne la préservation des habitats par rapport à l'augmentation des débits causée par la récolte forestière, mais va à l'encontre des résultats de l'étude effectuée sur l'impact des ponceaux sur l'habitat de l'omble de fontaine.

Bien que l'érosion et la sédimentation soient des phénomènes naturels, trop souvent, leur ampleur résulte de perturbations d'origine anthropique (Morin, 2012). Selon Christopher et Cooper (2004), l'érosion et la sédimentation d'un cours d'eau dépendent de la hauteur de la berge et de la sinuosité de celui-ci. Il y a davantage d'érosion lorsque les berges sont hautes et que le cours d'eau est peu sinueux comme c'est souvent le cas des fossés de drainage.

La pollution des cours d'eau par l'érosion et l'accumulation sédimentaire contribuent à la prolifération des algues et des cyanobactéries limitant ainsi les usages des plans d'eau (Morin, 2012). Selon Couillard et Grondin, il est possible, en cas de développement conséquent de cyanobactéries, d'observer l'apparition de symptômes maladifs pour les utilisateurs en contact avec l'eau (Couillard et Grondin, 1986). On assiste également, à une diminution de la qualité de pêche et parfois à la mort par asphyxie

des poissons (RAPPEL, 2012). De plus, la transparence de l'eau est réduite et celle-ci se réchauffe contribuant ainsi à l'apparition d'épisodes de fleur d'eau de cyanobactéries (*ibid*, 2012). Fréquemment, l'érosion entraîne des produits toxiques avec les sédiments (*ibid*, 2012). Selon Environnement Canada, les activités forestières peuvent libérer des substances chimiques naturelles dans les sols des forêts et contaminer les cours d'eau ou les lacs (Canada. Environnement Canada, 2011).

1.6 Impacts économiques

Au niveau économique, l'érosion qui découle entre autres de la problématique du drainage forestier provoque des pertes de sol qui peuvent affecter les rendements agricoles et des pertes de terrains publics ou privés. Cette partie de l'essai traite de ces impacts.

En agriculture, les répercussions de l'érosion des sols vont au-delà de la perte de sol arable au niveau de l'érosion hydrique des berges. La levée, la croissance et le rendement des cultures sont directement affectés par l'appauvrissement du sol en éléments nutritifs essentiels causé par l'érosion (Ontario. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales (MAAARO), 2013). Toutefois, l'érosion en milieu agricole ne peut être attribuable qu'à l'augmentation des volumes d'eau générée par le drainage des chemins forestiers en amont. Les pratiques culturales et l'exploitation agricole intensive contribuent amplement à l'érosion et à la détérioration des berges (Canada. Agriculture et agroalimentaire Canada, 2008). L'érosion en milieu agricole entraîne non seulement des pertes de rendement des cultures, mais également une augmentation des coûts nets de production (COGEBY, 2004). Au Québec, les pertes de sols par l'érosion hydrique des berges et des champs a un coût estimé entre 5 et 17 millions de dollars par année en excluant les coûts payés par la collectivité pour la dépollution des cours d'eau, l'alimentation en eau potable et les pertes d'usage (Talbot, 2004). Il ne semble pas que les agriculteurs de la région du Granit soient affectés directement par le drainage forestier, mais l'érosion des berges est bel et bien présente en territoire agricole. L'augmentation des apports d'eau aux réseaux hydriques ne peut qu'augmenter le phénomène.

Le long des rivières et des lacs, l'érosion provoque un recul des berges qui se traduit par des pertes nettes de terrain pour les riverains. Les berges dégradées peuvent faire perdre de la valeur marchande aux propriétés. Cette dernière peut être évaluée en multipliant la surface de terrain perdu par la valeur unitaire du terrain ou encore en effectuant une comparaison entre une propriété équivalente non endommagée, la propriété dégradée et la valeur du marché. Dans tous les cas, le propriétaire subit une

perte de valeur économique. En plus de la perte de terrain, pour les riverains, l'eutrophisation rapide des lacs peut provoquer la perte d'usage du plan d'eau et une diminution de l'évaluation foncière de leur propriété.

La dégradation de la qualité de l'eau par une augmentation de la température, par la diminution de l'oxygène dissous et par l'augmentation des MES a un impact sur l'offre touristique à plusieurs égards. Ces mauvaises conditions nuisent à certaines espèces de poissons sensibles, notamment aux salmonidés qui ont besoin d'eau fraîche et oxygénée. Par conséquent, la diminution des populations de poissons a un impact économique, car les retombées inhérentes à la pêche sportive sont importantes. De plus, la perte d'usage des plans d'eau due à la prolifération de cyanobactéries ou autres algues amenuise également l'industrie touristique, car il en découle d'autres pertes économiques : moins de réservations dans les établissements d'hébergement de la région et les centres de plein air, moins de touristes dans les aires de restauration, moins de villégiature, etc. Il y a donc une diminution de la valeur récréative des plans d'eau. Comme déjà mentionnés, quatre lacs de la MRC ont vécu des épisodes de fleurs d'eau de cyanobactérie en 2013 cependant, aucun avis de restriction d'usage n'a été émis (MDDELCC, 2013). Il faut toutefois rester vigilant.

Le blocage des ponceaux et des égouts pluviaux, l'augmentation des risques d'inondation et la filtration accrue de l'eau potable entraînent des coûts importants pour les municipalités. (RAPPEL, 2012).

Bien que les municipalités puissent bénéficier d'aides financières via divers programmes gouvernementaux tel le programme pour l'amélioration du réseau routier municipal géré par le ministère des Transports, les coûts de construction et d'entretien pour les petites municipalités de la MRC s'avèrent tout de même élevés compte tenu de la faible densité de population qui paie des taxes sur leur territoire respectif (Québec. Ministère des Transports (MTQ), 2015). La municipalité de Milan en est un bon exemple, elle doit assumer ces coûts pour un territoire d'une superficie de 129,61 km² et celle-ci ne compte au total que 265 citoyens (MAMROT, 2014). Lors de l'entretien ou de la réfection des ponceaux, des ponts et des routes sous leur compétence, les municipalités doivent prendre en considération les contraintes légales et techniques propres à ces ouvrages. Les gestionnaires des municipalités doivent envisager des solutions qui réduisent non seulement les impacts économiques, mais également les impacts environnementaux qui ont un coût non négligeable pour la société. En juin 2014, la municipalité de Saint-Ludger qui compte 1246 habitants a dû déboursier 12 116,55 \$ pour l'achat

de ponceaux, ces frais n'incluaient pas leur installation (Municipalité de Saint-Ludger, 2014). Cette même municipalité a dû composer avec des inondations en avril de la même année. Deux résidences ont subi des dommages et des travaux étaient requis avant que les quatre résidents évacués puissent réintégrer leur domicile (Plante, 2014). Cet évènement était dû à la crue de la rivière Chaudière qui subit fréquemment ce genre d'épisode printanier. En fait, les frais liés à la dégradation en général du réseau routier sont élevés pour les organismes gouvernementaux (provincial et municipal) qui doivent réparer le réseau et remplacer des tuyaux parfois de toute urgence, pour les propriétaires fonciers qui doivent assumer les dommages consécutifs à une inondation et pour les automobilistes dont les déplacements sont occasionnellement retardés ou qui doivent effectuer des détours (Perrin, 2006).

La problématique de filtration accrue de l'eau potable due à l'augmentation des MES dans les cours d'eau est infime pour les municipalités sur le territoire de la MRC du Granit. Toutes les municipalités qui ont un réseau de distribution de l'eau potable utilisent l'eau souterraine à l'exception de la municipalité de Courcelles qui a un réseau mixte (MDDELCC, 2015). Un peu plus de la moitié des 22 452 citoyens de la MRC reçoit l'eau potable du réseau de leur municipalité respective soit, 11 928 citoyens (*ibid.*, 2015). C'est dire que tout près de la moitié des gens subviennent à leur besoin en eau potable grâce à des puits de surface ou artésiens ou encore, à même les plans d'eau. Ce sont ces derniers qui risquent le plus de subir des problèmes quant à leur approvisionnement en eau potable.

1.7 Impacts sociaux

Cette section discute des impacts sociaux relatifs au drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit.

La MRC du Granit est située dans un environnement naturel exceptionnel. La planification stratégique de la MRC 2008-2013 a mis la préservation et la protection du patrimoine environnemental comme marque distinctive de la MRC au premier plan des défis à relever pour la région (MRC du Granit, 2008a). L'un des enjeux consiste à assurer le ralentissement du processus de vieillissement prématuré des plans d'eau des deux bassins versants en mettant en place des mesures correctives (*ibid.*, 2008a). La perte d'usage des plans d'eau et des cours d'eau peut avoir des impacts sur le plan social. La perte des zones de baignades et l'impossibilité de pratiquer des activités aquatiques dans une région qui jouit de ces privilèges peuvent affecter la population. La région est reconnue pour son caractère esthétique grâce aux montagnes et aux plans d'eau présents sur le territoire. L'aspect sauvage de ses paysages attire le

tourisme ce qui améliore la qualité de vie des citoyens du seul fait que le phénomène crée de l'emploi. La MRC désire promouvoir le potentiel touristique de la région en mettant en valeur les plans d'eau et les monts et en suscitant le développement de produits d'appel et de produits complémentaires afin d'assurer un apport touristique à l'économie régionale (*ibid*, 2008a). En fait, la qualité de vie des citoyens de la MRC du Granit, l'usage récréatif de l'eau, la santé et le développement de la MRC sont en lien étroit avec la qualité de l'eau sur le territoire. Un second enjeu de la planification stratégique de la MRC est donc de préserver la qualité et la disponibilité de l'eau sur son territoire en encourageant l'utilisation responsable de l'eau potable et en promulguant des règlements uniformes plus sévères dans toute la région (*ibid.*, 2008a).

Les apports supplémentaires d'eau aux réseaux hydriques des deux bassins versants par le drainage des chemins forestiers peuvent avoir des impacts sur la sécurité publique. L'un des mandats confiés par la Loi à la MRC est de participer à la gestion de la sécurité publique. Dans le contexte propre à la région du Granit, il est opportun de tenir compte de ces apports supplémentaires dans l'élaboration des plans d'action visant à protéger la population. Pour le moment, on n'en tient pas compte.

2 MESURES DE CONTRÔLE ET D'ATTÉNUATION DES IMPACTS

Ce chapitre présente différentes mesures spécifiques ou non au drainage des chemins forestiers afin de préserver la qualité de l'eau au Québec. Différentes lois et certains règlements applicables au domaine forestier et à la gestion de l'eau sont explorés. Une revue de littérature en lien avec les apports supplémentaires d'eau dans les réseaux hydriques et les méthodes novatrices d'atténuation des impacts de ceux-ci sont présentées.

2.1 Cadre législatif

Cette partie de l'essai présente le cadre législatif dans lequel s'inscrit la problématique du drainage des chemins forestiers. La législation étant en constant changement, il importe de toujours considérer que les textes officiels des gouvernements du Québec et du Canada.

Les législateurs gouvernementaux étant conscients de l'importance des cours d'eau ont adopté plusieurs lois, normes et règlements qui régissent les travaux d'aménagement forestier telle la construction de chemins forestiers. Cette réglementation renferme un grand nombre de dispositions qui visent à assurer que les ouvrages aménagés dans le milieu forestier répondent vraiment aux besoins, sans affecter la qualité de l'environnement. Ces lois et règlements sont les suivants :

- la *Loi sur les terres du domaine public*,
- la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*,
- le *Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État (RNI)*,
- la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*,
- le *Règlement sur les habitats fauniques*,
- la *Loi des ingénieurs forestiers*,
- la *Loi sur la protection des eaux navigables*,
- la *Loi sur les pêches*,
- la *Loi sur la qualité de l'environnement*,
- le *Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement*,
- la *Loi sur le régime des eaux*,
- le *Règlement sur le domaine hydrique public*,
- la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*.

Par exemple, le Ministère des Ressources naturelles (MRN, 1997) mentionne explicitement qu'aménager un pont, un ponceau ou un autre type d'ouvrage dans le milieu forestier exige le respect des directives dans chacune des lois, des règlements et des politiques précitées.

Compte tenu des objectifs de cet essai, l'analyse de la réglementation se limitera à la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, le *Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État* (RNI), la norme du *Forest Stewardship Concil* (FSC), la *Loi sur la qualité de l'environnement* et le *Règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2008-14* (RCI) de la MRC du Granit qui intègre les principes de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (PPRLPI).

La *Loi sur les forêts* autrefois administrée par le ministère des Ressources naturelles et de la forêt (MRNF) a été remplacée par la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (LADTF) en 2013 et complète en quelque sorte l'ancienne *Loi sur les forêts* en ajoutant certains critères d'aménagement forestier pratiquement calqués sur la norme du *Forest Stewardship Concil* (FSC) (Québec. Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2014). Selon l'article 3, cette loi s'applique aux territoires forestiers du domaine de l'État ou aux territoires forestiers appartenant à des propriétaires privés. Toutefois, seuls les articles du Titre IV concernent les territoires forestiers du domaine privé. Ce sont les articles 127 à 173. De plus, les seuls articles qui touchent directement les propriétaires du domaine privé sont les articles 127 à 131. Pour bénéficier des plans et programmes d'aide gouvernementaux, les propriétaires terriens doivent être reconnus comme producteurs forestiers. L'article 130 en fixe les conditions soit, posséder un terrain d'au moins 4 hectares, détenir un plan d'aménagement forestier certifié conforme par un ingénieur forestier et enregistrer la superficie à vocation forestière auprès du ministre. L'ensemble de la loi propose deux principes de base soit, la possibilité de récolte annuelle et la protection de l'ensemble des ressources. L'aménagement durable des forêts est tellement important au Québec que le mois de mai de chaque année est institué «Mois de l'arbre et des forêts» afin de le promouvoir en vertu de l'article 5 de la LADTF. Les articles 38, 39 et 44 de cette loi prévoient que le gouvernement peut édicter par voie réglementaire des normes pour protéger les ressources et assurer l'aménagement durable des forêts. Ainsi, le *Règlement sur les normes d'interventions dans les forêts du domaine de l'État* (RNI) découle de cette loi.

Le RNI pose les modalités à respecter pour protéger les ressources du milieu forestier, assurer le maintien ou la reconstitution du couvert forestier, rendre compatible l'aménagement forestier avec les

autres activités pratiquées en forêt et contribuer à l'aménagement durable du milieu (Québec. MFFP, 2013). Ce règlement comporte 95 articles et tout près de 150 normes dont plus de la moitié sont directement ou indirectement liées au milieu aquatique (*ibid.*, 2013). Ces modalités concernent entre autres la protection des rives, des lacs et des cours d'eau, la protection de la qualité de l'eau ainsi que le tracé et la construction des chemins. Toutefois, ce règlement ne s'applique que dans les forêts en territoire public. Selon l'article 11 du RNI, toute personne qui creuse un fossé de drainage à des fins sylvicoles doit construire un bassin de sédimentation à au moins 20 m du cours d'eau. Cet article a pour but de protéger la qualité de l'eau et l'intégrité du milieu aquatique. Ceci n'est qu'un exemple du type d'obligation retrouvé dans le RNI. Comme tous les intervenants en milieu forestier public doivent se conformer au RNI, en 1997, le ministère des Ressources naturelles a produit un document visant à les outiller pour mieux comprendre les diverses dispositions réglementaires de celui-ci et leur permettre d'identifier facilement les objectifs de ces dernières (Québec. Ministère des Ressources naturelles (MRN), 1997). Présentement, le Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs effectue une révision complète du RNI afin que le nouveau règlement soit davantage basé sur l'aménagement durable des forêts (Québec. (MFFP, 2013). Selon le MFFP (2013), le *Règlement sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RADF) devrait entrer en vigueur en 2015.

En forêt privée, la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* prévoit plutôt des programmes, des avantages et des incitatifs pour les producteurs privés reconnus tels le programme de remboursement de taxes foncières et le programme de mise en valeur des forêts privées. Ce dernier est un programme de subventions pour l'aménagement forestier durable des terres privées géré par les agences de mise en valeur des régions du Québec. Les dépenses de mise en valeur admissibles peuvent varier d'une agence à l'autre dans la province. Aménagement forestier coopératif des Appalaches (AFA des Appalaches) qui relève de l'agence de mise en valeur de l'Estrie reconnaît la voirie forestière tant au niveau de la construction que de l'amélioration comme une dépense admissible au remboursement des taxes foncières des producteurs reconnus (AFC des Appalaches, 2000). Ce qui encadre le mieux les pratiques forestières dans le domaine privé pour le moment, ce sont les agences régionales de mise en valeur des forêts, les groupements forestiers ou les conseillers forestiers indépendants accrédités et les certifications forestières qui posent des balises aux aménagements forestiers. La certification forestière FSC est la plus utilisée dans la province et aussi dans la région du Granit. Cette certification s'appuie sur dix principes, le premier est le respect de toutes les lois et le sixième est l'impact sur l'environnement. (Chabot, 2012). Ce principe est le suivant :

«L'aménagement forestier doit préserver la biodiversité et les valeurs qui y sont associées, les ressources hydrologiques, les sols, ainsi que les paysages et les écosystèmes uniques et fragiles et par le fait même, préserver les fonctions écologiques et les caractéristiques naturelles de la forêt.» (Blanchette, 2009)

La plupart des outils législatifs provinciaux relatifs à la protection de l'environnement découlent de la *Loi sur la qualité de l'Environnement* (LQE). L'article 20 de cette loi stipule que nul ne peut émettre ou permettre l'émission d'un contaminant dans l'environnement. Afin de protéger l'intégrité des lacs et des cours d'eau et prévenir leur contamination, la *Politique sur la protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (PPRLPI) doit faire partie intégrante du règlement de zonage des municipalités. Cette obligation découle de l'article 5 de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) qui mentionne que les MRC doivent inclure les dispositions de la PPRLPI dans leur schéma d'aménagement et de développement (SAD) afin que les municipalités l'incluent dans leur règlement d'urbanisme (Goupil, 2002). De plus, des études d'impact, des autorisations sous la direction du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MDDELCC) ou sous la direction d'autres ministères comme le ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP) peuvent être nécessaires lors de travaux à proximité des plans d'eau et des cours d'eau. Le MDDELCC a également le pouvoir d'imposer des mesures correctrices en vertu de la LQE. Par exemple, l'émission de sédiments (contaminants) dans l'environnement par l'érosion peut faire l'objet de sanction. C'est pourquoi, bien qu'ils n'aient pas de poids légal, de nombreux guides sur l'aménagement forestier, la construction de chemins forestiers et la gestion de l'eau ont été produits par le gouvernement et autres instances crédibles. Pour en nommer quelques-uns, il y a le «Guide de gestion des eaux pluviales» publié conjointement par le MDDELCC et le MAMROT en 2014, «Saines pratiques, voirie forestière et installation de ponceaux» du MRN en 2001, le «Guide technique. Gestion environnementale des fossés» du RAPPEL en 2012 et les «Recommandations environnementales liées à la gestion durable des eaux de pluie et au contrôle de l'érosion et de la sédimentation» de Clément 2010.

L'adoption de la Politique nationale de l'eau en 2002 a changé considérablement le mode de gestion des ressources en eau sur le territoire québécois. Celle-ci préconise la gestion intégrée de la ressource par bassin versant et elle est basée sur la participation de tous les acteurs de l'eau dans l'élaboration d'un plan de gestion concerté communément appelé le plan directeur de l'eau (PDE). La MRC du Granit qui compte sur son territoire deux bassins versants est donc représentée sur les comités de gestion des deux organismes de bassin versant (OBV) œuvrant sur son territoire, soit le Conseil de gouvernance de l'eau

des bassins versants de la rivière Saint-François (COGESAF) et le Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC). Bien que les décisions prises par ces comités n'aient pas de valeur juridique proprement dite, elles peuvent orienter positivement la réglementation adoptée par les municipalités et les MRC qui elles, ont force de loi par les responsabilités qui leur sont octroyées. En effet, l'article 19 de la *Loi sur les compétences municipales* permet aux MRC de réglementer en matière d'environnement donc, elles peuvent édicter des règlements comme le RCI.

Au niveau régional, la force légale pour la protection des plans d'eau et des cours d'eau ainsi que pour le contrôle de l'érosion repose sur le document complémentaire et le règlement de contrôle intérimaire associés au schéma d'aménagement et de développement (SAD) de la MRC. Dans la MRC du Granit, le *Règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2008-14* (RCI) est en vigueur depuis 2009. Le règlement révisé soit, le *Règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2014-08* devrait entrer en vigueur en 2015. Il établit les normes sur la gestion des bandes riveraines, sur la gestion des engrais et des pesticides et sur le contrôle de l'érosion (MRC du Granit, 2008b). Selon l'article 1.4 du règlement, celui-ci touche «toute personne morale de droit public ou de droit privé et toute personne physique» donc, il s'applique dans tout le territoire de la MRC (*Ibid*, 2008b). Il est intéressant de noter que le RCI est plus restrictif à certains égards que la PPRLPI. En effet, selon l'article 4.5, la rive des lacs sensibles tels les lacs Aux Araignées, Équerre, McKenzie, Orignal, du Rat-Musqué, Trois-Milles et Witton a un minimum de 30 mètres contrairement aux autres qui ont une rive établie de 10 ou 15 mètres selon la pente à moins qu'une municipalité l'ait établie plus large par son règlement de zonage (*ibid*, 2008b). La municipalité de Piopolis a décrété par l'article 10.1.1 de son règlement de zonage que la rive a un minimum de 25 mètres en bordure d'un milieu humide et pour tous les autres lacs et cours d'eau, elle a un minimum de 15 mètres (Municipalité de Piopolis, 2007). De plus, selon Robert-Dubord (2011), le Granit est la seule MRC de l'Estrie à prescrire un outil réglementaire à ses municipalités pour le contrôle de l'érosion. Comme déjà mentionnés, dans la MRC, les inspecteurs des municipalités locales ont l'obligation de faire appliquer le RCI sur leur territoire en vertu des articles 3.3, 3.4 et 3.5 du RCI (MRC du Granit, 2008b). S'ajoute à cela, le fait que chacune des vingt municipalités de la MRC ont inclus dans leur règlement de zonage respectif des normes de protection des rives et du littoral ainsi que des dispositions relatives au contrôle du déboisement. Tous ces règlements locaux peuvent s'appliquer aux chemins forestiers dans la mesure où leurs fossés drainent une superficie de 100 hectares ou plus.

Cette revue succincte des outils légaux qui encadrent l'aménagement forestier et la gestion de l'eau permet d'introduire les différentes méthodes utilisées afin d'atténuer les impacts liés au drainage des chemins forestiers. Certaines mesures sont obligatoires en territoire public ou pour les producteurs forestiers qui désirent se prévaloir d'aide financière gouvernementale alors que d'autres sont suggestives et issues de recherches récentes.

2.2 Revue des différents types de mesures de contrôle

Cette section de l'essai présente les différents types de mesures de contrôle reconnues pour contrer les effets négatifs de la voirie forestière sur les cours d'eau.

Selon Langevin et autres (2008), la voirie forestière s'avère être la principale cause de perturbation des cours d'eau dans les forêts aménagées. Afin de réduire les impacts de la voirie forestière sur les cours d'eau, les intervenants concernés doivent effectuer une bonne planification environnementale du tracé des chemins, utiliser différentes techniques pour assurer le rétablissement du drainage naturel et appliquer de bonnes pratiques lors de l'entretien des chemins.

La planification minutieuse de la construction de chemins traversant un cours d'eau est essentielle et cela est d'autant plus vrai dans les zones en pente. Une attention particulière doit être portée aux points suivants : la fréquence et la période d'utilisation du chemin, l'emplacement idéal par rapport au peuplement d'arbres et la qualité du site (sol et drainage), la topographie, le type d'équipement qui empruntera le chemin, la protection des lacs, des cours d'eau et des écosystèmes forestiers exceptionnels (Syndicat des producteurs de bois de l'Estrie, 2000). Selon le Guide des saines pratiques de voirie forestière publié par le ministère des Ressources naturelles, le chemin doit être localisé sur les crêtes d'élévation pour réduire la quantité de ponceaux à installer et minimiser leur dimension ou, en bas d'une pente dans une section de terrain plat pour faciliter l'évacuation du ruissellement vers la végétation et non vers le cours d'eau (Molloy, 2001). Le chemin doit suivre la même courbe de niveau pour éviter les pentes fortes et longues sur au moins une distance de 30 à 40 mètres du cours d'eau (*ibid*, 2001). Les courbes de niveau sont des lignes qui joignent tous les points d'une même altitude sur une carte topographique. Plus ces courbes sont rapprochées les unes des autres, plus la pente est abrupte. La figure 2.1 présente des cas de bonnes et de mauvaises pratiques.

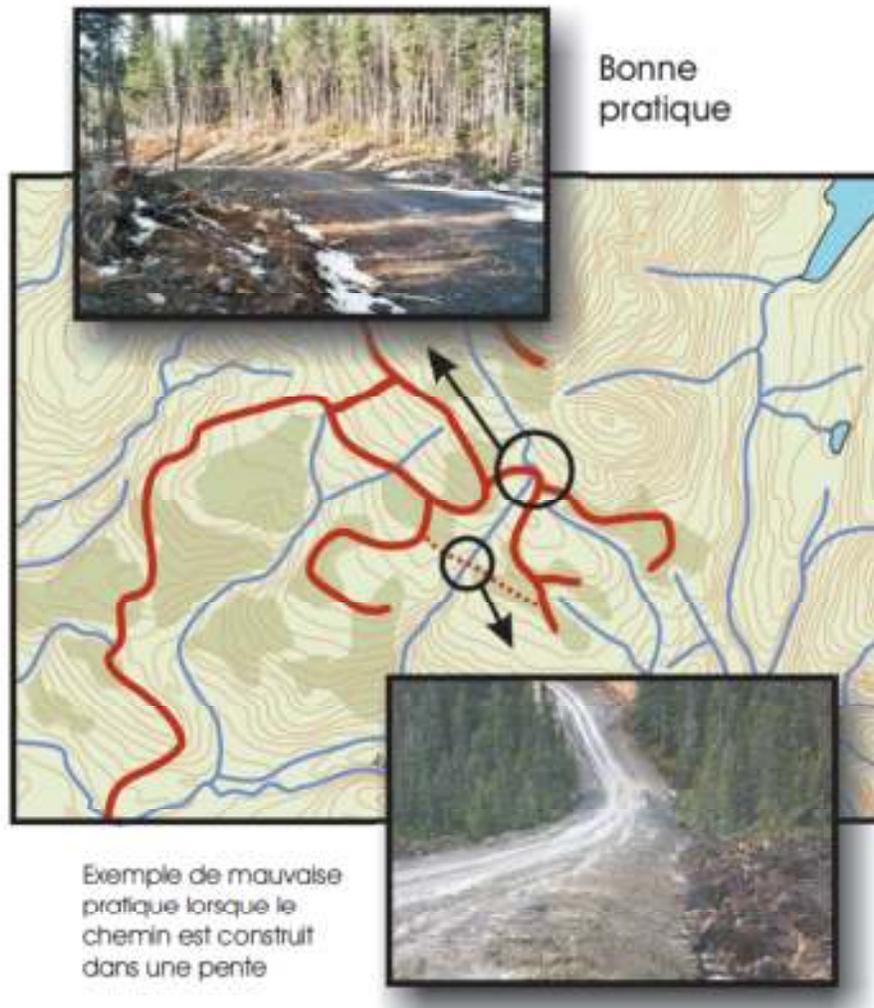


Figure 2.1 : Cas de bonnes et de mauvaises pratiques (Tiré de Moloy, 2001).

L'emprise du chemin doit être limitée au minimum pour réduire l'érosion du sol et les remblais doivent être stabilisés (*ibid*, 2001). Selon le guide des saines pratiques d'intervention en forêt privée, l'emprise d'un chemin forestier idéal devrait avoir de 10 à 13 mètres de largeur (Syndicat des producteurs de bois de l'Estrie, 2000). Le ministère des Ressources naturelles quant à lui mentionne une largeur maximale de 35 mètres (Molloy, 2001).

Lorsqu'un chemin est construit sur un terrain en pente vers un cours d'eau, il intercepte l'eau de drainage naturel du bassin versant. Il faut donc détourner régulièrement les eaux de fossés vers la végétation et évacuer l'eau de la surface du chemin vers le fossé pour éviter l'apport de sédiments par

l'érosion du sol et minimiser l'augmentation du débit de pointe du cours d'eau en aval (*ibid*, 2001). Le premier détournement devrait se situer à environ 20 à 30 mètres du cours d'eau, le second entre 75 et 100 mètres et tous les autres à tous les 150 à 200 mètres sans que le détournement ne draine plus de 150 à 200 mètres de fossés (*ibid*, 2001). Le détournement de l'eau vers la végétation permet qu'elle soit filtrée avant d'atteindre le réseau hydrographique naturel (Latrémouille, 2012). La figure 2.2 illustre ces pratiques.

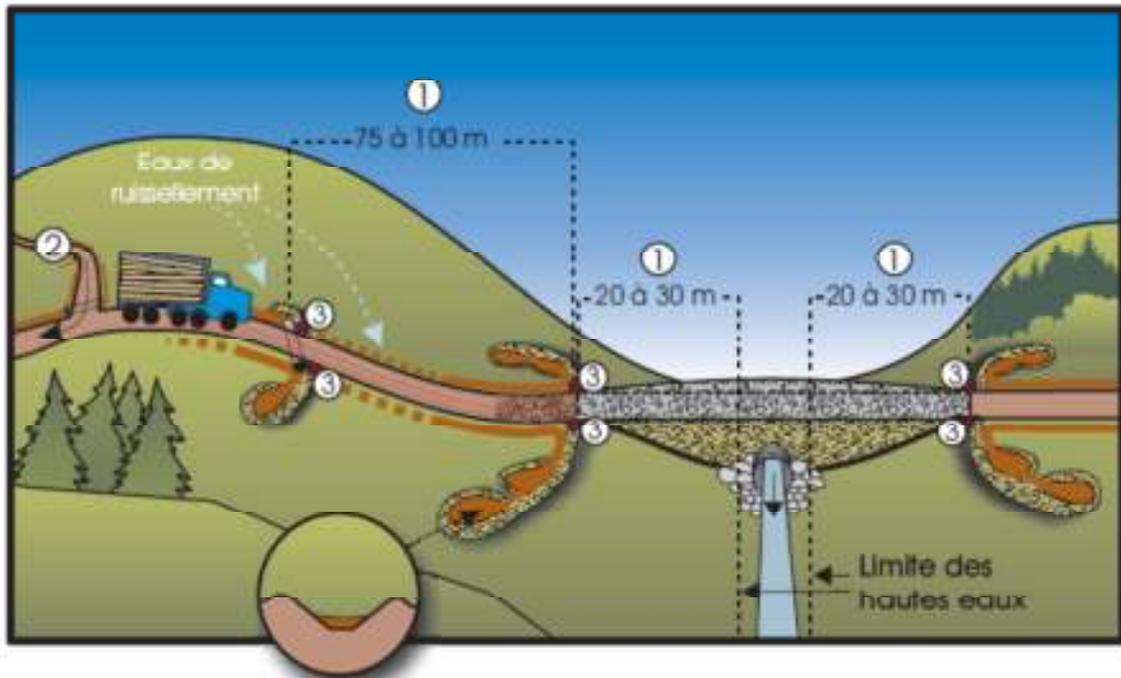


Figure 2.2 : Détournement des eaux de fossés et évacuation des eaux de ruissellement de la chaussée (Tiré de Moloy, 2001).

L'installation de ponceaux et de ponts doit également faire l'objet d'une bonne planification. Les ponceaux peuvent perturber directement l'habitat de la faune ichthyenne. Le respect des normes du RNI en forêt publique est donc très important pour préserver l'habitat aquatique et la qualité de l'eau. En forêt privée, les normes de la certification *FSC* ou les conseils des guides des saines pratiques forestières doivent être suivis. L'emplacement idéal d'un ponceau s'avère être dans une section du cours d'eau la plus étroite et la plus rectiligne que possible (Gouvernement du Nouveau Brunswick, 2004). La figure 2.3 démontre l'installation adéquate d'un ponceau. Il faut remarquer la position du chemin par rapport au cours d'eau en terrain plat, les saignées à 30 mètres du cours d'eau qui détournent l'eau vers la

végétation ou une zone de sédimentation et les pentes douces des fossés qui sont protégés par un ensemencement ou un paillis.

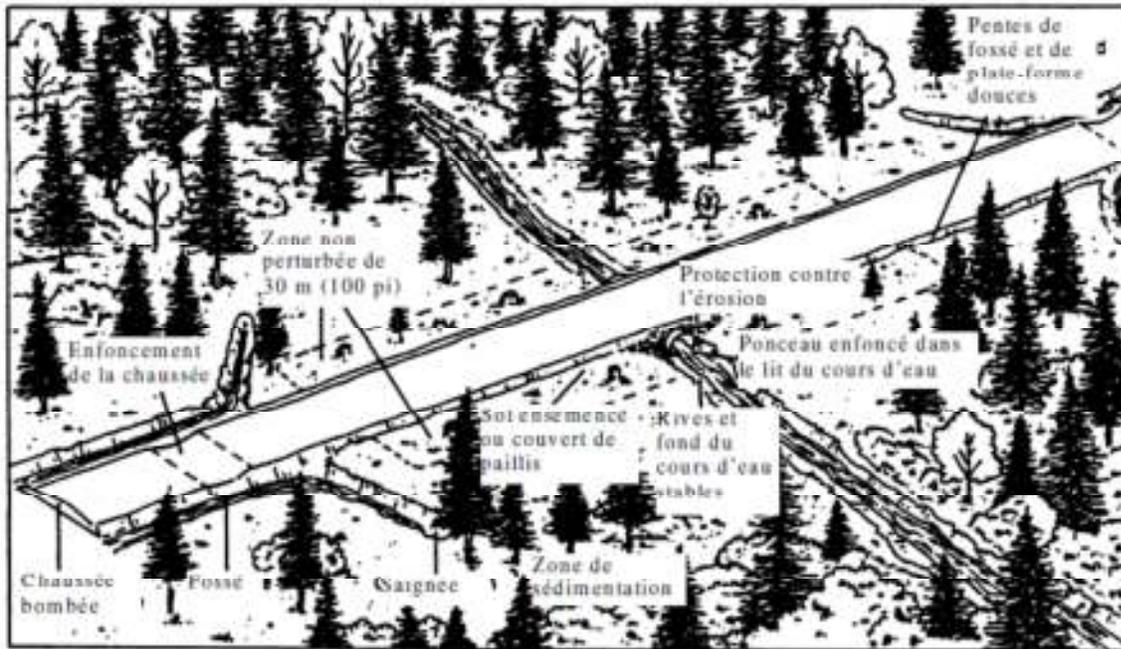


Figure 2.3 : Construction d'une traverse de ponceau (Tirée de Gouvernement du Nouveau Brunswick, 2004)

Lors de l'aménagement d'un ponceau, des mesures particulières doivent être prises à l'intention des frayères. Celles-ci sont essentielles aux poissons pour leur permettre de se reproduire et ainsi compléter leur cycle de vie et assurer la survie de l'espèce. En ce sens, il est strictement interdit d'installer un ponceau, un pont ou un pont amovible dans une frayère (Québec. MRN, 1997a). Puisque l'emplacement de toutes les frayères n'est pas connu, afin de les détecter, le site prévu pour l'aménagement d'un ponceau devrait être minutieusement observé pour prélever des indices de la présence possible de certaines espèces de poissons. Le tableau 2.1 présente certaines caractéristiques des frayères qui peuvent servir d'indices.

Tableau 2.1 : Caractéristiques des frayères (Tiré de MRN, 1997).

Caractéristiques	Ombie de fontaine	Saumon atlantique	Doré
Vitesse du courant (mètre / seconde)	de 0,4 à 0,9	de 0,4 à 1	de 0,5 à 1,5
Température de l'eau (°C)	de 2 à 10	de 2 à 8	de 6 à 11
Profondeur (cm)	de 10 à 30	de 20 à 200	de 20 à 180
Substrat (diamètre en cm)	gravier de 0,9 à 5	gravier, gros gravier, roche de 1 à 10	du gravier aux galets de 0,5 à 25

Le ponceau doit reposer sur un sol stable composé de gravier ou de sable. Le tuyau doit suivre la pente naturelle du cours d'eau et il doit être enfoui à au moins 10 % de sa hauteur afin de recréer le lit naturel du cours d'eau et de ne pas entraver la libre circulation des poissons (Martel, 2004). De plus, il ne doit pas rétrécir le cours d'eau de plus de 20 % (*ibid.* 2004). Il est préférable de construire la traverse de cours d'eau en dehors de la période de montaison du poisson lorsque le niveau de l'eau est à son plus bas (*ibid.*, 2004). Tous les ponceaux doivent être stabilisés. Afin de réduire les risques d'érosion et d'affouillement, les deux extrémités doivent être protégées par un revêtement de géotextile et de pierres concassées de 10 à 20 cm de diamètre. (RAPPEL., 2012a).

La figure 2.4 présente une installation adéquate de ponceau pour limiter les impacts sur la faune aquatique: la pente est inférieure à 1 %, le tuyau est enfoui à 10 %, la profondeur de l'eau à l'intérieur du ponceau en période d'étiage est d'au moins 15 cm, les extrémités ne créent pas de chute, le rétrécissement de la largeur du cours d'eau n'excède pas 20 % et la vitesse de l'eau n'est pas augmentée par la présence du ponceau (Gouin et autres, 1991).



Figure 2.4 : Installation adéquate de ponceau (Tiré de Hotte et Quirion, 2003)

Une fois les chemins forestiers bien planifiés et conçus dans les règles de l'art, il convient de les entretenir de façon adéquate. Le but visé lors de l'entretien des chemins est de maintenir l'accès au territoire, protéger les investissements faits dans les infrastructures et bien entendu, minimiser les impacts négatifs du réseau routier sur la qualité de l'eau, les habitats aquatiques et les autres ressources naturelles (Latrémouille, 2012). À ce jour, plusieurs techniques ont été mises au point et sont devenues dans certains cas, la norme pour l'entretien des chemins. Dans le cadre de cet essai, les techniques utilisées pour la surface des chemins ne sont pas considérées toutefois, les techniques pour l'entretien des fossés font l'objet d'une revue détaillée.

En 1996, le Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs et des cours d'eau (RAPPEL), a proposé au ministère des Transports du Québec (MTQ) une nouvelle méthode pour l'entretien des fossés publics (Ministère des Transports du Québec, 2004). Cette méthode dite du tiers inférieur consiste à laisser les deux tiers de la végétation sur la surface supérieure des fossés lors de leur entretien et elle a pour but de diminuer l'impact environnemental de celui-ci en réduisant l'érosion (Monast Robineau, 2007). Or, en 2002, considérant son succès, cette méthode a acquis le statut de norme (Ministère des Transports du Québec, 2003). Jusqu'en 2007, aucune étude n'avait été réalisée pour évaluer les gains environnementaux et économiques générés par l'adoption de cette méthode. C'est alors que Pascal Monast Robineau s'est attaqué à la question dans le cadre de sa thèse de maîtrise en géomatique appliquée à l'Université de Sherbrooke. L'étude a été réalisée en Estrie où les formations meubles sont représentatives de la région, soit le till. Les résultats sont étonnants, l'utilisation de la méthode du tiers inférieur réduit le volume de matériaux érodés de minimum 75 % par rapport à la méthode traditionnelle et cette proportion augmente avec l'accentuation de la pente pouvant atteindre 94 % dans les fossés à pente forte (Monast Robineau, 2007). Le ministère des Ressources naturelles suggère d'utiliser cette méthode également pour les fossés des chemins forestiers (Molloy, 2001).

Une seconde technique de gestion environnementale des fossés consiste à ensemercer les zones où le sol est dénudé immédiatement après les travaux et couvrir les semences avec un paillis afin de favoriser la reprise rapide de la végétation (RAPPEL, 2012a). En cas de pluie abondante, il peut être opportun de renouveler le paillis et de réensemencer si le taux de germination n'a pas dépassé les 80 % (*ibid.*, 2012a). Le but de cette technique étant de contrer l'érosion, l'installation de la végétation doit se faire le plus rapidement possible. Le paillis peut être remplacé par un matelas anti érosion composé généralement de

bois, de paille ou de coco (*ibid.*, 2012a). Le matelas protège les sols de la pluie et du vent plus efficacement que le paillis (*ibid.*, 2012a).

Dans les fossés à faible débit occasionnel, lorsque nécessaires, des boudins de rétention biodégradables peuvent être utilisés afin d'intercepter les sédiments et ralentir la vitesse de l'eau. Cette technique est applicable dans les secteurs de pente faible. (*ibid.*, 2012a).

Dans les fossés à fort débit dont la pente varie entre 3 % et 10 %, il peut être nécessaire d'installer des seuils de rétention afin de ralentir la vitesse d'écoulement des eaux et de réduire son potentiel érosif. Ces seuils sont des digues de pierres permanentes qui doivent respecter des normes très précises pour assurer leur efficacité et éviter qu'elles n'augmentent les problèmes d'érosion pour lesquels elles sont installées. Le guide sur la gestion environnementale des fossés est très explicite à ce sujet. En amont d'un seuil, il peut être judicieux, dans certains cas, de faire une trappe à sédiment pour ralentir l'écoulement et favoriser la sédimentation. Il s'agit d'une cavité creusée dans le fossé très efficace lorsqu'elle est utilisée à répétition dans les fossés drainant une aire de travail ou ceux qui se déversent directement dans un plan d'eau. Dans les pentes supérieures à 10 % et à fort débit, en dernier recours, il peut être opportun de carrément procéder à l'enrochement total du fond du fossé et du talus pour limiter l'érosion. (*ibid.*, 2012a).

Bien que toutes ces techniques soient issues des recommandations du RAPPEL pour la voirie municipale et provinciale, elles sont toutes applicables en milieu forestier. Les dispositions présentées ici, font partie du RNI et sont intégrées aux divers guides sur les saines pratiques d'interventions en forêt privée.

Le prochain chapitre présente la méthodologie utilisée pour effectuer les analyses de cas d'aménagement de chemins forestiers sur le territoire de la MRC du Granit.

3 MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présentant la méthodologie est divisé en quatre sections distinctes : le choix des cas d'aménagement de chemins forestiers sur le territoire de la MRC en fonction du bassin versant drainé par chacun, la méthode de calcul retenue pour évaluer les débits de pointe afin de quantifier les apports d'eau au réseau hydrique naturel, la méthode d'évaluation des volumes d'eau générés par le drainage des chemins forestiers à partir des débits calculés et la méthode d'analyse comparative qualitative relative aux impacts environnementaux, économiques et sociaux du drainage de ces chemins.

3.1 Choix des cas analysés en fonction des bassins versants drainés

Cette partie du travail démontre comment a été effectué le choix des cas analysés dans le cadre de cet essai. Comme la MRC du Granit est divisée en deux territoires topographiques distincts, il s'est avéré important d'en tenir compte et de choisir des cas représentatifs de ces deux secteurs. Ainsi, ces cas se sont avérés dispersés au nord, au sud et à l'est du territoire comme il sera vu plus loin.

Lors du choix des cas d'aménagement de chemins forestiers analysés, une attention particulière a été portée sur la superficie des bassins versants drainés par ces chemins. En effet, comme déjà mentionné, pour qu'un fossé soit considéré comme un cours d'eau, il doit drainer une superficie de 100 hectares ou plus. Cette condition est essentielle pour que le fossé relève de la compétence de la MRC. Cette évaluation est faite à partir de la matrice graphique du service de géomatique de la MRC du Granit avec son autorisation. La délimitation des bassins versants drainés par les chemins s'effectue grâce aux lignes de partage des eaux.

La figure 3.1 présente la localisation approximative des chemins forestiers ciblés pour l'analyse de cas dans le réseau hydrographique de la MRC du Granit. Deux des chemins se trouvent dans le grand bassin versant de la rivière Chaudière soit, à l'est et au sud du territoire et un dans celui de la rivière Saint-François, au nord-ouest de la MRC.



Figure 3.1 : Position des chemins forestiers (Autorisé par MRC du Granit, Service de géomatique, 2015)

3.2 Quantification du ruissellement

Cette section présente la méthodologie utilisée pour quantifier le ruissellement généré par chacun des cas analysés sur le territoire de la MRC du Granit.

La quantité et le temps de ruissellement dans un bassin versant donné dépendent de plusieurs facteurs et la réponse hydrologique de ce dernier varie en fonction de variables météorologiques telles les caractéristiques des pluies et de variables physiographiques comme la dimension, la forme et la pente du bassin, le type de sol et le pourcentage imperméable (Québec. MDDELCC et MAMROT, 2014). Les processus affectant le ruissellement étant complexes, les différentes méthodes d'évaluation des débits et des volumes contiennent une large part d'incertitude et cela est d'autant plus vrai en milieu forestier où les surfaces imperméables se font rares, car l'incertitude s'amenuise avec l'augmentation de l'imperméabilité (*ibid.* 2014). La méthode rationnelle pour l'évaluation des débits de ruissellement est largement utilisée en Amérique du Nord, car elle est simple et facile à utiliser. Toutefois, selon le Guide sur le drainage sylvicole du ministère de l'Énergie et des Ressources (1989), cette méthode a tendance à surévaluer les débits de pointe, il est donc préférable dans le cadre de cet essai d'utiliser la méthode de l'hydrogramme triangulaire.

L'utilisation de la méthode de l'hydrogramme triangulaire permet de quantifier des débits de pointe et requiert l'évaluation de différents paramètres. D'abord, la superficie du bassin versant dont les eaux de ruissellement sont drainées par le chemin étudié doit être évaluée. Dans le calcul des débits, seul le

ruissellement superficiel est considéré; les autres types d'écoulement étant négligeables dans les cas étudiés. L'intensité des pluies est également prise en considération. Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) et les données de précipitation utilisées pour chacun des cas s'avèrent celles des stations les plus près des chemins forestiers étudiés. Les données des stations de Lac-Mégantic, Woburn et Lingwick ont donc été retenues. Elles se retrouvent aux annexes 2, 3 et 4. Elles proviennent du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux Changements climatiques et d'Environnement Canada. En hydrologie, l'intensité utilisée dépend de la période de récurrence ou de retour qui elle, est la période qui sépare deux épisodes de précipitations données. En milieu forestier, la période retenue est de 2 et 5 ans (Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1989).

La formule de l'hydrogramme triangulaire utilisée pour évaluer les débits de pointe des trois cas d'aménagement de chemins forestiers analysés est la suivante:

$$Q = \frac{A \cdot C \cdot H}{57(5,28 \cdot S)^{-0,43} Pf^{0,27}}$$

Figure 3.2 : Équation de l'hydrogramme triangulaire (Tiré de Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1989)

Q = débit de pointe (m³/s)

A = superficie du bassin versant (km²)

S = pente du cours d'eau (m/km)

Pf = pourcentage de superficie du bassin versant en forêt

H = précipitation totale pour un temps de concentration et pour une récurrence donnés

C = Coefficient de ruissellement

La valeur du coefficient de ruissellement représente le quotient de la lame d'eau qui ruisselle à la surface du sol par rapport à la lame d'eau totale accumulée lors de la précipitation. Cette valeur est trouvée en appliquant la formule suivante (*ibid.*, 1989) :

C = 1 – [a+b+c] où

a = Facteur de topographie

Terrain plat, pente 0,2 à 0,6 m/km	0.30
------------------------------------	------

Terrain vallonné, pente de 2 à 4 m/km	0.20
Terrain montagneux, pente de 25 à 50 m/km	0.10
b = Facteur de sol	
Argile compacte, imperméable	0.10
Mélange moyen d'argile et de loam	0.20
Loam sableux bien aéré	0.40
c = Facteur de couvert végétal	
Terrains cultivés	0.10
Forêt	0.20

Dans le cadre de cet essai, le coefficient de ruissellement utilisé pour les cas analysés est calculé à partir de cette dernière formule conçue pour les zones forestières ou sylvicoles. Les résultats obtenus concernant les débits de pointe auraient été inférieurs en ayant utilisé le tableau des coefficients de ruissellement en zone rurale du MTQ (1995) si les chemins étudiés avaient été présents dans des bassins versants en zone agricole.

Afin de pouvoir comparer les trois cas analysés, le type de sol sélectionné est le mélange moyen d'argile et de loam. De plus, dans tous les cas, le couvert végétal est forestier et le pourcentage de la superficie du bassin versant en forêt est de 95 %.

Lors de la transformation de la pluie nette en hydrogramme de ruissellement, deux hypothèses peuvent être considérées : la réponse hydrologique du bassin versant peut être assumée linéaire ou non linéaire. La réponse hydrologique linéaire, ce qui est le cas de la méthode de l'hydrogramme triangulaire, sous-tend une augmentation proportionnelle des débits calculés avec l'augmentation des valeurs d'entrées d'eau. Cette approche linéaire ne peut donc que fournir un débit de pointe. Ce dernier est le débit maximal d'un bassin versant pour une précipitation donnée. En réalité, les débits ne varient pas automatiquement au même taux que la pluie nette. Il y a un temps de décalage entre le moment où se produit le débit maximal et celui où la pluie nette est observée. En effet, à Montréal et à Québec, pour une pluie de 60 minutes, il se passe respectivement 27 et 23 minutes avant la pointe. De plus, la distribution temporelle pour une quantité de pluie donnée peut avoir une influence non négligeable sur les débits de ruissellement générés. La figure 3.3 démontre un hyétoqramme typique d'une pluie dite de Chicago. Ce modèle est très utilisé en Amérique du Nord. Celui-ci traduit la variation de l'intensité en

fonction de la durée d'une pluie à partir des données Intensité-Durée-Fréquence (IDF) pour une période de retour donnée. (Québec. MDDELCC et MAMROT, 2014).

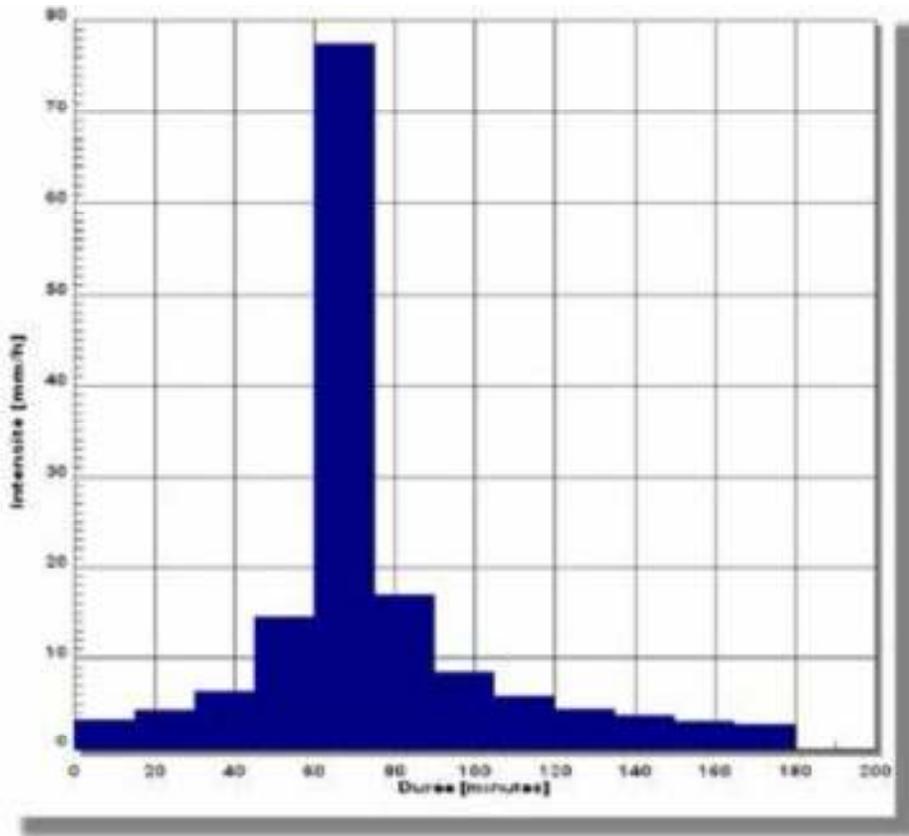


Figure 3.3 : Exemple de pluie de Chicago d'une durée de 3 heures pour une période de retour de 1 dans 5 ans (Tiré de Québec. MDDELCC et MAMROT, 2014).

Un fait à remarquer est que le moment où l'intensité est maximale ne dure que 20 minutes pour une pluie de 3 heures. Ce facteur est à considérer pour l'analyse de cas puisque les résultats obtenus sont des débits de pointe. La distribution temporelle de l'intensité et des débits est non homogène.

La figure 3.4 présente la distribution réelle d'une pluie dans le sud du Québec. Il apparaît clair que la pluie n'est pas d'intensité égale et uniforme sur un territoire donné.

Dans l'analyse de cas, un facteur important n'est pas considéré puisque l'analyse est basée sur des pluies fictives. Les conditions d'humidité du sol qui prévalent avant l'arrivée d'une pluie ont une influence sur la quantité de ruissellement et les débits de pointe. Généralement, les conditions d'humidité du sol sont

corrélées avec les précipitations observées dans les jours précédents l'évènement évalué. Pour les cas étudiés, le taux d'humidité retenu est normal tout en sachant qu'un sol sec ou saturé d'eau ne réagit pas de la même façon à un même évènement pluvial.

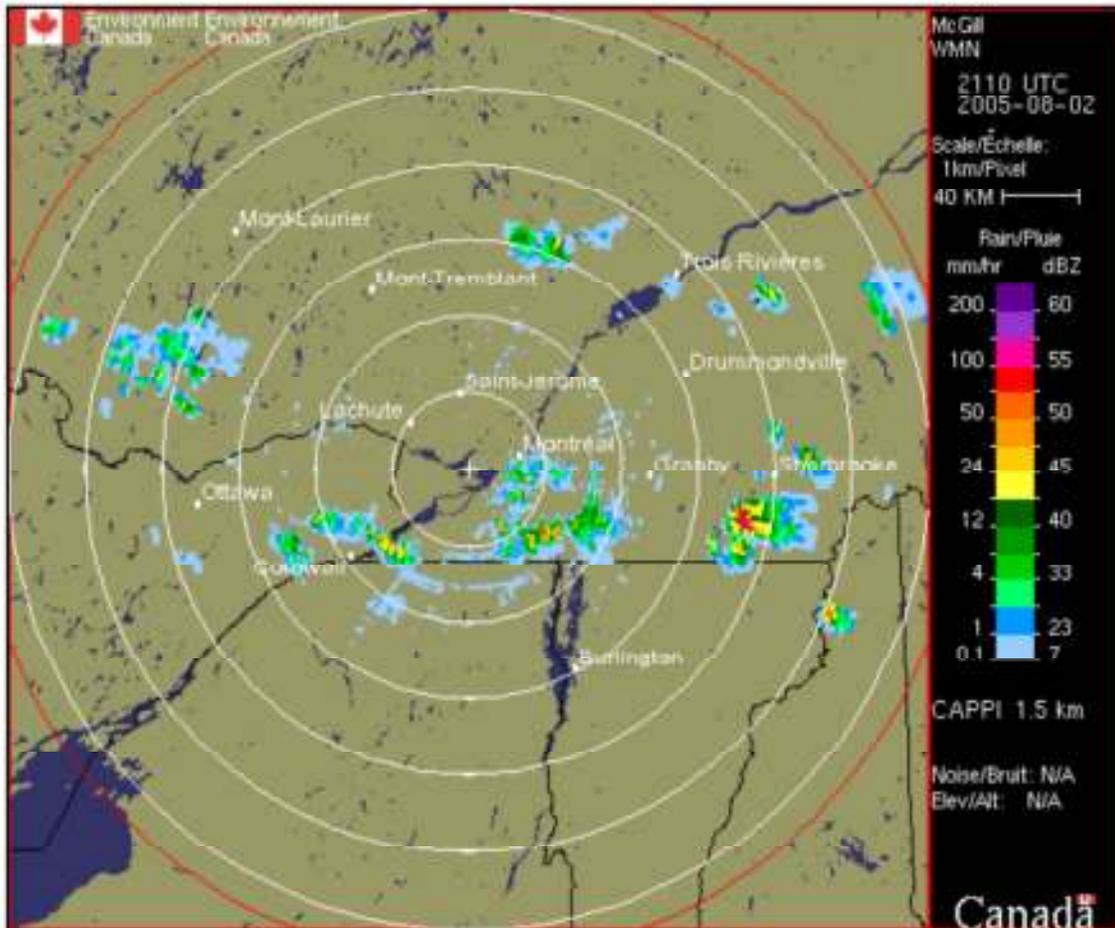


Figure 3.4 : Image radar météorologique de la station Mc Gill de la distribution et l'intensité d'une pluie dans le sud du Québec le 2 août 2005 à 18 heures. (Environnement Canada, 2005)

Comme déjà mentionnées, cinq variables entrent dans l'évaluation des débits de pointe avec la méthode de l'hydrogramme triangulaire soit : la superficie du bassin versant, la pente du cours d'eau (le fossé dans les cas à l'étude), le pourcentage de superficie du bassin versant en forêt, la précipitation totale pour un temps de concentration et pour une récurrence donnée ainsi que le coefficient de ruissellement. Traditionnellement, le temps de concentration correspond au temps de parcours d'une goutte d'eau s'écoulant de la partie la plus éloignée du bassin versant jusqu'au point d'intérêt ou l'exutoire (MDDELCC et MAMROT, 2014). Aujourd'hui, on estime que c'est le parcours d'une onde en provenance du point le plus éloigné (*ibid.*, 2014). La définition traditionnelle est retenue aux fins de cet essai. Selon le Guide sur

le drainage sylvicole, le temps de concentration à considérer pour les bassins versants de moins de 12 km² est de 6 heures (Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1989). C'est donc cette valeur qui est utilisée pour les analyses de cas. Le coefficient de ruissellement s'avère le paramètre le plus subjectif dans l'application de la méthode puisqu'il dépend de la nature de la surface, de la pente, du stockage possible en surface, du degré de saturation en eau du sol et de l'intensité de la pluie (MDDELCC et MAMROT, 2014). La valeur choisie ne tient pas compte des conditions antérieures de pluie, des durées variables de pluie ou des périodes de retour. Communément, le choix du coefficient est associé au type de surface, mais avec la méthode de l'hydrogramme triangulaire, des facteurs de topographie, de sol et de couvert végétal sont considérés (Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1989)

Les résultats obtenus quant aux débits de pointe doivent être envisagés comme des estimations qui permettent d'effectuer une comparaison entre les trois cas étudiés et de soulever ultimement des pistes de solutions aux problèmes rencontrés sur le territoire. Selon la méthode utilisée pour effectuer le calcul des débits de pointe, les résultats peuvent différer significativement. Par exemple, l'utilisation de la méthode rationnelle pour calculer le débit de pointe du cas majeur a donné un résultat plus que 2 fois plus important qu'avec la méthode de l'hydrogramme triangulaire. Ainsi, pour une récurrence de 1 dans 2 ans, le débit obtenu avec la méthode rationnelle est de 5,6 m³/s alors qu'avec la méthode de l'hydrogramme triangulaire, le résultat est de 1,77 m³/s et ce, pour le même événement de pluie. Comme les résultats sont surévalués avec la méthode rationnelle, la méthode de l'hydrogramme triangulaire a été retenue aux fins de cet essai. À titre informatif, la formule de la méthode rationnelle est la suivante : $Q = CIA/360$ où C est le coefficient de ruissellement, I est l'intensité de la précipitation pour une durée égale au temps de concentration et A est la superficie du bassin versant (MDDELCC et MAMROT, 2014).

3.3 Méthodologie d'évaluation des volumes d'eau générés par le drainage des chemins forestiers étudiés

Cette section présente la méthodologie utilisée pour évaluer les volumes d'eau générés par le drainage des chemins forestiers analysés à partir des débits de pointe calculés préalablement.

Connaissant les débits de pointe générés par chacun des cas étudiés grâce à la méthode de l'hydrogramme triangulaire, il est possible d'évaluer le volume ruisselé pour chacun des chemins à l'étude et comparer l'apport de chacun au réseau hydrique en période de pointe. La formule utilisée

pour ce calcul nécessite de connaître le temps de concentration (Tc) en heure et le débit de pointe dans le bassin versant (Qp) (Stämpfli, 2008). La formule est la suivante :

$$Vr = 3600 \times Tc \times Qp$$

Vr : Volume ruisselé (m³)

Tc : Temps de concentration (h)

Qp : Débit de pointe (m³/s)

Pour l'utilisation de cette formule, le temps de concentration est calculé à partir de l'équation de Bransby-Williams afin d'obtenir des volumes réalistes étant donné que la période de pointe ne dure pas 6 heures comme démontré avec la présentation de l'hétéogramme de la pluie de Chicago.

$$t_c = \frac{0.057 L_c}{S_c^{0.2} A_b^{0.1}}$$

Figure 3.5 : Équation du temps de concentration (Tirée de Québec. MDDELCC et MAMROT, 2014)

t : Temps de concentration (min.)

L : Longueur du cours d'eau (m)

S : Pente ⁸⁵⁻¹⁰ (pente calculée en enlevant à la longueur 10 % en aval et 15 % en amont) (%)

A : Superficie du bassin versant (ha)

Une fois les débits de pointe et les volumes d'eau générés par le drainage des chemins forestiers connus, il devient possible d'évaluer les impacts potentiels relatifs aux cas à l'étude.

3.4 Méthodologie de l'analyse comparative qualitative

Dans cette section, la méthode d'analyse comparative qualitative des impacts environnementaux, économiques et sociaux est présentée.

L'analyse comparative consiste à évaluer qualitativement l'importance relative des impacts environnementaux, économiques et sociaux des trois cas étudiés grâce à une grille d'évaluation des impacts et de critères choisis en fonction de la problématique des chemins forestiers. L'évaluation est

basée sur les effets présumés du drainage des chemins forestiers en fonction des valeurs calculées de débits, de temps de concentration et de volume d'eau généré par une pluie donnée sur leur bassin versant respectif. Une valeur sur une échelle entre -2 et 2 est attribuée à chacun des critères. Les valeurs attribuées ont la signification suivante :

-2 : Impact très négatif

-1 : Impact négatif

0 : Aucun impact ou négligeable

+1 : Impact positif

+2 : Impact très positif

Les critères environnementaux choisis sont les impacts sur la qualité de l'eau, le sol et ceux découlant du pourcentage de couvert forestier dans les bassins versants drainés par les chemins forestiers étudiés. Au niveau économique, l'accès aux ressources, l'entretien routier et les revenus associés à l'utilisation des chemins forestiers sont retenus. En ce qui concerne les aspects sociaux, les impacts liés à la sécurité publique, aux activités récréatives et d'usages possibles et la qualité des eaux de consommation sont les critères évalués. Chacun de ces critères est vu plus en profondeur lors de l'analyse soit, au chapitre 4.

4 ANALYSES DE CAS ET RÉSULTATS

Cette étape de l'essai est le cœur de celui-ci, car elle permet de soulever des pistes de solutions et des recommandations. L'information recueillie sert à estimer pour chacun des cas d'aménagement de chemins forestiers analysés, leurs impacts environnementaux, économiques et sociaux à l'aide d'une grille comparative qualitative. Par ailleurs, la comparaison est effectuée de façon quantifiée en ce qui concerne les apports d'eau au réseau hydrique naturel, et ce, en fonction de la superficie de leur bassin versant et de la pente du fossé.

4.1 Cas typique d'aménagement de chemins forestiers

Cette section présente le portrait du cas typique d'aménagement de chemin forestier analysé et les résultats obtenus quant aux débits générés par ce chemin. Bien qu'une bonne part du territoire de la MRC du Granit se situe en terrain montagneux, la figure 1.3 du chapitre 1 démontre qu'il y a plus de chemins forestiers dans sa partie vallonnée. Dans la MRC, les conditions d'aménagement de chemins forestiers telles celles du cas typique sont souvent rencontrées.

Le cas d'aménagement de chemin forestier typiquement rencontré sur le territoire de la MRC se situe dans le bassin versant de la rivière Saint-François, soit dans la zone vallonnée de la région du Granit, au nord-ouest. Ce chemin est caractérisé par une pente très douce (0,38 %) dans le sens naturel de l'écoulement des eaux. Il n'est pas bien positionné géographiquement par rapport aux courbes de niveau, ce qui est important lorsque la pente est forte, mais dans ce cas, ce n'est pas vraiment problématique. Ce chemin va rejoindre un cours d'eau naturel et se termine à cet endroit. Il est possible de soupçonner que l'eau des fossés de ce chemin se jette directement dans le cours d'eau. Malheureusement, comme cet essai s'est réalisé en période hivernale, ce chemin était fermé à la circulation et aucune visite de terrain n'a été effectuée. Toutefois, grâce à la matrice graphique de cartographie de la MRC du Granit, l'observation du chemin à l'étude a permis de déduire cette affirmation. La figure 4.1 présente ce chemin qui draine une superficie d'approximativement 1,09 km².



Figure 4.1 : Cas typiquement rencontré (Autorisé par MRC du Granit, Service de géomatique, 2015)

Afin d'évaluer, avec la méthode de l'hydrogramme triangulaire, les débits de pointe générés par le bassin versant drainé par les fossés de ce chemin, les données de précipitations de la station météorologique de Lingwick ont été utilisées pour des périodes de récurrence de 2 ans et 5 ans. Le tableau 4.1 présente la valeur des variables nécessaires aux calculs et les résultats obtenus.

Tableau 4.1 : Variables utilisées pour évaluer les débits générés par le cas typiquement rencontré et résultats obtenus

VARIABLES	RÉCURRENCE	
	2 ANS	5 ANS
A (km ²) Superficie	1,09	1,09
S (m/km) Pente	3,8	3,8
Pf (%) Pourcentage en forêt	95	95
H (mm) Hauteur d'eau	37,5	49,5
C Coefficient de ruissellement	0,4	0,4
Q (m³/s) Débit de pointe	0,3	0,4

4.2 Cas problématique d'aménagement de chemin forestier

Cette partie de l'essai dresse le portrait du cas d'aménagement problématique de chemin forestier dans la MRC et présente les résultats obtenus dans le calcul des débits de pointe. Ce type de chemin se retrouve souvent dans le secteur montagneux de la région principalement dans les secteurs de Woburn et Notre-Dame-des-Bois.

Le cas problématique majeur est caractérisé par une pente forte dans le secteur des hautes montagnes frontalières au sud de la MRC, dans le bassin versant de la rivière Chaudière. Le chemin lui-même a une pente de 6.7 % sur 1,7 km toutefois, dans l'ensemble du bassin drainé par ses fossés, à certains endroits, la pente a près de 12 %. De plus, l'eau en provenance de ce chemin arrive au bas de la pente et doit emprunter le fossé de la route provinciale entretenue par le MTQ. Le ministère a dû intervenir à maintes reprises dans ce secteur pour changer des ponceaux et procéder à l'entretien de la route.

Il est intéressant de noter que ce chemin ne suit en aucun cas les courbes de niveau et que la pente est forte et longue ce qui permet de soupçonner qu'il est fort possible que les fossés entraînent avec eux des sédiments générés par l'érosion. Le 22 avril 2015, une visite des lieux a permis de vérifier ces soupçons et de les confirmer. Les eaux de ruissellement drainées par les fossés de ce chemin doivent atteindre rapidement le cours d'eau naturel à proximité. Ce chemin ne présente aucune saignée pour dériver l'eau vers la végétation ni de bassin de sédimentation. Il représente très bien un cas de mauvaises pratiques. La figure 4.2 expose la problématique.



Figure 4.2 : Cas majeur (Autorisé par MRC du Granit, Service de géomatique, 2015)

Afin d'évaluer les débits de pointe du bassin versant drainé par les fossés de ce chemin, les données de précipitations de la station météorologique de Woburn ont été utilisées pour des périodes de récurrence de 2 ans et 5 ans. Le tableau 4.2 présente les valeurs des variables retenues pour l'évaluation du débit généré par le drainage du bassin versant avec la méthode de l'hydrogramme triangulaire.

Tableau 4.2 : Variables utilisées pour évaluer les débits générés par le cas problématique et résultats obtenus

VARIABLES	RÉCURRENCE	
	2 ANS	5 ANS
A (km ²) Superficie	1,57	1,57
S (m/km) Pente	67,4	67,4
Pf (%) Pourcentage en forêt	95	95
H (mm) Hauteur d'eau	35,1	46,3
C Coefficient de ruissellement	0,5	0,5
Q (m³/s) Débit de pointe	1,77	2,33

4.3 Cas de bonnes pratiques d'aménagement de chemins forestiers

Cette section présente le cas de bonnes pratiques et les résultats obtenus dans le calcul des débits de pointe.

Le cas de bonnes pratiques en matière de drainage de chemins forestiers est situé dans le bassin versant de la rivière Chaudière, sur le territoire de l'État, à l'est de la MRC. Le chemin forestier choisi est bien positionné par rapport aux courbes de niveau malgré le fait qu'il se situe dans une zone de fortes pentes (figure 4.3). Il en résulte que la pente moyenne de ce chemin est de 3,6 %; deux sections distinctes de respectivement 4,6 % et 2,6%.

Toute la zone est une exploitation forestière qui est tenue de respecter le RNI. Ce secteur a été inspecté par le service de l'environnement de la MRC à l'été 2014 dans le cadre du projet de caractérisation et il

s'est avéré conforme aux exigences du RCI 2008-14. La largeur minimale des bandes riveraines est respectée, l'installation des ponceaux pour la traverse de cours d'eau est adéquate et le chemin longe le ruisseau à bonne distance.

Les fossés de ce chemin drainent une superficie d'environ 1,01 km². Le chemin qui rejoint celui à l'étude traverse un cours d'eau. C'est un cas de bonnes pratiques puisqu'il est situé dans un endroit relativement plat et qu'il suit les courbes de niveau.



Figure 4.3 : Cas de bonnes pratiques (Autorisé par MRC du Granit, Service de géomatique, 2015)

Afin d'évaluer les débits de pointe générés par le bassin versant drainé par les fossés de ce chemin, les données de précipitations de la station météorologique de Lac-Mégantic ont été utilisées pour des périodes de récurrence de 2 ans et 5 ans.

Le tableau 4.3 présente les données et les résultats obtenus pour des récurrences de 2 et 5 ans. Malgré que ce cas représente les bonnes pratiques en voirie forestière, compte tenu de sa situation géographique (pente moyenne), les débits de pointe calculés sont plus élevés que ceux du cas typiquement rencontré.

Tableau 4.3 : Variables utilisées pour évaluer les débits générés par le cas de bonnes pratiques et résultats obtenus

VARIABLES	RÉCURRENCE	
	2 ANS	5 ANS
A (km ²) Superficie	1,01	1,01
S (m/km) Pente	36	36
Pf (%) Pourcentage en forêt	95	95
H (mm) Hauteur d'eau	34,6	45,7
C Coefficient de ruissellement	0,5	0,5
Q (m³/s) Débit de pointe	0,85	1,13

4.4 Comparaison des temps de concentration et des volumes d'eau

Dans cette partie de l'essai, à partir des valeurs de débits de pointe calculés précédemment et des temps de concentration trouvés avec l'équation Bransby-Williams, les volumes d'eau qui atteignent le réseau hydrique naturel en provenance de chacun des cas analysés peuvent être comparés. Ainsi, les impacts environnementaux, économiques et sociaux du drainage de ces chemins peuvent être estimés grâce aux résultats obtenus par rapport au volume d'eau.

Le tableau 4.4 présente la valeur des variables utilisées dans l'équation Bransby-William pour chacun des cas étudiés et les résultats des temps de concentration obtenus.

Tableau 4.4 : Temps de concentration calculé à partir de l'équation Bransby-Williams

Variables	Cas typique	Cas problématique	Bonnes pratiques
L (m) Longueur	2628	1685	1807
S (%) Pente	0,38	6,3	3,6
A (ha) Superficie	109	157	101
t (min.) Temps	113	40	50

Les temps de concentration obtenus sont cohérents et reflètent bien la situation de chacun des cas. En effet, il est normal d'obtenir un temps de concentration plus long (113 minutes) dans le cas typiquement rencontré puisque le fossé de ce chemin est plus long et la pente est très douce. En ce qui concerne le cas problématique ou majeur, le temps de concentration est le plus court puisque la pente des fossés est abrupte et ce chemin est le plus court (40 minutes). Le calcul de la pente 85-10 a diminué la valeur de la pente de ce chemin. Elle est passée de 6.7 % à 6.3 % ce qui a augmenté légèrement le temps de concentration calculé avec une pente de 6.7%. Quant au cas typique et celui de bonnes pratiques, le calcul de la pente 85-10 n'a pas changé la valeur moyenne obtenue. Malgré le fait que le chemin représentant les bonnes pratiques est en terrain montagneux, comme la pente est plus douce que dans le cas majeur, le temps de concentration est légèrement supérieur (50 minutes). À partir de ces temps de concentration, le volume total de ruissellement pour ces bassins versants est calculé avec l'équation présentée précédemment au chapitre 3, section 3.3. Le tableau 4.5 dévoile les résultats obtenus avec cette formule $V = 3600 \times T_c \times Q_p$ où V est le volume, T_c est le temps de concentration et Q_p , le débit de pointe.

Tableau 4.5 : Comparaison du volume total pour une pluie de 6 heures

Volume total pour une pluie de 6 heures pour le cas typique		
Variables	Récurrance	
	2 ans	5 ans
Tc (h)	1.8 (113 minutes)	1.8 (113 minutes)
Qp (m ³ /s)	0.3	0.4
V (m³)	1944	2592
Volume total pour une pluie de 6 heures pour le cas majeur		
Variables	Récurrance	
	2 ans	5 ans
Tc (h)	0,66 (40 minutes)	0.66 (40 minutes)
Qp (m ³ /s)	1.77	2.33
V (m³)	4205	5536

Comparaison du volume total pour une pluie de 6 heures suite

Volume total pour une pluie de 6 heures pour le cas de bonnes pratiques		
Variables	Récurrence	
	2 ans	5 ans
Tc (h)	0,83 (50 minutes)	0.83 (50 minutes)
Qp (m ³ /s)	0.85	1.13
V (m³)	2540	3376

À la lumière de ces résultats, il est clair que la pente a une influence majeure sur les débits de pointe et conséquemment sur le volume total d'eau ruisselée dans un bassin versant donné. Il est important cependant de garder à l'esprit que ces résultats ne sont que des estimations compte tenu de la complexité de la problématique et du nombre important de paramètres qui peuvent affecter la réponse hydrologique d'un bassin versant. Comme déjà mentionnés, le degré d'humidité du sol précédant la précipitation, le moment de la période de pointe lors de l'évènement de pluie et le type réel de sol dans les cas à l'étude n'ont pas été pris en considération. Toutefois, ces estimations permettent une analyse comparative qualitative des trois cas à l'étude.

4.5 Analyse comparative qualitative des impacts environnementaux, économiques et sociaux des chemins forestiers étudiés

Dans cette partie de l'essai, une grille comparative qualitative des impacts est présentée en donnant une valeur relative à chaque critère comprise entre -2 et 2. Dans la section «commentaires» de la grille, un aperçu des raisons pour lesquelles le cas visé par un astérisque a été évalué positif ou négatif est inscrit. Une moyenne globale des résultats obtenus donne une estimation de l'importance des impacts environnementaux, économiques et sociaux des chemins étudiés. Les trois situations sont uniques donc, il n'est pas possible de généraliser ces résultats à l'ensemble des chemins forestiers de la MRC.

Le tableau 4.6 présente cette grille d'analyse comparative et les résultats obtenus pour chacun des cas à l'étude.

Tableau 4.6 : Grille d'analyse comparative des impacts

	Cas typique	Cas majeur	Cas de bonnes pratiques	Commentaires
Environnement				
Qualité de l'eau	0	-2*	0	* érosion, MES, etc.
Sol	0	-2	-1*	* plusieurs chemins
Couvert forestier	1	1	-1*	*coupe forestière
Économie				
Accès aux ressources	2	1	2	
Entretien routier	0*	-1	-1	*peu utilisé
Revenus	1	1	2*	*foresterie
Société				
Sécurité publique	0	-2*	0	*route provinciale
Récréation et usage	2*	1	2	*parc national
Qualité de l'eau de consommation	0	-1	0	
Résultats				
Moyenne globale	0.66	-0.33	0.33	

Valeurs relatives entre -2 et 2.

La qualité de l'eau est le premier critère retenu en ce qui a trait aux impacts environnementaux. Bien qu'aucune mesure sur le terrain n'ait été effectuée, en ce qui concerne le cas majeur étudié, les débits calculés pour une pluie fictive de 6 heures permettent de croire que, compte tenu de la pente des fossés, il est fort possible d'assister à des phénomènes d'érosion. Il est permis de soupçonner une augmentation du taux de MES dans le cours d'eau en aval du chemin et une dégradation de la qualité de l'eau. Pour ces raisons, une valeur de -2 lui a été attribuée pour ce critère. Dans le cas de bonnes pratiques, le RNI est respecté donc, l'intégrité du milieu aquatique doit être préservée et la qualité de l'eau ne doit pas être affectée. L'impact de ce chemin est considéré négligeable. En ce qui concerne le cas typiquement

rencontré, la pente douce et les faibles débits générés après une pluie permettent d'évaluer les impacts sur la qualité de l'eau comme négligeables également.

Le second critère concerne le sol. Le phénomène d'érosion soupçonné pour le cas majeur entraîne des pertes via le réseau hydrique. Ces pertes de sol augmentent de manière non négligeable la quantité de contaminants qui atteint le réseau hydrique. Selon l'étude de Monast Robineau (2007), le volume de matériaux érodés dans une section de fossé de 37 m de long dont la pente a 5 % peut atteindre 11 m³ en 18 mois lorsque ce fossé est entretenu avec la méthode traditionnelle (section 7 de la figure 4.4). La mesure du volume de matériaux érodés a été effectuée grâce aux profils transversaux du fossé. La figure 4.4 présente les résultats de Monast Robineau pour ce fossé de 187 m de long divisé en 7 sections. Au total, en 18 mois, 36 m³ de sédiments ont été érodés dans ce fossé. En transposant ces résultats au cas de mauvaises pratiques rencontré dans la MRC, il est possible d'affirmer qu'une grande quantité de matériaux érodés atteint le réseau hydrique naturel. Ce cas obtient donc une valeur de -2.

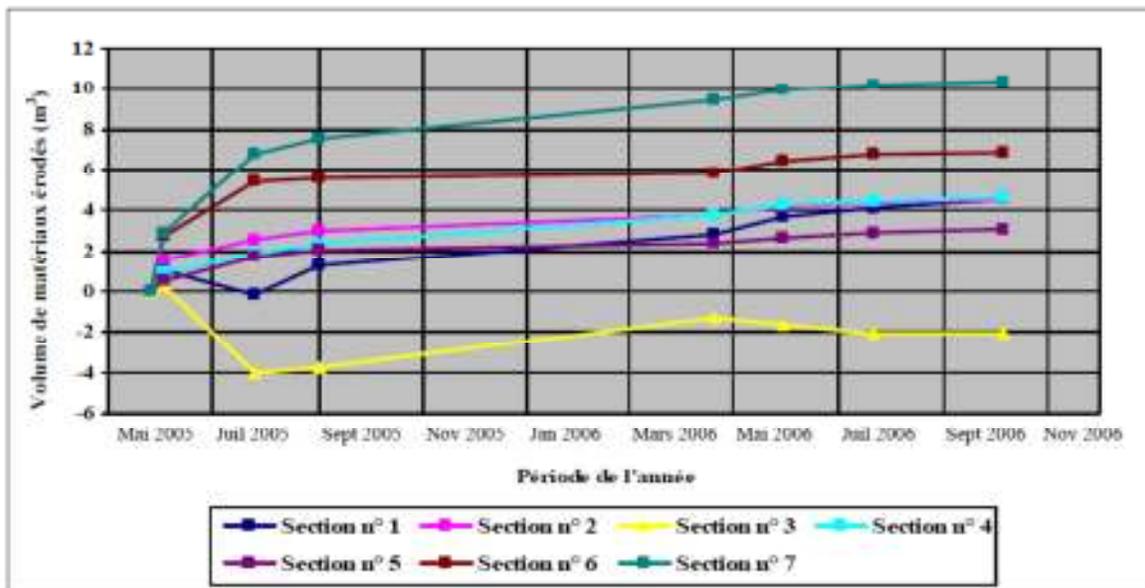


Figure 4.4 : Évolution de l'érosion dans un fossé entretenu avec la méthode traditionnelle entre mai 2005 et novembre 2006 (Tiré de Monast Robineau, 2007)

Pour le cas de bonnes pratiques, ce n'est pas vraiment l'érosion qui inquiète, mais le phénomène de compaction, car il est situé dans une exploitation forestière active et cette zone comprend de nombreux chemins. C'est pourquoi une valeur négative a été attribuée à ce cas pour le critère sol soit, -1.

Le maintien du couvert forestier atténue le ruissellement. Ce critère est à considérer puisqu'il influence la valeur du coefficient du ruissellement dans le bassin versant drainé par les fossés des chemins étudiés. Son maintien dans le cas typiquement rencontré et dans le cas majeur est favorable quant aux impacts sur l'environnement. Ils obtiennent tous deux une valeur de 1. Le cas de bonnes pratiques s'est vu attribuer une cote négative puisqu'il se situe en zone d'exploitation forestière intensive. La valeur de -1 lui est attribuée.

L'accès aux ressources multiples s'avère un critère positif dans les trois cas étudiés. C'est la raison d'être des chemins forestiers. Le cas typiquement rencontré donne accès à un parc national, le cas majeur à une érablière et le cas de bonnes pratiques permet l'exploitation forestière. Les cas typiques et de bonnes pratiques se voient attribués un 2 sur l'échelle des valeurs toutefois le cas majeur obtient un 1 puisque l'accès aux ressources serait tout de même possible s'il était mieux aménagé.

Les coûts liés à l'entretien du chemin typiquement rencontré sont jugés négligeables. Pour les deux autres cas, une valeur négative est attribuée soit en raison de la forte pente qui peut subir de l'érosion à mainte reprise ou de l'usage intensif avec de la machinerie lourde selon le cas donc, -1 pour ces deux cas.

Dans les trois cas, ces chemins permettent l'accès à une source de revenus. C'est pourquoi une cote positive leur est attribuée. Ce n'est pas les pratiques utilisées d'aménagement de chemins qui confèrent à ceux-ci une cote positive toutefois, leur seule présence a un impact positif sur la société c'est ce qui justifie que ce critère est tout de même considéré. Le cas de bonnes pratiques situé en zone d'exploitation forestière surpasse les deux autres avec une cote de 2, car il permet d'améliorer la situation financière de plusieurs familles de la communauté granitoise. L'importance économique de la foresterie sur le territoire a déjà été démontrée.

D'un point de vue sociétal, la sécurité publique est le premier critère retenu. Le cas typiquement rencontré et le cas de bonnes pratiques ne constituent pas une menace à la sécurité des gens ou de leurs biens. Les risques d'inondation dus au drainage par les fossés de ces chemins sont absents. Leurs impacts pour ce critère sont jugés négligeables donc, une cote de 0 leur sont attribuée. En ce qui concerne le cas de mauvaises pratiques cité le cas majeur, des risques sont bel et bien présents. Les apports d'eau importants au fossé de la route provinciale en aval peuvent endommager la structure routière et dans

des cas plus rares, inonder le voisin de l'autre côté de la route. La pire cote est attribuée pour ce cas soit, -2.

Le deuxième critère visant les impacts sur la société s'avère la possibilité récréative et l'usage du milieu. Les trois chemins ont un impact positif pour cet aspect. L'accès aux multiples ressources forestières, la possibilité de revenus et les activités récréatives possibles ne sont que quelques exemples de ce que ces chemins forestiers offrent à la société. Dans un territoire forestier à 87%, la population ne peut que bénéficier de ces accès à la forêt. Le cas majeur obtient tout de même un 1 puisque la possibilité récréative et l'usage seraient possibles si le chemin était mieux aménagé.

Le dernier critère évalué concerne la qualité de l'eau de consommation. Comme déjà mentionnés, dans la MRC du Granit, plusieurs ménages s'approvisionnent en eau de consommation à même les lacs de la région. Comme la majorité des lacs sont des lacs de tête qui se remplissent en bonne partie par les eaux de ruissellement, les mauvaises pratiques en matière de drainage des chemins forestiers peuvent avoir ultimement un impact sur la qualité de l'eau de consommation de plusieurs citoyens. En ce sens, le cas de mauvaises pratiques s'est vu attribuer une cote négative soit, -1. Quant au cas de bonnes pratiques et celui typiquement rencontré, leurs impacts sont considérés négligeables pour ce critère donc, 0.

Globalement, le cas typiquement rencontré et le cas de bonnes pratiques obtiennent tous les deux une valeur moyenne positive, respectivement 0.66 et 0.33 sur une échelle entre -2 et 2. Ce ne sont donc pas des chemins problématiques et leur présence est bénéfique dans la MRC. Des améliorations peuvent toujours être apportées et ce sera le sujet du chapitre 5 de cet essai. Le cas majeur quant à lui obtient une moyenne globale négative soit -0.33. C'est un cas problématique et des mesures d'atténuation des impacts devraient être prises dans les plus brefs délais. Par exemple, un enrochement, des seuils de rétention et des saignées pour dériver l'eau vers la végétation ou un bassin de sédimentation amélioreraient la situation.

4.6 Estimation du volume d'eau total qui rejoint les réseaux hydrographiques de la MRC

Il est difficile d'estimer de manière relativement précise le volume total d'eau qui rejoint les réseaux hydrographiques de la MRC lors d'une pluie de 6 heures. Bien que les paragraphes qui suivent présentent des scénarios purement fictifs, ils permettent de démontrer que les volumes d'eau circulant

dans les bassins versants de la MRC lors d'une pluie de 6 heures d'une récurrence 1 dans 2 ans sont de l'ordre du million de mètres cubes.

En supposant que l'ensemble des chemins forestiers serait soumis à une pluie d'une durée de 6 heures et que leurs bassins versants réagiraient tous comme le cas typique étudié, le territoire de la MRC recevrait au total 5 149 357 m³ d'eau soit 2 111 236 m³ dans le bassin versant de la rivière Saint-François (41%) et 3 038 121 m³ dans le bassin versant de la rivière Chaudière (59%). Pour arriver à ce résultat, on peut considérer que les 2,6 km du chemin typique génèrent un volume d'eau de 1944 m³ (récurrence 2 ans) donc, les 6887 km de chemins présents sur le territoire (sans les sentiers de motoneige et de VTT) fournissent un volume de 5 149 357 m³. Évidemment, ce scénario ne risque pas de se produire puisque chaque petit bassin drainé par chacun des chemins forestiers a une réponse hydrologique qui lui est propre en fonction de ses différentes caractéristiques telles que mentionnées précédemment au chapitre 3.

En effectuant le même calcul, considérant que tous les sous-bassins réagiraient comme celui du cas de bonnes pratiques, le volume total atteindrait 9 664 630 m³ : 3 962 498 m³ dans le bassin versant de la Saint-François et 5 702 132 m³ dans le bassin versant de la Chaudière.

Dans la pire des situations, si tous les sous-bassins drainés par l'ensemble des chemins avaient une réponse hydrologique comme celle du cas majeur vu précédemment, le volume total d'eau ruisselée sur le territoire de la MRC atteindrait 17 035 197 m³. Le bassin versant de la rivière Saint-François recevrait 6 984 431 m³ alors que le bassin versant de la rivière Chaudière en recevrait 10 050 766 m³. Ce scénario semble apocalyptique lorsqu'on prend en compte la force érosive de l'eau.

La transposition des valeurs obtenues pour les analyses de cas ne donne donc pas de résultats réalistes. Cependant comme toute l'eau ruisselée dans les bassins versants des rivières Chaudière et Saint-François se retrouve ultimement dans ces cours d'eau, il est possible d'estimer le volume d'eau qui transite par ceux-ci à partir des données des stations hydrologiques du Centre d'expertise hydrique du Québec.

Par exemple, le débit journalier moyen mensuel de la rivière Chaudière au mois de mai pour les années 2012 à 2014 est de 79.72 m³/s à la station de Saint-Martin située à la sortie de la MRC (Québec.

MDDELCC, 2003). En 6 heures, un volume total de 1 721 952 m³ d'eau s'écoule dans la rivière en provenance de la MRC. Nécessairement, toute cette eau provient des précipitations qui ont eu lieu sur le territoire du Granit précédemment, ce qui donne un bon estimé de la quantité d'eau ruisselée dans le bassin versant de la Chaudière dans la MRC. En utilisant les données maximales pour ce même mois, c'est-à-dire 283.1 m³/s, un volume de 6 114 960 m³ transit par la station de Saint-Martin. En avril 2014, le débit maximal de la rivière s'est élevé à 580.3 m³/s. Il n'est pas étonnant que la municipalité de Saint-Ludger ait connu des inondations à cette période.

En ce qui concerne le bassin versant de la rivière Saint-François, le débit journalier moyen au mois de mai pour les années 1979 à 2014 est de 78.27 m³/s à la station de Weedon qui se trouve tout juste en aval de la MRC (Québec. MDDELCC, 2003). En 6 heures, il s'écoule donc 1 690 632 m³ d'eau. Le débit maximal enregistré pour le mois de mai entre 1979 et 2014 est de 403.0 m³/s ce qui correspond à un volume de 8 704 800 m³ en 6 heures. Le mois d'avril 2014 a présenté le débit le plus élevé en 35 ans soit, 587.9 m³/s.

En additionnant les volumes obtenus à partir des moyennes du mois de mai pour les deux bassins versants, on peut estimer qu'une pluie de 6 heures sur le territoire de la MRC du Granit correspond à un volume ruisselé de 3 412 584 m³ d'eau. Ce volume est en deçà des valeurs trouvées avec les cas fictifs, mais n'en demeure pas moins important. Les données du Centre d'expertise hydrique du Québec se retrouvent aux annexes 5, 6, 7 et 8.

Toute cette eau qui voyage sur le territoire ne cause pas de problème sur l'ensemble de la région, mais bien à certains endroits spécifiques. Dans les secteurs montagneux, les chemins forestiers provoquent dans certains cas des problématiques majeures. En 2014, certains cas ont été répertoriés entre autres dans les municipalités de Woburn, Piopolis et Courcelles. Par exemple, des problèmes d'envasement d'érablières, de destruction de ponceaux et de sédimentation importante de certains cours d'eau ont été soulevés. Les figures 4.5 à 4.8 présentent certains cas problématiques rencontrés au cours de l'été 2014 sur le territoire de la MRC du Granit. La figure 4.5 démontre une accumulation sédimentaire dans un cours d'eau et la figure 4.6, l'envasement d'une érablière dans laquelle le cours d'eau est complètement sorti de son lit.



Figure 4.5 : Sédimentation d'un cours d'eau (Catherine Mercier, 2014)



Figure 4.6 : Envasement d'érablière (Catherine Mercier, 2014)

La figure 4.7 démontre un phénomène d'érosion des berges alors que la figure 4.8 présente un chemin forestier dans la bande riveraine d'un cours d'eau qui ne respecte pas la réglementation. Il semble donc que les problématiques relatives au drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit doivent être traitées au cas par cas malgré que des recommandations générales puissent être adoptées pour l'ensemble du territoire. Ces points importants seront abordés dans le chapitre qui suit présentant les solutions envisagées et les recommandations.



Figure 4.7 : Érosion des berges d'un cours d'eau (Catherine Mercier, 2014)



Figure 4.8 : Chemin forestier dans la bande riveraine

5 SOLUTIONS ENVISAGÉES ET RECOMMANDATIONS

Les différents impacts liés au drainage des chemins forestiers en matière d'aménagement durable du territoire et spécifiquement de gestion de l'eau impliquent la considération de mesures d'atténuation. Certaines mesures doivent être appliquées au cas par cas pour répondre à des besoins spécifiques de protection du réseau hydrique naturel alors que d'autres peuvent s'appliquer à l'ensemble du territoire du Granit.

Dans un premier temps, chacun des cas analysés dans le cadre de cet essai fera l'objet d'une revue des mesures applicables en fonction de leurs impacts possibles sur l'aménagement durable et la gestion de l'eau. Puis, des recommandations seront suggérées pour l'ensemble des chemins forestiers déjà présents sur le territoire et ceux à construire à l'avenir sous forme de plan d'action. Ensuite, une grille d'évaluation des impacts potentiels sera proposée comme outil de terrain afin de prendre des décisions éclairées face à diverses problématiques rencontrées. Ce chapitre se terminera avec une suggestion de démarche pour d'autres municipalités aux prises avec les mêmes problématiques que la MRC du Granit.

5.1 Recommandations pour le cas typiquement rencontré sur le territoire du Granit

La section suivante propose des recommandations en ce qui concerne le cas typiquement rencontré sur le territoire de la MRC du Granit.

Suite à l'analyse du cas typique en matière de drainage de chemin forestier, celui-ci s'est vu accorder une cote positive soit 0.66 sur une échelle de -2 à 2. Il fut toutefois soulevé que ce chemin aboutit directement sur un cours d'eau naturel et qu'il ne suit pas les courbes de niveau. Pour pallier à ces inconvénients, des mesures d'atténuation peuvent être considérées.

Idéalement, les eaux des fossés de ce chemin et de ruissellement de sa surface doivent être détournées vers la végétation 20 à 30 mètres avant d'arriver au cours d'eau en aval en utilisant la méthode de la saignée telle que vue aux pages 32 et 33. L'objectif de cette méthode est de réduire la force érosive de l'eau et ainsi minimiser l'apport de sédiments au cours d'eau situé en aval (Clément, 2004). Comme la pente de ce chemin est très faible, il n'est pas nécessaire dans ce cas d'aménager un bassin de sédimentation au bout de la saignée puisque le milieu récepteur est en mesure d'absorber l'eau et de la filtrer avant son arrivée au cours d'eau. Les figures 5.1 et 5.2 démontrent l'endroit où doivent être aménagées les saignées.

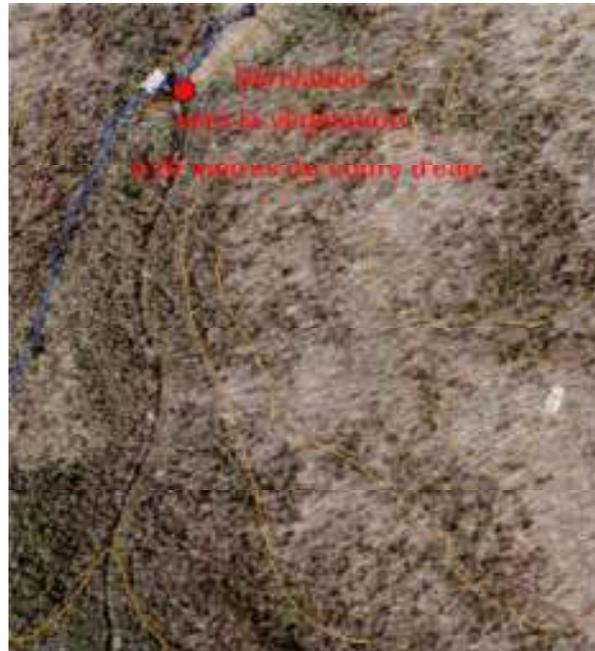


Figure 5.1 Dérivation vers la végétation des eaux des fossés à 20 mètres du cours d'eau



Figure 5.2 Dérivation vers la végétation des eaux des fossés pour le cas typiquement rencontré

Les fossés de ce chemin doivent être entretenus grâce à la technique du tiers inférieur qui consiste à excaver uniquement le tiers inférieur de la profondeur totale du fossé et à laisser la végétation intacte

sur les talus. Une zone tampon végétalisée de 20 mètres doit être laissée intouchée à l'approche du cours d'eau (RAPPEL, 2012a).

5.2 Recommandations pour le cas problématique majeur rencontré sur le territoire du Granit

Cette section suggère des solutions afin de minimiser les impacts négatifs du cas problématique analysé sur le territoire.

Le cas problématique est caractérisé par une pente forte dirigée dans le sens naturel de l'écoulement des eaux. L'analyse qualitative des impacts de ce chemin lui a attribué une cote négative soit -0.33. Plusieurs recommandations s'imposent en ce qui concerne le drainage de ce chemin.

Tout d'abord, il convient de mentionner que ce chemin n'aurait jamais dû être construit directement dans le sens de la pente. Il aurait été adéquat de le faire zigzaguer dans la montagne en suivant les courbes de niveau. Il est improbable que le propriétaire de ce chemin le condamne et en reconstruise un plus adéquat. Des mesures d'atténuation doivent donc être envisagées.

Des seuils de rétention en série doivent être installés pour ralentir la vitesse d'écoulement et réduire le potentiel érosif de l'eau. Ces seuils doivent respecter les règles établies dans le Guide technique du RAPPEL (2012a) tel que démontré à la figure 5.3.

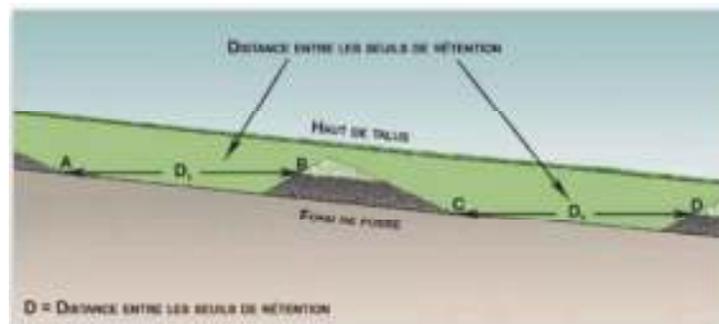


Figure 5.3 Installation adéquate de seuils de rétention (Tirée de RAPPEL, 2012a)

Les sections les plus abruptes du chemin doivent être enrochées entièrement tel que démontré à la figure 5.4. De plus, le détournement des eaux des fossés vers la végétation et des bassins de sédimentation serait adéquat. Ce détournement devrait être effectué à tous les 150 à 200 mètres. En ce

qui concerne l'entretien des fossés de ce chemin, la technique du tiers inférieur doit essentiellement être utilisée dans les sections non enrochées.



Figure 5.4 Enrochement complet du lit d'un fossé (Tiré de RAPPEL, 2012a)

Toutes ces mesures ont pour but ultime de minimiser la force érosive de l'eau dans les fossés et ainsi diminuer l'apport de sédiments au cours d'eau naturel.

5.3 Recommandations pour le cas de bonnes pratiques rencontré sur le territoire du Granit

Cette partie du travail propose des recommandations pour le cas de bonnes pratiques étudié dans le cadre de cet essai.

Le cas représentant les bonnes pratiques d'aménagement de chemin forestier peut faire également l'objet d'amélioration quant aux mesures d'atténuation utilisées. Ce chemin a une pente moyenne de 3.6 %, mais dans certaines sections, la pente a 4.6 %. Dans ces dernières, des saignées de dérivation de l'eau vers la végétation seraient une mesure adéquate à utiliser. Bien entendu, lors de l'entretien des fossés, la technique du tiers inférieur devrait être préconisée. Dans tous les cas et en particulier dans les cas de mauvaises pratiques, les fossés doivent être végétalisés afin de maintenir le sol en place et prévenir l'érosion.

5.4 Plan d'action pour l'ensemble des chemins forestiers de la MRC du Granit

Ce chapitre étant destiné à proposer des solutions et des recommandations, cette section suggère un plan d'action à adopter pour l'ensemble des chemins forestiers présents dans la MRC du Granit.

Le règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2008-14 (RCI) de la MRC prévoit déjà des mesures pour réduire l'apport de sédiments dans les cours d'eau. Le chapitre 6 du RCI 2008-14 est consacré au contrôle de l'érosion. Ainsi, selon l'article 6.5 c, l'établissement de chemins d'accès pour des travaux forestiers doit faire l'objet d'une demande de permis de remaniement des sols. Le nouveau RCI qui devrait entrer en vigueur en 2015 prévoit un chapitre supplémentaire concernant les normes relatives aux activités agricoles et forestières. L'article 7.6 stipule que toute personne qui procède à des activités agricoles ou forestières a l'obligation de prévenir l'apport de sédiments dans un plan d'eau en contrôlant l'érosion dans les zones à risque. Ainsi, si le règlement est adopté tel que prévu, une disposition supplémentaire protégera les cours d'eau de la sédimentation. La MRC aurait avantage à ajouter un article portant sur l'entretien des chemins forestiers. En effet, la technique du tiers inférieur devrait être imposée par voie réglementaire à même le RCI. Pour faire connaître l'existence de ce nouveau règlement, une annonce dans le journal local pourrait être publiée à quelques reprises.

Il serait intéressant d'organiser une campagne de sensibilisation aux saines pratiques de voirie forestière mentionnant l'importance lors de la construction de chemin d'effectuer une bonne planification environnementale du tracé des chemins, d'utiliser des techniques pour le rétablissement du drainage naturel et l'importance de l'application de bonnes techniques d'entretien. Cette sensibilisation pourrait être effectuée par l'envoi de dépliants explicatifs à tous les producteurs forestiers de la région rejoints à partir des listes de membres des groupements forestiers actifs sur le territoire du Granit. De plus, des visites d'exploitations forestières utilisant de bonnes pratiques pourraient être organisées, des présentations de vidéos démontrant les conséquences des mauvaises pratiques, des conférences sur le sujet et une capsule environnementale publiée dans le journal local destinée particulièrement au domaine forestier pourrait soutenir le projet de sensibilisation.

Comme ce sont les inspecteurs municipaux des différentes municipalités qui délivrent les permis lors de la construction de chemins forestiers, de la formation continue et un document d'information devraient leur être fournis afin qu'ils portent une attention particulière aux tracés prévus des chemins forestiers

pour lesquels ils accordent des permis. De plus, ils pourraient s’assurer que des mesures d’atténuation des impacts soient envisagées dès la planification des tracés.

À même le vaste projet de caractérisation des cours d’eau entrepris par la MRC, une attention particulière devrait être portée au drainage des chemins forestiers empruntés lors des différentes visites de terrain. La grille d’évaluation des impacts potentiels du drainage des chemins forestiers serait utilisée pour cibler les chemins problématiques de la région. Ainsi, la MRC pourrait dresser un portrait des chemins les plus problématiques sur son territoire.

En terrain privé, des mesures d’atténuation des impacts pourraient être entreprises et les propriétaires bénéficieraient d’aide financière grâce au programme de mise en valeur de la forêt privée géré par les groupements forestiers. Ce programme prévoit le remboursement de taxes foncières pour les travaux de mise en valeur. Des ententes avec les groupements forestiers de la région soit Aménagement forestier coopératif des Appalaches, Groupement forestier coopératif de Saint-François et Aménagement forestier coopératif de Wolf pourraient être entamées en ce sens.

Bien que ces suggestions ne soient qu’un pas vers la diminution des impacts négatifs du drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit, elles constituent tout de même des actions concrètes valables qui peuvent améliorer les pratiques lors de la construction future de chemins forestiers sur le territoire. D’autres mesures peuvent s’ajouter éventuellement pour améliorer ce plan d’action et ainsi atteindre les objectifs visés, c’est-à-dire, contrer les effets négatifs du drainage. Le tableau 5.1 résume le plan d’action suggéré à la MRC du Granit.

Tableau 5.1 Plan d’action suggéré

Objectif général	Objectifs spécifiques	Actions
Minimiser les impacts environnementaux, économiques et sociaux du drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit.	Règlementer l’entretien des fossés des chemins forestiers.	Rendre obligatoire la technique du tiers inférieur pour l’entretien des fossés des chemins forestiers par un nouvel article du RCI.

Plan d'action suggéré suite

Objectif général	Objectifs spécifiques	Actions
Minimiser les impacts environnementaux, économiques et sociaux du drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit.	Sensibiliser aux bonnes pratiques de voirie forestière.	Dépliants, visites, vidéos et conférences de sensibilisation aux producteurs forestiers.
		Capsule environnementale dans le journal local.
	Cibler les chemins forestiers problématiques.	Formation et documents d'information aux inspecteurs municipaux.
		Utilisation de la grille d'évaluation des impacts.

5.5 Grille d'évaluation comme outil de terrain

Cette section de cet essai présente une grille d'évaluation rapide des impacts comme outil de terrain.

Une grille d'évaluation permettant de juger rapidement des impacts potentiels du drainage d'un chemin forestier donné à partir de certains paramètres évalués directement sur le terrain peut être utile dans la prise de décision pour diminuer ces impacts sur le réseau hydrique naturel. Cette grille est une première étape de l'analyse de la situation permettant de cerner la problématique. L'analyse doit être complétée, dans certains cas particuliers, par des études cartographiques afin d'évaluer la superficie drainée par le chemin, le type de sol et le pourcentage de forêt. Suite à l'analyse, différentes options en vue de régler la problématique peuvent être envisagées de concert avec les différentes parties prenantes (propriétaire, exploitant forestier, municipalité, MRC, groupement forestier, etc. selon la problématique). Après avoir évalué les options possibles, une décision doit être prise selon la gravité de la situation et les moyens financiers disponibles. Enfin, les interventions retenues doivent être planifiées, les autorisations nécessaires doivent être obtenues, les travaux doivent être réalisés et un suivi doit être effectué.

La grille d'évaluation tient compte de quelques éléments qui influencent la gravité des impacts du drainage des chemins forestiers sur le milieu récepteur. Bien que plusieurs autres facteurs agissent sur la

réponse hydrologique d'un bassin versant drainé par les fossés d'un chemin, seuls les éléments suivants sont retenus pour évaluer rapidement si une intervention est nécessaire :

- Pente (%)
- Longueur du chemin (mètre)
- Érosion (longueur en mètre)
- Sédimentation (longueur en mètre)
- Cours d'eau naturel à proximité du chemin (distance en mètre)

Plus la pente du chemin est abrupte, plus les risques d'érosion sont élevés. Nécessairement, si la pente est forte, c'est que le chemin ne suit pas les courbes de niveau tel que proposé dans le Guide des saines pratiques en voirie forestière. La longueur du chemin a également une influence, car plus un chemin est long, plus la superficie drainée par ses fossés est grande. La longueur du chemin n'est qu'un indicateur puisque la superficie réelle du bassin versant d'un chemin ne peut être calculée qu'à partir des cartes topographiques. La présence de trace d'érosion ou de sédimentation indique une contamination potentielle des cours d'eau en aval du chemin. De plus, si un cours d'eau naturel est présent à proximité du chemin, particulièrement en aval, les risques de contamination sont plus élevés.

Afin d'évaluer la priorité d'intervention accordée à un chemin forestier, un système de cotation est conçu. Ainsi, une cote 1 est attribuée dans le cas où il y a urgence d'agir alors qu'une cote 4 est attribuée à un cas non problématique. Les cotes sont attribuées en fonction de la légende intégrée à la grille d'évaluation. Il peut être adéquat d'utiliser plusieurs grilles pour un même chemin afin de l'évaluer par section en fonction de la pente générale de chacune d'elle.

Tableau 5.2 Grille d'évaluation de la gravité des impacts potentiels du drainage des chemins forestiers et de la priorité d'intervention

Chemin forestier (adresse) :			
Critères	Mesure	Cote	Point GPS
Pente	0-2 %	4	
	2-5 %	3	
	5-10 %	2	
	> 10 %	1	

Grille d'évaluation de la gravité des impacts potentiels du drainage des chemins forestiers et de la priorité d'intervention suite

Critères	Mesure	Cote	Point GPS
Longueur du chemin	0-500 m	4	
	500-1000 m	3	
	1000-1500 m	2	
	> 1500 m	1	
Érosion (mètre)	0-1 m	4	
	1-2 m	3	
	2-5 m	2	
	> 5 m	1	
Sédimentation (mètre)	0-1 m	4	
	1-2 m	3	
	2-5 m	2	
	> 5 m	1	
Cours d'eau (mètre)	> 500 m	4	
	200-500 m	3	
	100-200 m	2	
	0-100 m	1	
Total : Additionner les cotes et diviser par 5 pour obtenir le niveau de priorité			

En appliquant cette grille aux cas étudiés dans le cadre de cet essai, les résultats obtenus reflètent bien chacune des situations. Ainsi, le cas de mauvaises pratiques d'aménagement obtient une cote moyenne de 1.8, le cas typiquement rencontré obtient 2.8 principalement en raison de la proximité du cours d'eau en aval et le cas de bonnes pratiques obtient 3. Ce dernier obtiendrait une meilleure cote si l'évaluation était faite pour des sections de chemin de moins de 500 m. La cote obtenue serait de 3.8 sur un maximum de 4. C'est pourquoi cette approche est préconisée lors des évaluations sur le terrain afin

d'éviter de proposer des mesures d'atténuation coûteuses qui ne seraient pas vraiment essentielles. Le tableau 5.3 présente les cotes obtenues pour chaque variable de la grille d'évaluation et les résultats obtenus pour les 3 cas étudiés.

Tableau 5.3 Grille d'évaluation des cas étudiés

Variables/Cas	Cas typique	Cas majeur	Bonnes pratiques
Pente	4	2	3
Longueur	1	1	1
Érosion	4	1	4
Sédimentation	4	4	4
Cours d'eau	1	1	4
Résultats	2.8	1.8	3

La dernière partie de ce chapitre propose une démarche à l'intention d'autres MRC ou municipalités aux prises avec les mêmes problématiques que la MRC du Granit en ce qui concerne le drainage des chemins forestiers.

5.6 Démarche proposée pour d'autres municipalités du Québec

Cette dernière partie de l'essai propose une démarche à l'intention d'autres municipalités du Québec qui font face à la même problématique que la MRC du Granit.

D'autres régions du Québec rencontrent assurément des problématiques semblables à celles de la MRC du Granit. Par exemple, la Gaspésie qui possède un vaste réseau routier forestier fait face à ces problématiques. Or en 2014, Gauthier et Varady-Szabo ont documenté différents types de mesures pour minimiser les impacts du réseau routier dans la réalité gaspésienne (Gauthier et Varady-Szabo, 2014). Trois types de mesures d'atténuation des impacts ont été retenus soit : des mesures par abandon naturel, des mesures par blocage de l'accès au territoire et des mesures par la modification des infrastructures en place (*ibid.*, 2014). Ce qu'il est intéressant de noter ici, c'est que ces mesures sont adaptées pour la Gaspésie. Dans le cadre d'une démarche pour contrer les effets négatifs du drainage

des chemins forestiers dans une région donnée, il importe donc que les mesures adoptées soient adaptées à la réalité de cette région.

Dans la MRC du Granit, le projet de caractérisation des cours d'eau a contribué à la prise de conscience de l'existence de la problématique du drainage des chemins forestiers. Ce type de projet peut constituer le point de départ pour d'autres municipalités qui font face aux mêmes problématiques que la MRC du Granit. Tout en effectuant la caractérisation des cours d'eau d'une région, une attention particulière peut être portée au drainage des chemins forestiers afin de dresser le portrait de la situation. La grille d'évaluation rapide des impacts potentiels peut être utilisée pour répertorier les chemins les plus problématiques.

Une fois les chemins problématiques ciblés, il convient d'explorer les solutions possibles pour pallier à la situation pour les cas les plus urgents dans un premier temps puis, pour les autres par ordre de priorité par la suite. Les solutions retenues doivent être favorables pour l'environnement, abordables financièrement et acceptables socialement. Un consensus entre tous les intervenants est essentiel dans une optique de développement durable.

En résumé, la première étape consiste à cibler les cas problématiques. Pour ce faire, la municipalité ou la MRC concernée peut opter pour une caractérisation systématique des chemins forestiers de son territoire ou encore jumeler celle-ci à une caractérisation des cours d'eau ou autres études sur le terrain.

En second lieu, il convient d'effectuer une revue exhaustive des solutions envisageables de concert avec tous les intervenants touchés par la problématique en tenant compte des différents enjeux relatifs au drainage des chemins forestiers spécifiques à la région. Dans une approche de développement durable, plusieurs critères sont pris en considération lors du processus de prise de décision. Au niveau environnemental, les décideurs peuvent se demander si la solution envisagée protège contre la sédimentation et l'érosion du fossé, maintient la qualité et l'intégrité de l'habitat aquatique en aval et régularise la vitesse d'écoulement de l'eau et les débits. Économiquement, les frais encourus selon la solution retenue sont-ils rentables à moyen et long terme. Par exemple, il peut être rentable d'effectuer des saignées pour détourner l'eau vers la végétation et ainsi éviter des bris d'infrastructures routières en aval d'un fossé ou encore d'éventuelles inondations. Au niveau sociétal, est-ce qu'un consensus peut s'établir entre tous les intervenants et la solution envisagée améliore-t-elle le sentiment de sécurité des

citoyens? Ces questions peuvent guider les décideurs lors du choix d'une approche à adopter face à une problématique de drainage de chemin forestier.

Selon les décisions prises, des actions concrètes peuvent être entamées. Il faut rappeler qu'il est essentiel d'obtenir les autorisations requises en fonction de l'intervention choisie, car il est question ici de fossé drainant plus de 100 hectares donc, de cours d'eau.

CONCLUSION

Le drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit a des impacts environnementaux, économiques et sociaux, car il dirige l'eau directement vers le réseau hydrographique sans qu'elle ne passe par le processus naturel de filtration dans les sols. De plus, les volumes d'eau supplémentaires peuvent provoquer de l'érosion et créer un apport de sédiments dans les lacs et les cours d'eau menaçant leur intégrité écologique. Ce faisant, ces apports contribuent à l'eutrophisation prématurée des plans d'eau. Les nombreuses études citées dans cet essai ont permis d'analyser et d'évaluer les impacts liés au drainage des chemins forestiers.

L'analyse de cas réalisée au chapitre 4 démontre que les impacts sont plus ou moins importants selon les pratiques d'aménagement de chemins forestiers adoptées. En effet, le cas majeur de mauvaises pratiques en matière de drainage génère des impacts beaucoup plus sévères que le cas typiquement rencontré sur le territoire et le cas de saines pratiques de voirie forestière. Lors d'une pluie normale, ce sont des millions de mètres cubes d'eau qui circulent sur le territoire de la MRC. Ce n'est pas problématique en soi toutefois, dans certaines situations, généralement en terrain montagneux, le drainage des chemins forestiers peut causer des dommages importants à l'environnement et aux infrastructures routières qui ont des répercussions au niveau des trois sphères du développement durable soit, l'environnement, l'économie et la société. Les impacts potentiels ont été soulevés au chapitre 1, au moment de dresser un portrait de la région du Granit.

Les problématiques relatives au drainage des chemins forestiers doivent être traitées au cas par cas bien que des mesures concrètes telles l'adoption d'un règlement et une campagne de sensibilisation pourraient être adoptées sur l'ensemble du territoire de la MRC du Granit. Le chapitre 5 a proposé un plan d'action succinct à l'endroit de la MRC. La mise en œuvre de celui-ci nécessiterait la concertation de toutes les parties prenantes affectées par la question du drainage des chemins forestiers et la gestion de l'eau.

Une grille d'évaluation rapide des impacts potentiels du drainage des chemins forestiers a été conçue en tenant compte de quelques éléments importants à considérer : la pente du chemin, sa longueur, la présence ou non d'érosion et de sédimentation ainsi que la proximité d'un cours d'eau en aval du chemin. Bien que rudimentaire, cette grille permet d'entamer une analyse des impacts du drainage d'un chemin donné directement sur le terrain. Compte tenu des effets néfastes de l'érosion et de la

sédimentation dans les cours d'eau naturels et les lacs, des mesures d'atténuation des débits devraient être appliquées lorsque la problématique est détectée.

L'aménagement routier forestier pourrait éventuellement faire l'objet d'une planification stratégique dans l'optique de développement durable tout en considérant non seulement l'environnement et l'économie, mais également l'acceptabilité sociale des mesures mises en œuvre. Cette stratégie viserait principalement à protéger le système hydrographique et son écologie, maintenir les habitats fauniques et floristiques, accroître la qualité de vie dans le milieu rural et communautaire puis protéger les citoyens et leurs biens.

Finalement, le drainage des chemins forestiers dans la MRC du Granit est un sujet sur lequel il faudra s'attarder encore dans le futur afin de préserver l'intégrité du milieu aquatique de la région et bénéficier encore des biens et services qu'il procure.

RÉFÉRENCES

- AFA des Appalaches (2000). Dépenses de mise en valeur admissibles au remboursement des taxes foncières des producteurs reconnus. *Envoi postal aux membres*. Novembre 2000.
- Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie (2012). *Regard sur la forêt*. Lac-Mégantic, MRC du Granit. 4 p.
- Blanchette, N. (2009). Initiative québécoise de développement de normes FSC. In Le Groupe Canopees, *Principes et critères du Forest Stewardship Council*. http://www.canopees.org/fsc_qc/fr/principes.html (Page consultée le 06 février 2015).
- Canada. Agriculture et agroalimentaire Canada (2008). *Fiche technique : diagnostique et solutions des problèmes d'érosion des berges de cours d'eau*. Mise à jour août 2008, 14 p.
- Canada. Environnement Canada (2011). Érosion et sédimentation. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada, Eau, Pollution de l'eau, Érosion et sédimentation*. <https://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=32121A74-1#reason4> (Page consultée le 23 janvier 2015).
- Canada. Environnement Canada (2005). Radar météo Mc Gill. Archives climatiques nationales, In Environnement Canada. http://www.weatheroffice.gc.ca/radar/index_f.html?id=WMN (Page consultée le 19 mars 2015).
- Chabot, C. (2012). Ressources forestières et agricoles. Notes de cours. 29 novembre 2012, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.
- Christopher, D.A. et Cooper, D.J. (2004). *Analysis of Sediment Retention in Western Riverine Wetlands: The Yampa River Watershed, Colorado, USA*. Environmental Management, vol. 33, n° 3, p. 318-330.
- Clément, V. (2004). *Méthodes de contrôle de l'érosion, guide pratique*. Laval, Biofilia consultants en environnement, 52 p.
- Clément, V. (2010). *Recommandations environnementales liées à la gestion durable des eaux de pluie et au contrôle de l'érosion et de la sédimentation*. Laval, Biofilia consultants en environnement, 50 p.
- COBARIC (2008). *Mise à jour du plan directeur de l'eau du bassin versant de la rivière Chaudière- Document d'accompagnement*. Sainte-Marie, COBARIC, 115 p.
- COGEBY (2004). La lutte contre l'érosion, Tout le monde y gagne! In OBV Yamaska. <http://d7.obv-yamaska.qc.ca/Lutte-erosion> (Page consulté le 23 janvier 2015).
- Comité de concertation pour la solidarité et l'inclusion social du Granit (CCSIS du Granit), (2012). *Plan d'action pour la solidarité et l'inclusion social du Granit – Faits saillants du portrait*. Lac-Mégantic, Centre de développement communautaire (CDC), 15 p.

- Couillard, L. et Grondin, P. (1986). *La végétation des milieux humides du Québec*. Québec, Les Publications du Québec, 400 p.
- CRÉ de l'Estrie (2009). *Portrait socio-économique de la MRC du Granit*. Sherbrooke, CRÉ de l'Estrie, 165 p.
- CRÉ de l'Estrie (2011). *Plan régional de développement intégré des ressources naturelles et du territoire de l'Estrie*. Sherbrooke, CRÉ de l'Estrie, Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire, 53 p.
- CRÉ de l'Estrie (2014). *Rapport cartographique de priorisation des chemins forestiers du territoire public de l'Estrie et de ses accès municipaux, présenté au ministère de la Faune, des forêts et des parcs, à la table de Gestion intégrée des ressources et du territoire de l'Estrie et à Gestion Mont Gosford*. Sherbrooke, CRÉ de l'Estrie, Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire, 23 p.
- Delisle, S., Dubé, M. et Lachance, S. (2004). *L'impact de ponceaux aménagés conformément au RNI et aux saines pratiques de voirie forestière sur les frayères à omble de fontaine*. Québec, ministère des Ressources naturelles, de la faune et des Parcs, Direction de l'environnement forestier et Direction de la recherche sur la faune, 20 p.
- Dubé, M., Delisle, S., Lachance, S. et Dostie, R. (2006). *L'impact de ponceaux aménagés en milieu forestier sur l'habitat de l'omble de fontaine*. Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier et Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec, 62 p.
- Gauthier, L. et Varady-Szabo, H. (2014). *Mesures d'atténuation des impacts des chemins forestiers en Gaspésie*. Gaspé, Québec : Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles. Rapport de recherche. p. 86.
- Goupil, J-Y. (2002). *Protection des rives, du littoral et des plaines inondables, guide des bonnes pratiques*. Édition 2005. Bibliothèque nationale du Québec, 173 pages.
- Gouin, D., Bertrand, R., Lachance, A., Trépanier, N. et Wright, D. (1991). *Guide environnemental des travaux relatifs au programme d'assainissement des eaux du Québec*, Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, Ministère de l'Environnement du Québec, 106 p.
- Gouvernement du Nouveau-Brunswick (2004). *Lignes directrices concernant les chemins et les traverses de cours d'eau*. Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 90 p.
- Hotte, M. et Quirion, M. (2003). *Guide Technique no 15 Traverse de cours d'eau*, Fondation de la Faune du Québec et Fédération des producteurs de bois du Québec, Sainte-Foy, 32 p.
- Langevin, R., (2004). *Objectifs de protection ou de mise en valeur des ressources du milieu aquatique : importance au Québec des augmentations des débits de pointe des cours d'eau attribuables à la récolte forestière*. Québec, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de l'environnement forestier, code de diffusion, 13 p.

- Langevin, R., L'Écuyer, H., Paré, R. et Lafontaine, N. (2008). *Méthodologie d'évaluation des cas d'érosion du réseau routier dans les forêts aménagées du Québec – Mise à jour 2008*. Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 19 p.
- Latrémouille, I. (2012). *Guide des saines pratiques d'entretien des chemins forestiers dans les zecs*, Zecs Québec, 76 p.
- Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, L.R.Q., A-18.1
- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, L.R.Q., c. A-19.1.
- Loi sur les compétences municipales*, L.R.Q., C-47.1.
- Maillot, A., Bolduc, S., Talbot, G. et Khedhaouria, D. (2014). Gestion des eaux pluviales et changements climatiques. *In* Ouranos. *Publications. Documents scientifiques*. www.ouranos.ca/media/publication/159_RapportMailhot2014.pdf (Page consultée le 15 novembre 2014).
- Martel, M.-J. (2004). *Les traverses de cours d'eau*. Progrès forestier, vol. Printemps, 5 p.
- Molloy, R. (2001). *Saines pratiques, voirie forestière et installation de ponceaux*. Ministère des Ressources naturelles, direction régionale de la Gaspésie Iles-de-la Madeleine, 27 p.
- Monast Robineau, P. (2007). *Évaluation environnementale et économique de la méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés routiers*. Thèse du département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 125 p.
- Morin, R. (2012). *L'érosion et la sédimentation des cours d'eau liées aux activités du castor : proposition d'une démarche de gestion durable*. Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 113 p.
- MRC du Granit (2006). *Politique relative à la gestion des cours d'eau sous juridiction de la MRC du Granit*. Lac-Mégantic, MRC du Granit, 21 p.
- MRC du Granit (2008a). *Planification stratégique de la MRC du Granit 2008-2013*. Lac-Mégantic, MRC du Granit, 27 p.
- MRC du Granit (2008b). *Règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2008-14*. Lac-Mégantic, MRC du Granit, 22 p.
- MRC du Granit (2012b). Schéma d'aménagement révisé. Ch. 1, La description du territoire. *In* MRC du Granit. *Services aux citoyens. Aménagement et urbanisme*. <http://www.mrcgranit.qc.ca> (Page consultée le 19 novembre 2014).
- MRC du Granit (2012c). Schéma d'aménagement révisé. Ch. 7, La gestion des forêts. *In* MRC du Granit. *Services aux citoyens. Aménagement et urbanisme*. <http://www.mrcgranit.qc.ca> (Page consultée le 19 novembre 2014).

- Municipalité de Piopolis (2007). *Règlement no 2007-04 modifiant le règlement de zonage no 2006-009 relativement aux dispositions sur la protection des rives, du littoral et des zones inondables*. Chapitre 10.
- Municipalité de Saint-Ludger (2014). Procès-verbal de la séance ordinaire de la Municipalité de Saint-Ludger tenue le 8 juillet 2014. Saint-Ludger, 10 p.
- Ontario. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales (MAAARO), (2013). L'érosion du sol – Causes et effets. In MAAARO. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/12-054.htm> (Page consultée le 23 janvier 2015).
- Perrin, J. (2006). *L'analyse économique des impacts liés à un affaissement de ponceau*. États-Unis, Utah, University of Utah, Département de génie civil, 21 p.
- Plamondon, A. P. (2004). *La récolte forestière et les débits de pointe : état des connaissances sur la prévision des augmentations des pointes, le concept de l'aire équivalente de coupe acceptable et les taux régressifs des effets de la coupe sur les débits de pointe*. Québec, Université Laval, pour le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, 236 p.
- Plante, C. (2014). Plusieurs municipalités aux prises avec des inondations. *La Tribune*, avril. 15 avril 2014. <http://www.lapresse.ca/la-tribune/estrie-et-regions/201404/15/01-4757930-plusieurs-municipalites-aux-prises-avec-des-inondations.php> (Page consultée le 26 janvier 2015).
- Pouliot, K. (2012). *Plan d'action 2012 : Équipe terrain, sensibilisation au RCI 2008-14 et caractérisation des cours d'eau sur le territoire de la MRC du Granit*. Lac-Mégantic, MRC du Granit, 19 p.
- Québec. Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) (2014). *Le Granit*. Direction de la bureautique, de la géomatique et de la statistique.
- Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) (2012). La qualité de l'eau de la rivière Chaudière s'améliore. In MAPAQ. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/Pages/rivierechaudiere.aspx> (page consulté le 13 janvier 2015).
- Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) (2014). *Agriculture et agroalimentaire*. MAPAQ, MRC du Granit, 2010, 12 p.
- Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) (2014a). *Carte de la région de l'Estrie*. In MAPAQ, Profile de l'Estrie, MRC du Granit. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Regions/estrie/VraiProfil/Pages/profil.aspx> (Page consultée le 13 janvier 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2003). Centre d'expertise hydrique – fiche signalétique de la station Saint Martin. In MDDELCC, Centre d'expertise hydrique, Fiche signalétique. https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/historique_donnees/fiche_station.asp?NoStation=023448 (Page consultée le 19 mars 2015)

- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2006). *Faits saillants 2001-2003. État de l'écosystème aquatique – Bassin versant de la rivière Saint-François.* In MDDELCC. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/Eau/bassinversant/bassins/stfrancois/FS-St-Francois.pdf> (page consulté le 13 janvier 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2013). *Bilan de la gestion des épisodes de fleurs d'eau d'algues bleu-vert en 2013. Résultats pour les plans d'eau et les installations municipales de production d'eau potable.* In MDDELCC. *Eau. Algues bleu-vert.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/bilan/saison2013/algues-bilan-2013.pdf> (Page consultée le 24 novembre 2014).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2014). *Identification et délimitation des milieux hydriques.* In MDDELCC. *Eau. Rives.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/Eau/rives/delimitation.pdf> (Page consultée le 3 décembre 2014).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2015). *Répertoire de tous les réseaux municipaux de distribution d'eau potable.* In MDDELCC. *Eau potable. Distribution.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/index.asp> (Page consultée le 26 janvier 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) (2014). *Guide de gestion des eaux pluviales.* In MDDELCC. *Eau. Guide de gestion des eaux pluviales.* <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm> (Page consultée le 7 janvier 2015).
- Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources (1989). *Guide sur le drainage sylvicole.* Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction des communications, Service des traitements sylvicoles, 62 p.
- Québec. Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2013). *Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État.* In MFFP. *Forêts. Aménagement.* <https://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/amenagement/amenagement-RNI.jsp> (Page consultée le 25 novembre 2014).
- Québec. Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2014). *Étapes ayant mené à la refonte du régime forestier.* In MFFP. *Les forêts. Gestion forestière.* <https://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/gestion/etapes-refonte-regime.jsp> (Page consultée le 25 novembre 2014).
- Québec. Ministère des Ressources naturelles (1997). *Cahier des objectifs de protection du règlement sur les normes d'interventions dans les forêts du domaine public (RNI).* Ministère des Ressources

- naturelles, Direction des programmes forestiers, Direction de l'assistance technique, Direction de l'environnement forestier, 61 p.
- Québec. Ministère des Ressources naturelles (1997a). *Guide. Aménagement des ponts et des ponceaux dans le milieu forestier*. Ministère des Ressources naturelles, Direction des relations publiques, 145 p.
- Québec. Ministère des Ressources naturelles (1999). *Guide ressource sur le milieu forestier- MRC du Granit*. Sherbrooke, Ministère des Ressources naturelles, Forêt Québec, Direction régionale de l'Estrie, 47 p.
- Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2010). *Forêt rare du mont Gosford – Sapinière à oxalide de montagne*. Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des forêts de la Capitale-nationale, de Chaudière-Appalaches et de l'Estrie, 2 p.
- Québec. Ministère des Transports du Québec (MTQ) (1995). *Manuel de conception des ponceaux*. Service de l'hydraulique, Québec.
- Québec. Ministère des Transports du Québec (2003) *Normes ouvrages routiers*. Québec, tome II, pagination multiple.
- Québec. Ministère des Transports (2004). *Fiche de promotion environnementale : Entretien d'été, système de drainage, nettoyage des fossés*. Sherbrooke, Ministère des Transports, Direction de l'Estrie, Service inventaires et plan, 4 p.
- Québec. Ministère des Transports (MTQ) (2011). *Cahier des charges et devis généraux – infrastructures routières - Construction et réparation*. Montréal, Publications du Québec, 288 pages.
- Québec. Ministère des Transports (2015). Amélioration du réseau routier municipal. In MTQ, *Municipalités, Programme d'aide, Réseau routier municipal, Programme d'aide, Amélioration du réseau routier municipal*. <http://www.mtq.gouv.qc.ca/partenairepublics/municipalites/programmes-aide/reseau-routier-municipal/amelioration-reseau-routier-municipale/Pages/default.aspx> (Page consultée le 26 janvier 2015).
- RAPPEL (2012). L'érosion – Le Rappel, un expert en gestion de l'eau. In *Le Rappel*. www.rappel.qc.ca (Page consultée le 15 octobre 2014).
- RAPPEL (2012a). *Guide technique. Gestion environnementale des fossés*. Sherbrooke, Le Rappel, 28 p.
- Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État*, c. F-4.1, r. 1.001, décret 1627-88 modifié par les décrets 911-93 du 22 juin 1993 et 498-96 du 24 avril 1996, Gazette officielle du Québec, 8 mai 1996, p. 2750-2786.
- Robert-Dubord, D. (2011). *Portrait et analyse de la réglementation municipale en Estrie sur le contrôle de l'érosion dans le cadre de travaux nécessitant du remaniement des sols*. Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 121 p.

- Stämpfli, N. (2008). Calcul pour le dimensionnement des avaloirs. Fiche Technique. *In* Agriréseau. *Agroenvironnement, Documents*.
http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/DimensionnementAvaloirs_FR_web.pdf (Page consultée le 13 février 2015).
- Syndicat des producteurs de bois de l'Estrie (2000). *Guide des saines pratiques d'intervention en forêt privée – Guide terrain*. 2e édition, Sherbrooke, Syndicat des producteurs de bois de l'Estrie, 51 p.
- Talbot, M.-E. (2004). *Guide sur la Faune*. Fédération de l'UPA de Saint-Hyacinthe, UPA, Saint-Hyacinthe, 106 p.

BIBLIOGRAPHIE

- Bérubé, P., Dubé, M., Delisle, S., Robitaille, J. et Grégoire, Y. (2010). *L'effet à long terme des chemins forestiers sur la sédimentation. Note technique*. Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 4 p.
- Canada. Ressources naturelles Canada (2008). Guide d'interprétation des entités géographiques. In Gouvernement du Canada. *Ressources naturelles Canada*. <http://www.cits.rncan.gc.ca/site/fra/resoress/guide/intermit/pg07.html> (Page consultée le 3 décembre 2014).
- Charron, I., St-Arnaud, R.-M. et Reveret, J. (2008). *Réflexions sur les méthodes d'estimation de la valeur économique des pertes d'habitats fauniques : rapport final*. Québec, Groupe Ageco pour le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement socioéconomique, des partenariats et de l'éducation édition, 54 p.
- COBAMIL (2012). Diagnostic de la zone de gestion intégrée des ressources en eau des Mille-Îles. Version préliminaire. In COBAMIL. Site du COBAMIL. *Documents et publications*. http://www.cobamil.ca/sites/default/files/files/Diagnostic_3octobre2012.pdf (Page consultée le 18 novembre 2014).
- COBARIC (1996). *Vers une gestion intégrée et globale des eaux du Québec, Rapport final du comité de bassin versant de la rivière Chaudière*. Sainte-Marie, COBARIC, 83 p.
- COBARIC (2012). *Atlas du réseau hydrographique du bassin versant de la rivière Chaudière, Sainte-Marie*. Sainte-Marie, COBARIC, 34 p.
- L'Écuyer, H. et Paré, R. (2008). *Méthodologie d'évaluation des pertes de superficie productive attribuables aux réseaux routiers aménagés dans les forêts du Québec*. Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 27 p.
- Loi sur les forêts*, L.R.Q., c. F-4.1, modifiée par L.Q. 2001, c. 6, L.Q. 2003, c. 16, L.Q. 2004, c. 6 et L.Q. 2005, c. 3.
- Montas H.J., P.G. Enright et C. Madramootoo. (1990). *Évaluation des débits de pointe pour les petits bassins versants du Québec*. Agdex 750, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, service du génie.
- MRC du Granit (2008). *Règlement de contrôle intérimaire sur la protection des plans d'eau 2008-14*. Lac-Mégantic, MRC du Granit, 25 p.
- MRC du Granit (2012). Schéma d'aménagement révisé. Document complémentaire. In MRC du Granit. *Services aux citoyens. Aménagement et urbanisme*. <http://www.mrcgranit.qc.ca> (Page consultée le 12 février 2015).

MRC du Granit (2012a). *Plan de travail, Pacte rural 2007-2014*. Lac-Mégantic, MRC du Granit, 29 p.

MRC du Granit (2012d). Schéma d'aménagement révisé. Ch. 8, L'agriculture et la gestion du milieu rural. *In* MRC du Granit. *Services aux citoyens. Aménagement et urbanisme*. <http://www.mrcgranit.qc.ca> (Page consultée le 19 novembre 2014).

MRC du Granit (2012e). Schéma d'aménagement révisé. Ch.12, Les zones de contraintes particulières. *In* MRC du Granit. *Services aux citoyens. Aménagement et urbanisme*. <http://www.mrcgranit.qc.ca> (Page consultée le 19 novembre 2014).

MRC du Granit (2012f). Schéma d'aménagement révisé. Ch.10, Le développement récréo-touristique. *In* MRC du Granit. *Services aux citoyens. Aménagement et urbanisme*. <http://www.mrcgranit.qc.ca> (Page consultée le 26 janvier 2015).

Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables c. Q-2, r.17.3 L.R.Q., c. Q-2, a. 2.1

Québec. Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) (2010). La gestion durable des eaux pluviales : Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable. *In* MAMROT. http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/amenagement_territoire/urbanisme/guide_gestion_eaux_pluie_complet.pdf (Page consultée le 09 janvier 2015).

Québec. Ministère des Ressources naturelles (2001). *Saines pratiques : voirie forestière et installation de ponceaux*. Caplan, Ministère des Ressources naturelles, Direction régionale Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, 27 p.

ANNEXE 1**Répartition de la population de la MRC du Granit (modifié de MAMROT, 2014)**

MRC du Granit		
Municipalités	Population (2014)	Superficie (km²)
Audet	757	133,30
Courcelles	963	90,85
Frontenac	1665	224,59
Lac-Drolet	1062	124,33
Lac-Mégantic	6036	21,76
Lambton	1599	108,38
Marston	684	70,56
Milan	265	129,61
Nantes	1403	119,26
Notre-Dame-des-Bois	889	191,18
Piopolis	360	102,85
Saint-Augustin-de-Woburn	690	281,95
Sainte-Cécile-de-Witton	895	146,64
Saint-Ludger	1246	127,40
Saint-Robert-Bellarmin	676	236,62
Saint-Romain	731	112,07
Saint-Sébastien	703	90,87
Stornoway	566	180,01
Stratford	1073	121,08
Val-Racine	189	118,08
Total	22 452	2 731,39

ANNEXE 2

Données sur les précipitations de la station météorologique de Lac-Mégantic (MDDELCC et Environnement Canada, 2015)

Numéro de la station : 7023677

Nombre d'années disponibles :22

Nom de la station : LAC MEGANTIC 2

Hauteur de pluie par période de retour (mm) avec intervalle de confiance de 95% (entre crochets)

Durée	Temps de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
10 minutes	8.6	11.3	13.1	14.8	16.9	18.5
	[7.4,9.9]	[9.7,13.1]	[11.2,15.1]	[12.6,17.1]	[14.4,19.6]	[15.6,21.5]
15 minutes	10.2	13.5	15.8	18.0	20.9	23.1
	[8.8,11.9]	[11.6,15.8]	[13.5,18.4]	[15.3,20.9]	[17.7,24.3]	[19.4,26.8]
30 minutes	13.9	18.6	21.8	24.9	29.0	32.1
	[11.9,16.3]	[15.9,21.9]	[18.5,25.5]	[21.1,29.1]	[24.3,33.9]	[26.8,37.5]
1 heure	18.2	24.5	28.8	33.0	38.7	43.2
	[15.7,21.3]	[21.0,28.6]	[24.6,33.6]	[28.1,38.5]	[32.7,45.0]	[36.1,50.1]
2 heures	25.1	33.3	39.0	44.9	52.9	59.2
	[21.7,29.2]	[28.8,38.8]	[33.7,45.5]	[38.5,52.2]	[44.9,61.4]	[50.0,68.6]
6 heures	34.6	45.7	53.5	61.3	72.0	80.5
	[30.2,40.2]	[39.8,53.0]	[46.3,62.0]	[52.7,71.0]	[61.3,83.2]	[67.9,93.0]
12 heures	40.8	53.6	62.5	71.4	83.4	92.8
	[35.6,47.2]	[46.6,62.0]	[54.1,72.2]	[61.4,82.4]	[71.0,96.1]	[78.2,107.0]
24 heures	51.3	66.8	77.0	86.8	99.4	108.9
	[44.5,59.1]	[57.8,76.8]	[66.3,88.5]	[74.5,99.7]	[84.7,114.3]	[92.1,125.5]

Intensité de pluie par période de retour (mm/heure) avec intervalle de confiance de 95% (entre crochets)

Durée	Temps de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
10 minutes	51.3	67.7	78.4	88.6	101.6	111.3
	[44.3,59.5]	[58.3,78.4]	[67.3,90.7]	[75.7,102.5]	[86.2,117.7]	[93.8,129.1]
15 minutes	40.8	54.1	63.1	71.9	83.5	92.3
	[35.1,47.6]	[46.6,63.1]	[54.2,73.6]	[61.4,83.8]	[70.6,97.1]	[77.4,107.3]
30 minutes	27.8	37.2	43.6	49.8	57.9	64.1
	[23.8,32.7]	[31.8,43.7]	[37.1,51.1]	[42.1,58.3]	[48.7,67.8]	[53.6,75.0]
1 heure	18.2	24.5	28.8	33.0	38.7	43.2
	[15.7,21.3]	[21.0,28.6]	[24.6,33.6]	[28.1,38.5]	[32.7,45.0]	[36.1,50.1]
2 heures	12.5	16.6	19.5	22.4	26.4	29.6
	[10.9,14.6]	[14.4,19.4]	[16.8,22.7]	[19.2,26.1]	[22.5,30.7]	[25.0,34.3]
6 heures	5.8	7.6	8.9	10.2	12.0	13.4
	[5.0,6.7]	[6.6,8.8]	[7.7,10.3]	[8.8,11.8]	[10.2,13.9]	[11.3,15.5]
12 heures	3.4	4.5	5.2	5.9	6.9	7.7
	[3.0,3.9]	[3.9,5.2]	[4.5,6.0]	[5.1,6.9]	[5.9,8.0]	[6.5,8.9]
24 heures	2.1	2.8	3.2	3.6	4.1	4.5
	[1.9,2.5]	[2.4,3.2]	[2.8,3.7]	[3.1,4.2]	[3.5,4.8]	[3.8,5.2]

Note : Les cases vides indiquent que les séries de données pour cette durée ne rencontrent pas les standards

ANNEXE 3

Données sur les précipitations de la station météorologique de Woburn (MDDELCC et Environnement Canada, 2015)

Numéro de la station : 7028946

Nombre d'années disponibles :18

Nom de la station : WOBURN

Hauteur de pluie par période de retour (mm) avec intervalle de confiance de 95% (entre crochets)

Durée	Temps de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
10 minutes	8.7	11.4	13.3	15.0	17.2	18.8
	[7.4,10.1]	[9.7,13.4]	[11.3,15.5]	[12.7,17.5]	[14.5,20.1]	[15.8,22.0]
15 minutes	10.8	14.3	16.7	19.0	22.0	24.4
	[9.2,12.7]	[12.2,16.8]	[14.1,19.6]	[16.0,22.3]	[18.5,25.8]	[20.3,28.6]
30 minutes	15.1	20.2	23.6	27.0	31.4	34.8
	[12.8,17.9]	[17.1,23.8]	[20.0,27.8]	[22.7,31.7]	[26.2,36.8]	[28.8,40.8]
1 heure	20.6	27.7	32.6	37.4	43.9	48.9
	[17.5,24.6]	[23.4,33.0]	[27.4,38.7]	[31.3,44.4]	[36.4,51.9]	[40.3,57.8]
2 heures	25.2	33.4	39.2	45.1	53.1	59.5
	[21.5,29.9]	[28.5,39.6]	[33.4,46.4]	[38.2,53.3]	[44.6,62.6]	[49.6,70.0]
6 heures	35.1	46.3	54.2	62.2	73.1	81.7
	[30.0,41.4]	[39.6,54.6]	[46.1,63.8]	[52.6,73.1]	[61.1,85.7]	[67.7,95.6]
12 heures	40.7	53.5	62.4	71.3	83.2	92.6
	[34.9,48.0]	[45.7,63.0]	[53.1,73.3]	[60.3,83.5]	[69.8,97.4]	[77.0,108.1]
24 heures	44.6	58.1	67.0	75.5	86.5	94.7
	[38.4,51.9]	[49.8,67.5]	[57.2,77.9]	[64.2,87.6]	[73.0,100.5]	[79.4,110.2]

Intensité de pluie par période de retour (mm/heure) avec intervalle de confiance de 95% (entre crochets)

Durée	Temps de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
10 minutes	52.1	68.7	79.5	89.8	103.0	112.8
	[44.5,60.9]	[58.5,80.3]	[67.6,92.8]	[76.1,104.9]	[86.8,120.4]	[94.5,132.0]
15 minutes	43.0	57.1	66.6	75.9	88.1	97.4
	[36.7,50.7]	[48.6,67.2]	[56.6,78.3]	[64.1,89.0]	[74.0,103.3]	[81.3,114.3]
30 minutes	30.2	40.4	47.3	54.0	62.8	69.6
	[25.7,35.7]	[34.2,47.7]	[39.9,55.7]	[45.4,63.4]	[52.4,73.6]	[57.7,81.5]
1 heure	20.6	27.7	32.6	37.4	43.9	48.9
	[17.5,24.6]	[23.4,33.0]	[27.4,38.7]	[31.3,44.4]	[36.4,51.9]	[40.3,57.8]
2 heures	12.6	16.7	19.6	22.6	26.6	29.8
	[10.8,14.9]	[14.2,19.8]	[16.7,23.2]	[19.1,26.6]	[22.3,31.3]	[24.8,35.0]
6 heures	5.9	7.7	9.0	10.4	12.2	13.6
	[5.0,6.9]	[6.6,9.1]	[7.7,10.6]	[8.8,12.2]	[10.2,14.3]	[11.3,15.9]
12 heures	3.4	4.5	5.2	5.9	6.9	7.7
	[2.9,4.0]	[3.8,5.2]	[4.4,6.1]	[5.0,7.0]	[5.8,8.1]	[6.4,9.0]
24 heures	1.9	2.4	2.8	3.1	3.6	3.9
	[1.6,2.2]	[2.1,2.8]	[2.4,3.2]	[2.7,3.7]	[3.0,4.2]	[3.3,4.6]

Note : Les cases vides indiquent que les séries de données pour cette durée ne rencontrent pas les standards

ANNEXE 4

Données sur les précipitations de la station météorologique de Lingwick (MDDELCC et Environnement Canada, 2015)

Numéro de la station : 7024320

Nombre d'années disponibles :29

Nom de la station : LINGWICK

Hauteur de pluie par période de retour (mm) avec intervalle de confiance de 95% (entre crochets)

Durée	Temps de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
10 minutes	10.8	14.2	16.5	18.6	21.4	23.4
	[9.5,12.2]	[12.6,16.1]	[14.5,18.7]	[16.3,21.1]	[18.6,24.2]	[20.2,26.6]
15 minutes	13.2	17.5	20.5	23.3	27.1	29.9
	[11.7,15.1]	[15.4,20.0]	[17.9,23.3]	[20.4,26.5]	[23.5,30.7]	[25.8,34.0]
30 minutes	18.2	24.4	28.6	32.6	37.9	42.0
	[16.0,20.9]	[21.4,27.9]	[24.9,32.6]	[28.3,37.1]	[32.7,43.1]	[36.0,47.8]
1 heure	23.7	31.9	37.5	43.0	50.5	56.2
	[20.7,27.2]	[27.8,36.5]	[32.6,42.9]	[37.3,49.2]	[43.4,57.6]	[48.0,64.1]
2 heures	28.8	38.1	44.8	51.5	60.6	67.9
	[25.4,32.9]	[33.6,43.6]	[39.3,51.1]	[45.0,58.7]	[52.5,69.1]	[58.3,77.2]
6 heures	37.5	49.5	58.0	66.5	78.1	87.3
	[33.3,42.8]	[43.8,56.5]	[51.0,66.0]	[58.2,75.6]	[67.6,88.6]	[74.9,99.0]
12 heures	44.0	57.8	67.5	77.0	90.0	100.1
	[38.9,50.0]	[51.0,65.6]	[59.2,76.5]	[67.2,87.3]	[77.8,101.7]	[85.8,113.1]
24 heures	51.6	67.2	77.4	87.3	100.0	109.5
	[45.8,58.2]	[59.5,75.7]	[68.4,87.2]	[76.6,98.4]	[87.0,112.8]	[94.6,123.9]

Intensité de pluie par période de retour (mm/heure) avec intervalle de confiance de 95% (entre crochets)

Durée	Temps de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
10 minutes	64.7	85.4	98.9	111.7	128.2	140.3
	[57.2,73.5]	[75.4,96.8]	[87.1,112.1]	[97.9,126.7]	[111.6,145.4]	[121.3,159.4]
15 minutes	52.9	70.1	81.8	93.2	108.2	119.7
	[46.6,60.2]	[61.7,79.9]	[71.8,93.1]	[81.4,106.0]	[94.0,123.0]	[103.2,135.9]
30 minutes	36.5	48.8	57.1	65.2	75.9	84.0
	[32.0,41.7]	[42.7,55.8]	[49.8,65.1]	[56.7,74.2]	[65.5,86.3]	[72.1,95.5]
1 heure	23.7	31.9	37.5	43.0	50.5	56.2
	[20.7,27.2]	[27.8,36.5]	[32.6,42.9]	[37.3,49.2]	[43.4,57.6]	[48.0,64.1]
2 heures	14.4	19.1	22.4	25.7	30.3	34.0
	[12.7,16.5]	[16.8,21.8]	[19.7,25.6]	[22.5,29.3]	[26.2,34.5]	[29.1,38.6]
6 heures	6.3	8.3	9.7	11.1	13.0	14.6
	[5.6,7.1]	[7.3,9.4]	[8.5,11.0]	[9.7,12.6]	[11.3,14.8]	[12.5,16.5]
12 heures	3.7	4.8	5.6	6.4	7.5	8.3
	[3.2,4.2]	[4.2,5.5]	[4.9,6.4]	[5.6,7.3]	[6.5,8.5]	[7.2,9.4]
24 heures	2.1	2.8	3.2	3.6	4.2	4.6
	[1.9,2.4]	[2.5,3.2]	[2.8,3.6]	[3.2,4.1]	[3.6,4.7]	[3.9,5.2]

Note : Les cases vides indiquent que les séries de données pour cette durée ne rencontrent pas les standards

ANNEXE 5

Données du Centre d'expertise hydrique du Québec

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Données validées jusqu'au 2014-09-30, préliminaires par la suite

Station: 023448 Chaudière - à St-Martin à la passerelle de motoneige

Bassin versant: 2009 km² Régime: Influencé mensuellement

Coordonnées: (NAD83) 45° 56' 55" // -70° 39' 22"

Date de création du fichier: 2014-12-05 22:40

Particularité(s):

Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois

--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs maximales mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov
Déc	Annuel										
2012								---	46.25		
2013	127.7	94.26	107.2	394.9	283.1	211.3	124.6	84.78	82.41	27.32	
68.53	23.79	394.9									
2014	120.3	9.650	12.46	580.3	254.6	170.2	110.5	66.66	19.87		
Maximums	127.7	94.26	107.2	580.3	283.1	211.3	124.6	84.78	82.41		
27.32	68.53	46.25									

ANNEXE 6

Données du Centre d'expertise hydrique du Québec

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Données validées jusqu'au 2014-09-30, préliminaires par la suite

Station: 023448 Chaudière - à St-Martin à la passerelle de motoneige

Bassin versant: 2009 km² Régime: Influencé mensuellement

Coordonnées: (NAD83) 45° 56' 55" // -70° 39' 22"

Date de création du fichier: 2014-12-05 23:10

Particularité(s):

Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois

--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs moyennes mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov
Déc	Annuel										
2012									---	21.01	
2013	17.10	22.64	28.17	113.0	70.48	71.64	29.38	19.87	23.30	12.52	
27.25	9.380	37.06									
2014	33.26	7.350	9.191	177.9	88.95	58.50	19.31	14.32	6.789		
Moyennes	25.18	15.00	18.68	145.5	79.72	65.07	24.35	17.10	15.04		
12.52	27.25	15.20									

ANNEXE 7

Données du Centre d'expertise hydrique du Québec

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Données validées jusqu'au 2014-09-30, préliminaires par la suite

Station: 030284 Saint-François - à 0,5 km en aval de la centrale de Weedon

Bassin versant: 2934 km² Régime: Influencé mensuellement

Coordonnées: (NAD83) 45° 39' 30" // -71° 28' 6"

Date de création du fichier: 2014-12-02 19:20

Particularité(s):

Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois

--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs maximales mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov
Déc	Annuel										
1979		---	220.0	165.0	190.0	36.80	40.00	97.30	59.30	83.00	
144.0											
1980	73.10	60.50	62.00	172.0	61.90	79.60	62.20	62.50	95.90	168.0	
116.0	127.0	172.0									
1981	198.0	230.0	163.0	252.0	71.60	79.30	67.60	235.0	60.80	288.0	
152.0	64.50	288.0									
1982	71.50	74.50	99.30	480.0	403.0	92.90	41.40	96.00	50.30	66.70	
137.0	134.0	480.0									
1983	93.60	68.80	118.0	302.0	341.0	227.0	22.40	23.40	36.80	59.10	
236.0	287.0	341.0									
1984	65.90	134.0	131.0	217.0	293.0	315.0	214.0	65.30	49.40	35.00	
64.70	159.0	315.0									
1985	100.0	159.0	170.0	221.0	128.0	98.60	57.90	54.40	66.20	94.00	
172.0	68.80	221.0									

1986	169.0	80.50	306.0	324.0	89.50	62.10	54.40	141.0	130.0	128.0
91.90	108.0	324.0								
1987	110.0	113.0	280.0	395.0	51.10	136.0	70.10	25.10	67.00	107.0
101.0	205.0	395.0								
1988	54.70	67.90	130.0	252.0	70.00	27.60	58.10	185.0	67.10	64.00
129.0	72.00	252.0								
1989	74.40	67.50	304.0	274.0	206.0	77.80	18.00	62.10	52.80	58.90
149.0	100.0	304.0								
1990	98.10	123.0	317.0	194.0	122.0	276.0	86.70	295.0	41.60	256.0
200.0	315.0	317.0								
1991	209.0	102.0	221.0	420.0	93.00	69.60	25.60	43.00	71.70	168.7
114.1	115.0	420.0								
1992	108.5	80.86	166.5	366.0	77.47	21.76	55.07	81.28	65.38	85.24
123.2	75.95	366.0								
1993	162.3	100.9	113.0	273.1	69.61	281.5	103.3	75.65	155.1	167.1
127.0	98.23	281.5								
1994	126.0	104.4	73.51	432.5	267.3	140.2	85.14	64.83	66.58	44.33
72.30	170.6	432.5								
1995	369.3	124.2	204.3	76.84	190.1	245.4	54.78	105.2	36.71	290.4
205.9	---									
1996	---	190.0	118.9	370.7	296.8	91.71	277.8	295.6	81.48	56.28
50.22	256.1									
1997	97.35	126.2	150.0	230.4	190.6	79.07	75.46	179.8	60.62	50.94
99.06	65.21	230.4								
1998	152.7	90.22	475.0	518.1	42.91	96.87	130.3	89.94	43.93	88.17
88.61	101.0	518.1								
1999	138.0	73.00	126.8	180.1	40.17	232.8	98.61	130.1	303.1	212.4
151.0	75.82	303.1								
2000	77.76	132.5	252.6	260.0	351.4	107.5	53.81	34.46	57.98	59.16
81.58	175.0	351.4								
2001	64.24	95.98	70.22	375.3	111.4	218.7	100.9	18.94	43.86	42.79
71.97	116.8	375.3								

2002	70.04	66.75	156.4	301.8	168.3	185.7	190.2	23.98	53.98	68.55
71.80	79.83	301.8								
2003	147.2	121.1	310.8	300.5	134.2	162.4	85.32	211.4	21.70	280.8
279.7	209.0	310.8								
2004	125.3	77.94	187.1	261.0	141.2	83.64	163.7	258.1	238.7	32.07
99.53	136.8	261.0								
2005	139.5	67.75	52.50	282.7	211.6	199.6	---	17.24	41.16	518.9
247.9	241.9									
2006	164.8	165.5	176.5	272.7	198.6	240.3	170.0	156.1	23.98	499.9
160.1	196.6	499.9								
2007	226.0	67.59	153.5	327.4	269.0	149.0	30.84	31.39	24.39	232.4
151.6	99.80	327.4								
2008	241.5	124.6	115.9	356.1	317.2	280.4	176.3	324.6	40.94	86.62
143.6	198.7	356.1								
2009	119.0	110.2	169.3	250.2	293.5	107.3	193.8	72.20	14.32	161.0
203.9	276.6	293.5								
2010	163.8	89.91	226.3	190.7	110.1	142.7	148.4	30.94	217.7	437.0
184.0	121.1	437.0								
2011	101.0	77.73	153.2	428.6	366.4	275.3	26.93	432.1	281.6	136.7
46.94	210.8	432.1								
2012	77.47	65.30	282.3	178.2	138.4	151.8	60.33	20.05	28.31	72.08
46.14	85.84	282.3								
2013	117.5	148.5	143.8	250.5	300.3	181.9	139.5	143.7	139.6	43.68
94.30	75.92	300.3								
2014	164.7	81.94	78.84	587.9	286.2	181.9	69.45	64.47	37.11	
Maximums	369.3	230.0	475.0	587.9	403.0	315.0	277.8	432.1	303.1	
518.9	279.7	315.0								

ANNEXE 8

Données du Centre d'expertise hydrique du Québec

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Données validées jusqu'au 2014-09-30, préliminaires par la suite

Station: 030284 Saint-François - à 0,5 km en aval de la centrale de Weedon

Bassin versant: 2934 km² Régime: Influencé mensuellement

Coordonnées: (NAD83) 45° 39' 30" // -71° 28' 6"

Date de création du fichier: 2014-12-02 19:50

Particularité(s):

Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois

--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs moyennes mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov
Déc	Annuel										
1979		---	147.1	68.76	69.27	16.38	18.68	44.15	45.10	44.84	
	63.38										
1980	62.03	47.57	23.95	68.10	36.32	29.00	34.67	46.09	51.18	85.32	
	73.64	82.61	53.37								
1981	117.9	104.5	45.76	125.7	55.59	59.90	53.58	72.89	37.99	76.58	
	75.92	57.24	73.63								
1982	59.55	58.60	58.23	198.5	137.6	37.33	23.55	24.17	41.18	40.73	
	48.97	64.38	66.07								
1983	57.82	56.44	62.27	139.8	159.4	78.33	16.79	13.87	16.96	37.69	
	99.99	113.9	71.11								
1984	51.57	82.58	65.65	140.7	74.79	84.19	98.68	24.39	20.62	20.35	
	38.22	48.60	62.53								
1985	65.74	70.63	75.42	131.2	56.86	53.25	35.15	19.41	24.94	40.47	
	78.97	61.19	59.44								

1986	79.14	65.86	106.3	112.1	39.81	33.01	26.71	68.44	47.45	57.46
53.95	69.70	63.33								
1987	65.46	65.63	68.87	102.2	29.40	57.68	33.69	17.45	40.49	59.32
78.76	72.33	57.61								
1988	35.37	42.86	52.17	112.2	30.51	17.94	14.56	53.66	31.91	38.51
87.18	59.09	48.00								
1989	59.71	58.38	68.40	110.3	92.75	32.12	12.33	27.32	25.31	30.47
68.07	68.55	54.48								
1990	64.96	76.47	127.3	120.0	60.95	86.62	40.81	102.2	29.74	111.8
100.2	108.2	85.77								
1991	89.50	82.39	116.2	176.5	58.09	32.13	18.09	20.12	27.29	57.26
52.39	68.26	66.52								
1992	69.51	68.47	89.63	112.3	33.04	13.46	15.33	18.87	33.88	42.17
70.71	63.84	52.60								
1993	75.68	75.87	46.70	148.1	49.55	93.97	33.21	31.23	75.65	92.48
74.33	63.39	71.68								
1994	84.82	73.06	66.24	181.0	110.0	81.84	50.59	33.12	37.87	33.80
29.26	45.97	68.96								
1995	109.7	81.90	110.0	54.30	61.58	58.31	28.79	46.39	26.44	69.79
124.8	---									
1996	---	103.5	87.33	165.7	150.0	48.25	138.4	60.79	34.26	39.53
33.08	68.24									
1997	76.64	75.34	102.7	128.8	97.81	32.20	28.62	41.56	36.77	28.02
49.98	54.93	62.78								
1998	80.39	72.52	119.4	122.6	28.72	36.26	41.73	29.05	24.15	50.00
61.41	65.06	60.94								
1999	68.83	59.11	75.30	79.60	24.97	40.39	40.54	32.90	80.88	97.19
65.21	54.84	59.98								
2000	59.08	66.03	124.7	157.7	154.4	44.01	24.93	18.06	28.83	31.05
49.39	73.92	69.34								
2001	62.09	72.29	57.26	134.0	45.95	51.17	30.18	13.18	13.35	17.62
27.80	53.74	48.22								

2002	63.31	59.59	71.53	124.0	76.78	68.10	41.73	10.28	13.09	20.87
28.85	61.36	53.29								
2003	85.08	45.44	66.09	106.3	61.51	69.75	22.94	56.93	10.96	50.64
115.5	117.1	67.35								
2004	100.1	63.50	83.17	122.1	68.78	24.28	38.90	81.25	62.65	18.47
33.59	67.46	63.69								
2005	82.69	46.78	37.47	164.2	66.72	50.98	---	9.908	17.53	160.6
117.4	88.35									
2006	102.0	113.5	89.36	97.83	65.90	78.06	50.33	44.11	14.09	130.4
86.16	94.16	80.49								
2007	87.59	60.54	90.28	130.4	144.7	48.37	21.05	19.18	16.87	53.67
76.71	62.84	67.68								
2008	95.74	76.63	86.61	208.2	89.65	127.4	58.25	114.5	21.20	31.54
66.00	72.84	87.38								
2009	67.66	75.25	114.1	116.1	85.40	35.27	92.15	27.05	10.63	51.18
82.38	108.4	72.13								
2010	75.14	67.58	76.41	96.56	46.43	48.26	46.76	15.26	41.43	160.6
93.56	67.79	69.65								
2011	58.57	62.85	104.4	159.8	179.4	62.88	17.22	55.30	118.4	74.40
30.04	69.21	82.71								
2012	63.57	56.37	98.75	69.93	73.21	48.08	20.82	12.51	13.82	48.50
30.31	51.29	48.93								
2013	66.39	72.57	66.01	103.0	82.03	85.19	37.39	53.93	69.24	33.01
47.27	54.75	64.23								
2014	80.01	73.14	55.87	194.3	120.3	76.98	30.12	24.17	25.57	
Moyennes	74.22	69.54	79.71	129.5	78.27	55.40	38.14	37.73	35.19	
58.19	65.57	70.50								