



UNIVERSITÉ
LAVAL

État et durabilité des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers



Présenté à la **Fondation de la faune du Québec**

Par **Philippe Paradis Lacombe**,
Candidat à la maîtrise en sciences forestières, Université Laval

et **Sylvain Jutras ing.f., Ph.D.**,
Professeur d'hydrologie forestière à la faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval

Mars 2016

État et durabilité des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers

Rapport final

Partenaires



Note au lecteur :

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a apporté son soutien financier ou son expertise à ce projet ; toutefois, les idées et les opinions formulées dans ce document sont celles des auteurs et des organismes signataires.

Équipe de travail

Rédaction

Philippe Paradis Lacombe, *candidat à la maîtrise en sciences forestières, ULaval*

Supervision et révision

Sylvain Jutras ing.f., Ph.D., *professeur en hydrologie forestière, ULaval*

Travaux de terrain

Philippe Paradis Lacombe, *candidat à la maîtrise en sciences forestières, ULaval*

Constance Marty, *étudiante au baccalauréat intégré en environnements naturels et aménagés, ULaval*

Roxanne Mailhot, *candidate à la maîtrise en sciences forestières, ULaval*

Élodie Boisjoly-Dubreuil, *étudiante au baccalauréat intégré en environnements naturels et aménagés, ULaval*

Remerciements

Nous tenons à remercier Jonathan Leblond et François Trottier de la Fédération des pourvoiries du Québec ainsi que les pourvoyeurs qui nous ont reçus, Sébastien Sirard de Zecs Québec ainsi que les gestionnaires de zec qui nous ont hébergés et conseillés, Jean-François Lamarre et Yannick Dufour de la SÉPAQ ainsi que les employés des réserves fauniques pour l'hébergement et leur support, Patrick Pinneault et Hugues Sansregret de la Forêt Montmorency pour leur soutien. Nous tenons aussi à remercier Stephano Biondo du Centre GéoStat de l'Université Laval pour sa collaboration, Marc-Olivier Lemonde du MFFP pour le partage de données LIDAR. De plus, merci à Pierre Breton de la Fondation de la faune du Québec pour son soutien financier et sa confiance portée envers notre équipe. Merci aux Fonds Nature et technologies du Québec et au programme de bourse en milieu de pratique BMP Innovation du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada pour le financement et finalement, au programme Études-Travail de l'Université Laval qui permet l'embauche de stagiaires compétents à tous les étés.

Référence à citer

Paradis Lacombe, P., Jutras, S. 2016. État et durabilité des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers. Université Laval, Québec. 41 p + annexes.

Résumé

D'après la plus récente base de données gouvernementale, il y aurait près de 400 000 km de chemins en forêt publique au Québec. L'état de ces chemins, de même que les traverses de cours d'eau qu'on y retrouve, n'est toutefois pas connu car il ne fait l'objet d'aucun programme d'inventaire centralisé. Notre étude visait donc à produire une description représentative de l'état des traverses de cours d'eau en milieu forestier et une évaluation de la durée de vie des matériaux généralement utilisés pour la construction de ces traverses. Des inventaires spécifiques ayant été menés par la CRÉ de la Capitale-Nationale, les zecs et les pourvoiries ont permis de caractériser l'état de plus de 6000 traverses de cours d'eau au cours des dix dernières années. L'analyse des données provenant de ces inventaires a démontré que sur les chemins prioritaires, donc fréquentés et entretenus, plus d'une traverse de cours d'eau sur cinq était fortement endommagée ou à la fin de sa vie utile. Cependant, peu ou pas d'inventaires n'avaient encore été menés à ce jour sur des chemins forestiers peu fréquentés ou abandonnés qui sont pourtant très abondants en forêt publique. Pour ce faire, tous les chemins inclus dans 13 secteurs d'étude ont été inventoriés peu importe leur niveau de fréquentation. Cette approche a permis de dresser un portrait global et non biaisé de l'étendue et de l'état des traverses de cours d'eau. Il en est ressorti que les chemins non entretenus ou abandonnés étaient très abondants sur le territoire, qu'une forte proportion d'entre eux n'apparaissent pas dans les bases de données géospatiales gouvernementales, et que les traverses de cours d'eau qu'on y retrouve était en très grande majorité dans un état critique. Une extrapolation des observations faite à partir des bases de données à notre disposition a été réalisée à l'échelle de six unités de paysage afin de mieux juger de l'ampleur de la problématique. L'étude de la durée de vie des matériaux a permis de démontrer que les ponceaux en bois construits jusqu'au début des années 1990 avaient une durée de vie largement inférieure à 23 ans, que les ponceaux en plastique avaient une durée de vie supérieure à 15 ans, s'ils étaient bien installés, et que les ponceaux en tôle d'acier ondulée avaient une durée de vie d'environ 25 ans. Ce projet est le premier à tenter de décrire l'étendue de la problématique du sous-entretien et de l'abandon des chemins forestiers en forêt publique au Québec. Puisque les résultats obtenus sont alarmants et que les milieux aquatiques sont menacés par cette situation, il semble urgent d'agir, entre autres, par la poursuite de la description de l'état de la situation à plus large échelle.

Table des matières

Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	IV
Liste des annexes.....	V
Introduction.....	1
Mise en contexte.....	1
Objectifs du projet.....	1
Produits livrables.....	2
Méthodologie.....	2
Sélection des sites d'étude.....	2
Identification et caractérisation du réseau routier.....	4
Données disponibles pour la caractérisation du réseau routier.....	4
Données complémentaires pour la caractérisation de l'âge des chemins.....	5
Procédure de caractérisation des chemins sur le terrain.....	6
Identification et caractérisation des traverses de cours d'eau.....	8
Les ponceaux à structures flexibles.....	8
Les ponceaux à structures rigides.....	12
Procédure de caractérisation des traverses de cours d'eau sur le terrain.....	14
Résultats et analyse.....	15
Portrait des traverses de cours d'eau à partir des bases de données existantes.....	15
Inventaire des traverses de cours d'eau sur les chemins prioritaires de la Capitale- Nationale.....	15
Inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs.....	17
Inventaire des traverses de cours d'eau dans les pourvoiries à droits exclusifs.....	18
Inventaire des traverses de cours d'eau dans les réserves fauniques de la SÉPAQ.....	19
Synthèse des bases de données existantes sur les traverses de cours d'eau.....	19
Portrait des chemins et des traverses de cours d'eau inventoriés dans les secteurs d'étude.....	20
Les chemins.....	20
Les traverses de cours d'eau.....	25
La juxtaposition des chemins et des traverses de cours d'eau.....	28
Discussion sur l'état des chemins et des traverses de cours d'eau.....	30
Extrapolation de l'état de situation à l'échelle des unités de paysage.....	32
Estimation de la durée de vie des traverses de cours d'eau.....	35
Conclusion.....	39
Recommandations.....	40
Bibliographie.....	41

Liste des figures

Figure 1 - Carte des unités de paysage et des sites d'étude	4
Figure 2 - Exemple d'un chemin forestier identifié avec un MNT à haute résolution	6
Figure 3 - Exemples des classes de fréquentation des chemins forestiers	7
Figure 4 - Distribution des forces sur un tuyau enfoui dans le sol (MTQ, 2012).....	8
Figure 5 - Défauts courants des structures flexibles	10
Figure 6 - Ponceaux avec radier entièrement corrodé.....	11
Figure 7 - Schéma d'aménagement d'un ponceau en bois (MNRF, 1997)	13
Figure 8 - Défauts courants des vieux ponceaux de bois	14
Figure 9 - Schéma des mesures prises sur les ponceaux.....	15
Figure 10 - Carte des chemins prioritaires de la Capitale-Nationale (J. Tremblay, 2013)	16
Figure 11 - Inventaires de traverses de cours d'eau dans les ZEC.....	17
Figure 12 - Synthèse de l'état structural des traverses de cours d'eau dans les bases de données existantes.....	20
Figure 13 - Entretien et fréquentation des chemins dans les secteurs d'étude	21
Figure 14 - État structural des traverses de cours d'eau dans les secteurs d'étude	26
Figure 15 – Exemple d'identification cartographique erronée d'une traverse de cours d'eau	29
Figure 16 - Traverse de cours d'eau lessivée.....	31
Figure 17 - Libre circulation du poisson entravée par un ponceau de bois affaissé	32
Figure 18 - Niveau de fréquentation de l'ensemble des chemins dans les unités de paysage	33
Figure 19 - Estimation de l'état des traverses de cours d'eau dans les unités de paysage.....	35
Figure 20 - État des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en acier en fonction de leur âge	36
Figure 21 - Ponceau en plastique endommagé à cause d'un enrochement	37
Figure 22 - Obstructions principales observées sur les ponceaux	39

Liste des tableaux

Tableau 1 - Description des principales caractéristiques des unités de paysage sélectionnées	3
Tableau 2 - Caractérisation des chemins forestiers dans la base de données Routard selon leur classe et leur carrossabilité	5
Tableau 3 - Données recueillies lors de la caractérisation des chemins forestiers.....	7
Tableau 4 - État structural des traverses de cours sur les chemins prioritaires de la Capitale-Nationale	16
Tableau 5 – Distribution des traverses de cours d'eau inventoriées par classe de chemin dans la base de données de Zecs Québec	18
Tableau 6 - État structural des traverses de cours d'eau dans la base de données de Zecs Québec	18
Tableau 7 - État structural des traverses de cours d'eau dans les pourvoiries	19
Tableau 8 - Niveau de fréquentation et d'entretien des chemins dans les unités de paysage	21

Tableau 9 - Lien entre les chemins caractérisés dans les secteurs d'étude et les bases de données gouvernementales.....	22
Tableau 10 - Proportion des chemins caractérisés dans les secteurs d'étude qui étaient présents dans le 4 ^e programme d'inventaire selon leur classe et leur fréquentation.....	23
Tableau 11 - Proportion des chemins caractérisés dans les secteurs d'étude qui étaient présents dans le 3 ^e programme d'inventaire, mais absents du 4 ^e , selon leur fréquentation	24
Tableau 12 - Proportion des chemins caractérisés dans les secteurs d'étude qui étaient absents des 3 ^e et 4 ^e programmes d'inventaire selon leur fréquentation	24
Tableau 13 - Densité de chemins forestiers dans les secteurs d'étude	25
Tableau 14 - État structural des traverses de cours d'eau en fonction de la fréquentation du chemin.....	27
Tableau 15 – État structural des traverses de cours d'eau en fonction des matériaux.....	27
Tableau 16 - Nombre de traverses de cours d'eau par kilomètre de chemin caractérisés dans les secteurs d'étude en fonction de la fréquentation et de l'unité de paysage	28
Tableau 17 – Comparaison entre les traverses de cours d'eau identifiées à l'aide du croisement des chemins du 4 ^e programme d'inventaire et des cours d'eau, avec celles observées sur le terrain	30
Tableau 18 - Fréquentation des chemins dans les unités de paysage	33
Tableau 19 - Quantité de traverses de cours d'eau dans les unités de paysage en fonction du niveau de fréquentation des chemins.....	34
Tableau 20 - État des traverses de cours d'eau dans les unités de paysage.....	34
Tableau 21 - Durabilité de diverses essences de bois (FNLR, 2013).....	37

Liste des annexes

Annexe 1 - Carte des secteurs d'étude

Annexe 2 - Liste des valeurs du champ « desc_indic » de la base de données du 3^e programme d'inventaire écoforestier

Annexe 3 - Grille sommaire 2008 des classes de chemins forestiers

Annexe 4 - Abaque pour déterminer la durée de vie des tuyaux d'acier

Annexe 5 - Table de dimensionnement des billes de tablier

Annexe 6 - Fiche d'inspection des ponceaux en acier

Annexe 7 - Fiche d'inspection des ponceaux en plastique

Annexe 8 - Fiche d'inspection des ponceaux de bois

Introduction

Mise en contexte

Le réseau routier québécois compte, d'après les derniers estimés du *Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec* (MFFP), entre 320 000 et 340 000 km de chemins sur terres publiques, ce qui exclue les chemins d'hiver et les routes numérotées qui sont sous la responsabilité du *Ministère du Transport* ou du milieu municipal (Morvan 2012, Paradis-Lacombe et Jutras 2014). Ce réseau a d'abord été déployé graduellement depuis les années 1960 pour permettre l'extraction des ressources ligneuses à l'aide de camions, remplaçant alors la vidange du bois par flottage. Il rend aussi possible l'accès au territoire pour d'autres utilisations, telles que l'exploitation de la faune et la villégiature. Ce réseau routier inclue d'ailleurs possiblement plus d'un demi-million de traverses de cours d'eau, mais ni le nombre exact, ni l'état de celles-ci ne sont connus.

Chacune de ces infrastructures nécessite un entretien à long terme, faute de quoi, des dommages importants au milieu aquatique surviennent. Une connaissance minimale de leur état de situation est donc nécessaire afin de pouvoir procéder à une gestion intégrée du réseau routier en milieu forestier. Outre quelques initiatives locales d'évaluation de l'état du réseau routier forestier, qui démontrent d'ailleurs que la situation est souvent critique pour les chemins à faible fréquentation, aucun inventaire cohérent et global des besoins d'entretien des traverses de cours d'eau n'existe à ce jour. Encore plus surprenant, il n'existe aucune évaluation concrète de la durée de vie réelle des matériaux utilisés (bois, acier, plastique) pour les traverses de cours d'eau.

Depuis la mise en place du nouveau régime forestier, certaines initiatives régionales visent à mieux coordonner la mise en place d'un cadre de gestion du réseau routier. Toutefois, il semble qu'une gestion intégrée ne sera développée, pour le moment, que sur une petite portion du réseau (<10 %) qui aura été identifiée comme "stratégique" ou "prioritaire" par les intervenants concertés. Pourtant, une telle situation pourrait très probablement résulter en un sous-entretien encore plus marqué des chemins forestiers à faible fréquentation.

Objectifs du projet

Le projet vise à produire une description représentative de l'état des traverses de cours d'eau en milieu forestier pour certaines régions spécifiques du Québec méridional. De plus, une évaluation globale de la durée de vie des matériaux généralement utilisés pour la construction des traverses de cours d'eau en milieu forestier a été faite.

Les objectifs spécifiques étaient :

- 1) Identifier des territoires hétérogènes en terme d'historique de développement du réseau routier en milieu forestier afin de faire l'analyse cartographique des croisements entre les chemins et les cours d'eau à l'échelle du bassin versant. L'utilisation des bases de données

cartographiques *Routard* du MFFP et du *Cadre de référence hydrologique du Québec* du MDDELCC servira à atteindre cet objectif.

- 2) Estimer le niveau et la qualité des analyses de l'état du réseau routier forestier ayant été faites par le passé au sein des zecs et des pourvoiries afin d'estimer le potentiel d'extrapolation à d'autres territoires non inventoriés.
- 3) Réaliser un inventaire exhaustif de l'état de toutes les traverses de cours d'eau sur les territoires préalablement ciblés.
- 4) Évaluer la durée de vie réelle des principaux matériaux utilisés (bois, acier, plastique) pour les traverses de cours d'eau en milieu forestier.

Produits livrables

- 1) Une description méthodologique complète des travaux d'inventaires réalisés sur le terrain au cours de l'été.
- 2) Des cartes, des tableaux et des figures décrivant l'état de situation du sous-entretien des traverses de cours d'eau sur les bassins versants inventoriés.
- 3) Les résultats de l'extrapolation des inventaires sur des territoires plus grands.
- 4) L'évaluation de la durée de vie des principaux matériaux utilisés pour la construction des traverses de cours d'eau.

Méthodologie

Sélection des sites d'étude

La sélection des sites d'étude a débuté par la sélection d'unités de paysage régional qui font partie du système hiérarchique de classification à onze niveaux mis au point, à l'époque, par le *Ministère des ressources naturelles du Québec*. Elles se définissent comme « des portions de territoire caractérisées par une organisation récurrente des principaux facteurs écologiques permanents du milieu et de la végétation » (Robitaille et Saucier, 1998). Ces unités de paysage se distinguent les unes des autres par diverses caractéristiques telles que la géologie, les dépôts de surface, le relief, l'hydrographie et le climat. Ainsi, six unités de paysage ont été sélectionnées afin de représenter une bonne partie du territoire Québécois tout en ayant une certaine variabilité entre elles (tableau 1, figure 1). Plus précisément, les unités de paysage choisies sont composées de dépôt de surface d'origine glaciaire, tels que le till indifférencié, et se distinguent par leur relief composé de coteaux, collines, hautes collines et de monts. Cela permet donc d'avoir un portrait représentatif du Québec méridional central.

Tableau 1 - Description des principales caractéristiques des unités de paysage sélectionnées

No. U.P.	Nom	Superficie (km ²)	Altitude moyenne	Pente moyenne	Dépôt de surface dominant*	Précipitation annuelle moyenne
28	Saint-Michel-des-Saints	4271	431 m	14%	1A	900 à 1100 mm
46	Lac Notawassi	4142	364 m	8%	1AR	1000 mm
53	Lac Blanc	6234	367 m	12%	1A	900 à 1000 mm
66	Lac des Aigles	2008	347 m	10%	1A	1000 à 1100 mm
92	Lac Batiscan et lac des Martres	6448	640 m	23%	1A	900 à 1600 mm
108	Lac Casault	2210	406 m	10%	8A	1100 à 1300 mm

*Dépôt 1A : Till indifférencié épais (>1 m) ; Dépôt 1AR : till indifférencié (entre 25 cm et 1 m) ;

Dépôt 8A : Dépôt de pente et d'altération.

Puisque les unités de paysage couvrent d'immenses territoires (4200 km² en moyenne pour celles sélectionnées), des secteurs plus petits ont été sélectionnés à l'intérieur de ceux-ci afin de permettre la réalisation d'un inventaire complet et répété sur le terrain. Dans chaque unité de paysage sélectionnée, deux ou trois secteurs de 8 à 28 km² ont été délimités sur la base territoriale de bassins versants. Cette délimitation a été utilisée intentionnellement afin de permettre une sélection aléatoire et représentative de chemins forestiers. Sur les secteurs d'étude ainsi sélectionnés, un inventaire exhaustif de tous les chemins et de toutes les traverses de cours d'eau a été effectué du 25 mai au 28 août 2015. La représentativité spatiale des types de chemins forestiers, qu'ils soient entre autres fortement fréquentés ou abandonnés, a été respectée dans cet inventaire. C'est une approche qui a rendu possible la description non-biaisée de l'état du réseau routier en milieu forestier, ce qui a rarement été fait au Québec.

La sélection des secteurs a aussi été faite de manière à couvrir différents types de territoires fauniques structurés (zecs, réserves fauniques et pourvoiries) et plusieurs types de chemins forestiers construits à des époques variées. Cette méthode a permis d'étudier l'effet de divers facteurs pouvant influencer l'état et la durabilité des traverses de cours d'eau tels que l'âge, les matériaux utilisés, la fréquentation des chemins et leur entretien. La figure 1 montre la localisation des unités de paysage qui y sont numérotées et des secteurs d'étude sélectionnés. D'ouest en est, les bassins versants inventoriés se trouvaient sur les territoires fauniques structurés suivants : la pourvoirie Club Notawissi, la réserve faunique Rouge-Matawin, la ZEC des Nymphes, la réserve faunique de Mastigouche, la pourvoirie Duplessis, la pourvoirie Club Oswego, la ZEC Batiscan-Neilson, la réserve faunique des Laurentides, la pourvoirie du lac Moreau, la ZEC Bas-Saint-Laurent, la réserve faunique de Rimouski, la ZEC Casault et la réserve faunique de Matane. Les cartes de ces secteurs d'étude sont à l'annexe 1.

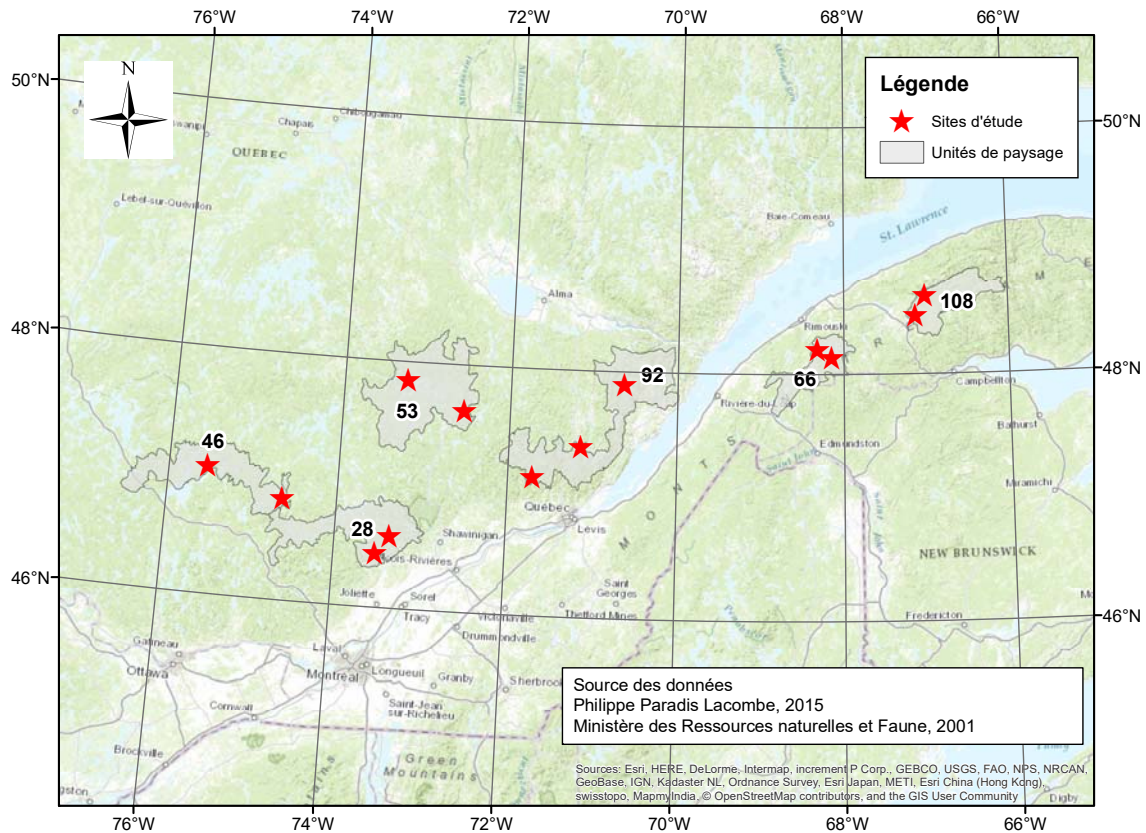


Figure 1 - Carte des unités de paysage et des sites d'étude

Identification et caractérisation du réseau routier

Données disponibles pour la caractérisation du réseau routier

Depuis 1970, le réseau routier forestier québécois a fait l'objet de plusieurs inventaires cartographiques par photo-interprétation grâce aux programmes d'inventaire écoforestier décennaux du *Gouvernement du Québec*. Il a donc été possible de suivre l'évolution temporelle et spatiale de ce réseau routier en consultant les cartes écoforestières numérisées et géoréférencées du premier programme d'inventaire (1970-1983), du deuxième (1981-1994), les bases de données géospatiales du troisième (1991-2003) et finalement du quatrième (2001-aujourd'hui). La base de données de chemin forestiers du 4^e programme d'inventaire se nomme *Routard*. Ce sont principalement les bases de données géospatiales des 3^e et 4^e programmes d'inventaires qui ont été utilisées pour caractériser, a priori, le réseau routier à l'intérieur des secteurs d'étude.

La base de données géospatiale du 3^e programme d'inventaire ne contenait qu'un seul champ permettant la description des vecteurs de chemins. Ce champ, nommé « desc_indic », contenait 34 types de classes permettant de définir le type d'infrastructure décrite par chaque vecteur

(annexe 2). Les valeurs d'intérêt pour nos travaux se sont limitées à seulement 6 classes principales. Elles ont permis de hiérarchiser les chemins en fonction de leur usage (route forestière primaire, route forestière secondaire, route forestière tertiaire) ou de leur structure (chemin carrossable pavé, chemin non carrossable, chemin d'hiver). Cette classification est toutefois difficile à interpréter car il y a une incohérence évidente dans la nomenclature de ces classes qui confondent usage, fréquence et structure.

Par contre, la base de données géospatiale du 4^e programme d'inventaire décrit les chemins de façon beaucoup plus claire et cohérente grâce à deux champs spécifiques. Le champ « cl_chemin » décrit la classe de chemin selon des critères bien définis tels que la vitesse maximale, la largeur de la couche de roulement, les matériaux de fondation et de la couche de roulement (annexe 3). De plus, le champ « ca_chemin » décrit la carrossabilité du chemin avec un véhicule à 2 roues motrices grâce à 4 classes, soit carrossable avec un véhicule à 2 roues motrices (OUI), carrossable avec un véhicule 4 x 4 (NON), impraticable (IMP) et inconnu (INC). Notons que tous les chemins de classe 1 à 4 sont carrossables avec un véhicule à 2 roues motrices dans cette base de données (tableau 2).

Tableau 2 - Caractérisation des chemins forestiers dans la base de données Routard selon leur classe et leur carrossabilité

Classe de chemin « cl_chemin »	Carrossabilité « ca_chemin »
Chemin non forestier	OUI
	NON
	IMP
	INC
Hors norme	OUI
Classe 1	OUI
Classe 2	OUI
Classe 3	OUI
Classe 4	OUI
Chemin non classé	NON
	IMP
	INC
Chemin d'hiver	IMP
Classe inconnue	INC
	OUI

Données complémentaires pour la caractérisation de l'âge des chemins

L'identification du réseau routier s'étant révélée parfois incertaine et incomplète à partir de ces sources de données, il s'est donc avéré bénéfique de consulter des sources d'information supplémentaires. Pour identifier les chemins non cartographiés construits entre 1959 et 1982, il a été nécessaire de visualiser des photos aériennes disponibles pour cette époque. De plus, les données sous forme matricielles des 1^{er} et 2^e programmes d'inventaires ont été utilisées pour valider ces informations. Les images satellites *Landsat*, produites à partir de 1982, ont aussi été utilisées pour identifier les chemins forestiers qui n'avaient pas été cartographiés grâce aux divers programmes d'inventaires écoforestiers. Enfin, lorsqu'ils étaient disponibles, les modèles numériques de terrain (MNT) à haute résolution, produits à partir de données LIDAR par le

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP), ont permis de retracer certains chemins forestiers abandonnés et recouverts par une canopée dense (figure 2).

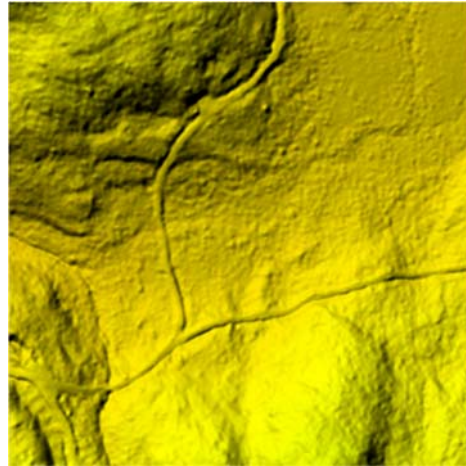


Figure 2 - Exemple d'un chemin forestier identifié avec un MNT à haute résolution

Procédure de caractérisation des chemins sur le terrain

Afin de coordonner les travaux d'inventaire sur le terrain, ce sont essentiellement les bases de données géospatiales (3^e et 4^e inventaire) qui ont été consultées pour estimer l'emplacement du réseau routier à l'intérieur des secteurs d'étude. Une cartographie adaptée à nos besoins a été créée à partir de ces données et transférée sur un GPS afin d'orienter les déplacements lors de la réalisation de l'inventaire en forêt. L'inventaire a été réalisé à l'aide d'une tablette électronique munie d'un GPS Bluetooth. La tablette était une Samsung Galaxy Tab 4 tandis que le GPS était un Garmin Glo. De plus, l'application mobile *Memento Database* a été utilisée pour créer un formulaire électronique permettant de recueillir et de compiler les données efficacement, sans papier.

La caractérisation de l'état des chemins forestiers, sur le terrain, a été faite selon une liste précise de critères (tableau 3). Chaque tronçon uniforme de chemin visité a été caractérisé entre chacune de ses extrémités, de ses intersections ou lors d'un changement majeur dans ses caractéristiques. Ces données ont été mesurées afin de permettre l'évaluation des effets de l'entretien et de la fréquentation de chemin sur l'état et la durée de vie des traverses de cours d'eau. De plus, ces données ont été comparées aux valeurs disponibles dans la base de données Routard afin d'en évaluer leur exactitude et leur potentiel d'extrapolation sur de plus grands territoires.

Tableau 3 - Données recueillies lors de la caractérisation des chemins forestiers

Données recueillies	Valeurs possibles
Entretien	Entretenu, non entretenu
Fréquentation	Fréquenté, peu fréquenté, abandonné
Vitesse maximale	70 km/h, 60 km/h, 50 km/h, 40 km/h, <40 km/h, VTT, à pied seulement
Largeur initiale du chemin	Largeur (m)
Largeur actuelle du chemin	Largeur (m)

Un chemin était classé « entretenu » lorsqu’une évidence d’entretien était observée. Cette évidence se caractérisait principalement par des traces récentes de nivelage de la surface de roulement. Exceptionnellement, l’emprise de certains tronçons de chemins avait été débroussaillée. Puisqu’aucune trace récente d’entretien des talus dans l’emprise, des fossés, ou des ponceaux eux-mêmes n’a été observée dans les secteurs d’étude, ils n’ont pas constitué une évidence d’entretien. Ensuite, le niveau de fréquentation était classifié selon les traces laissées par le passage de véhicules. Sur les chemins « fréquentés », la surface de roulement était exempte de végétation à cause du passage fréquent des véhicules et/ou d’un entretien par nivelage (figure 3 a). Par contre, sur les chemins « peu fréquentés », il était possible d’observer à la fois la présence de roulières et de végétation basse entre celles-ci, ce qui indiquait le passage rare mais périodique de véhicules (figure 3 b). Enfin, sur les chemins « abandonnés », la végétation recouvrait la totalité du chemin y rendant souvent impossible la circulation des véhicules (figure 3 c). On y retrouvait généralement des arbres de petites dimensions entre les anciennes roulières et parfois même des arbres matures sur les très vieux chemins. Les autres données recueillies ont permis d’évaluer la classe des chemins, tel que décrit dans le 4^e programme d’inventaire.



a) Chemin fréquenté



b) Chemin peu fréquenté



c) Chemin abandonné

Figure 3 - Exemples des classes de fréquentation des chemins forestiers

Une relation étroite existait entre les critères d'entretien et de fréquentation dans notre étude, mais il était néanmoins très pertinent de les évaluer indépendamment. Il est logique de prévoir que les chemins fréquentés allaient être entretenus et que les chemins abandonnés allaient être non entretenus. Toutefois, leur importance proportionnelle sur le territoire et les situations particulières retrouvées sur les chemins peu fréquentés nécessitaient d'être caractérisées avec précision.

Identification et caractérisation des traverses de cours d'eau

En milieu forestier québécois, on retrouve essentiellement deux familles de ponceaux soient : les ponceaux à structure flexibles et les ponceaux à structure rigides. C'est la première famille qui est largement la plus fréquente aujourd'hui et plusieurs type de matériaux sont utilisés pour les construire.

Les ponceaux à structures flexibles

Ces ponceaux sont généralement constitués de tôle d'acier ondulée ou de plastique ondulé. Ces ponceaux sont dits composites car le sol qui entoure le tuyau a un rôle structural important à jouer (MTQ, 2012). On considère les tuyaux en acier ou en plastique comme des structures flexibles car ils peuvent se déformer légèrement sans qu'il y ait de dommages majeurs à l'infrastructure. C'est donc le sol placé autour du tuyau qui assure le support des charges des véhicules et le poids du remblai. La figure 4 illustre la distribution uniforme des forces sur un tuyau enfoui dans le sol. Cette répartition uniforme est assurée par l'utilisation de matériaux granulaires bien compactés, relativement uniforme et exempts d'éléments grossiers (souches, billots, pierres, blocs). Ces éléments grossiers auraient comme impact de générer des forces ponctuelles sur le tuyau et l'endommager (CSPI, 2007).

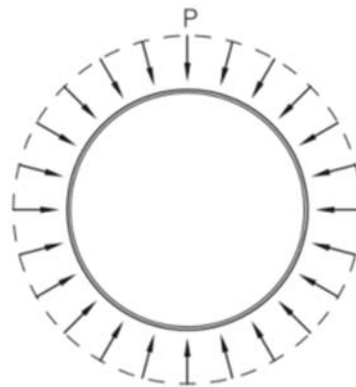


Figure 4 - Distribution des forces sur un tuyau enfoui dans le sol (MTQ, 2012)

L'installation des structures flexibles est très bien documentée dans *Le manuel de conception des ponceaux* du Ministère des transports du Québec (MTQ, 2014), dans *le Guide pour l'aménagement des ponts et des ponceaux dans le milieu forestier* (MRN, 1997) et avec encore plus de détails d'ingénierie dans les manuels d'association de fabricants comme le *Handbook of steel drainage and highway construction products* (CSPI, 2007) ou le *Handbook of polyethylene pipe* (PPI, inconnue).

Puisque certains critères d'installation importants décrits dans ces manuels tels que la compaction du sol, le type de matériaux utilisés pour le remblai, la granulométrie du sol et la préparation de la fondation sont fastidieux à vérifier sur le terrain, seulement les critères rapidement vérifiables ont été notés. Notamment, la hauteur de remblai, qui est un critère essentiel à respecter pour assurer la distribution uniforme des forces autour du tuyau. Les valeurs minimales de remblai recommandées par les fabricants sont généralement de 30 cm pour les tuyaux en plastique (PPI, inconnue) d'un diamètre de 900 mm et moins, de 30 cm pour les tuyaux en acier de 2400 mm et moins et 50 cm pour les tuyaux en acier de 2700 mm et plus (CSPI, 2007).

Un autre paramètre facilement vérifiable et essentiel au bon fonctionnement d'un ponceau est son dimensionnement. Le dimensionnement est dicté par le *Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'état* (RNI) depuis 1988. À cette époque, la seule indication était de ne pas rétrécir la largeur du cours d'eau de plus de 20%. Depuis 1996, il est aussi possible de dimensionner les ponceaux à l'aide la méthode rationnelle décrite en annexe dans le RNI. Notons que l'une ou l'autre des deux méthodes peut légalement être utilisée. Cependant, le calcul à l'aide de la méthode rationnelle est moins arbitraire et tient compte de la réponse hydrologique du bassin versant comparativement à la « méthode du 20% ». Il est important que le ponceau soit convenablement dimensionné pour éviter de perturber le cours d'eau et ainsi de créer des instabilités dans la structure (MTQ, 2012). Bien qu'il soit plus coûteux à court terme de sur-dimensionner les ponceaux, il peut être avantageux de le faire pour faciliter le transport des débris végétaux (FNLR, 2013). Le dimensionnement des ponceaux ne sera pas traité dans ce rapport mais il sera éventuellement étudié en détail afin de déceler si le sous-dimensionnement des infrastructures est un problème répandu et quelles en sont les conséquences sur leur durabilité.

En addition, les ponceaux doivent aussi être stabilisés aux extrémités pour éviter l'érosion du remblai par les crues ou de l'eau provenant de la route. Selon le RNI, une toile géotextile doit être mise en place aux extrémités puis recouverte d'un enrochement. Cependant, aucune indication n'est donnée quant à la grosseur des roches à utiliser et l'inclinaison des talus du remblai.

Enfin, il a été important de faire la différence entre les signes de mauvaise installation et ceux laissés par une usure normale des matériaux. Par exemple, si un ponceau était déformé d'une quelconque façon sans que les matériaux soient détériorés anormalement, il s'agissait généralement d'un problème d'installation (MTQ, 2012). L'usure normale des matériaux s'exprime, généralement, par la corrosion pour les ponceaux en acier et l'abrasion pour les ponceaux en plastique. Les ponceaux en plastique peuvent aussi se dégrader par les rayons du soleil. La figure 5 suivante présente des défauts associés couramment à une mauvaise installation.



Déformation – forces ponctuelles



Déformation – tuyau ovalisé



Relâchement d'un assemblage



Déformation – tuyau écrasé

Figure 5 - Défauts courants des structures flexibles

Caractéristiques des ponceaux en acier

La grande majorité des ponceaux en acier retrouvés sur les chemins forestiers au Québec sont fabriqués à partir de tôle d'acier galvanisée ondulée. Cette tôle est enroulée et assemblée avec un joint agrafé afin de former un tuyau circulaire du diamètre et de la longueur désirée. Ces types de tuyaux sont arrivés sur le marché Québécois en 1967 (S. Gauthier, communication personnelle, 1 février 2016) via l'entreprise *Industries Atlantic Ltée* située à Louiseville, en Mauricie. Par la suite, d'autres fabricants se sont joints au marché dont *Armtec* en 1987 (D. Turner, communication personnelle, 16 décembre 2015) et *Soleno* en 1999 (L. Bastien, communication personnelle, 2 février 2016). Notez que ces entreprises sont toutes certifiées par le *Bureau de normalisation du Québec* et qu'elles utilisent des tôles galvanisées fabriquées selon la norme *CSA G401* ce qui assure une constance dans la qualité des produits. Par conséquent, les tuyaux disponibles ont des dimensions standards peu importe l'entreprise qui les a fabriqués. Le *Handbook of steel drainage and highway construction products* (CSPI, 2007) dresse la liste des formats de tuyaux disponibles. Principalement, c'est le diamètre, l'épaisseur de la tôle, le revêtement, le pas et la profondeur des ondulations qui définissent les tuyaux circulaires en tôle d'acier ondulée. Les diamètres vont de 150 à 3600 mm et l'épaisseur de tôle de 1,3 à 4,2 mm. De plus, quatre types d'ondulation sont

disponibles : 38 x 6,5 mm, 68 x 13 mm, 76 x 25 mm et 125 x 25 mm. Finalement, divers revêtements de protection sont disponibles tels que le revêtement galvanisé, le revêtement aluminisé et le revêtement de polymère. Les paramètres énumérés ci-dessus sont directement liés à la rigidité structurale et à la durabilité du tuyau. Il ne faut donc pas mettre tous ces ponceaux dans le même panier car il existe une multitude de configurations possibles pour assurer leur performance dans divers environnements.

En effet, l'environnement dans lequel est installé le ponceau peut grandement affecter sa durabilité. Il s'agit du niveau d'abrasion causé par le transport des sédiments, le pH et la résistivité électrique de l'eau ou du sol. À cet effet, le *Corrugated steel pipe institute* met à la disposition des concepteurs, un abaque (annexe 4) permettant d'estimer la durée de vie des tuyaux en acier en considérant qu'ils sont bien mis en place. Il est intéressant de noter, dans cet abaque, que la durée de vie de la tôle galvanisée est pratiquement proportionnelle à son épaisseur. En d'autres mots, plus on choisit une tôle épaisse, plus le ponceau aura une longue durée de vie. Par ailleurs, les matériaux de remblai organiques et les matériaux cohésifs sont à éviter car ils sont difficilement compactables, ils ne se drainent pas adéquatement et ils accélèrent la corrosion de l'acier (CSPI, 2007). La figure 6 illustre un ponceau qui semble avoir été bien installé car il a encore sa forme originale, par contre, la corrosion a complètement perforé le radier au fil du temps. Il s'agit donc d'usure normale des matériaux dans ce cas-ci.



Figure 6 - Ponceaux avec radier entièrement corrodé

Caractéristiques des ponceaux en plastique

Les ponceaux en plastique sont arrivés plus récemment sur le marché, soit vers les années 2000 (D. Turner, communication personnelle, 2 mars 2015). Actuellement, les ponceaux en plastique sont utilisés en milieu forestier pour des diamètres jusqu'à 900 mm car ils deviennent très dispendieux dans les plus grandes tailles. Il existe principalement deux types de tuyaux en plastique : le simple paroi et le double paroi. Le simple paroi est constitué d'une paroi ondulée qui donne de la rigidité au tuyau tout en permettant une certaine flexibilité. Ce tuyau a donc la

même ondulation à l'intérieur qu'à l'extérieur ce qui limite la vitesse d'écoulement de l'eau à cause de la rugosité. Quant au double paroi, il y a toujours une paroi simple ondulée mais il y a aussi un tuyau lisse non ondulé inséré à l'intérieur. Les vitesses d'écoulement dans celui-ci sont ainsi plus élevées en l'absence d'ondulations intérieures. Par conséquent, le tuyau double paroi a une capacité hydraulique supérieure au simple paroi mais accentue les problèmes de circulation du poisson à cause des vitesses d'écoulement élevées qui réduisent la hauteur d'eau dans le ponceau (Goerig et Bergeron, 2014). Tous les deux sont fabriqués à partir de polyéthylène haute densité qui a les propriétés d'être léger, ultra résistant à l'abrasion, de ne pas corroder, de résister à une large gamme de pH et de résister aux rayons ultraviolets (PPI, inconnue). Ces caractéristiques leur confèrent une durée de vie de 50 à 100 ans si le tuyau a été installé selon les normes du manufacturier (PPI, inconnue). Soleno et Armtec vendent des tuyaux en plastique ayant deux niveaux de résistance mécanique en compression : 210 kPa et 320 kPa. Cependant, l'industrie forestière achète apparemment seulement ceux ayant 210 kPa car ils sont moins dispendieux (D. Turner, communication personnelle, 2 mars 2015). Tout comme les ponceaux en acier, les ponceaux en plastique sont des structures flexibles dont la résistance est directement attribuable à la qualité du remblai (composition et compaction). Par contre, ils sont plus sujets à être déformés par des forces ponctuelles étant donné leur faible résistance mécanique.

Les ponceaux à structures rigides

La nomenclature de cette famille de ponceaux est surtout adaptée à ceux en béton bien que les ponceaux de bois en soient aussi selon le *Manuel de conception des ponceaux* du MTQ. Ces ponceaux transfèrent les forces verticalement au sol comparativement aux tuyaux flexibles qui transfèrent les forces uniformément au sol autour d'eux (MTQ, 2014). En milieu forestier, le béton n'est pratiquement pas utilisé car ce matériel est très lourd à transporter et demanderait beaucoup plus de transport en camion (D. Turner, communication personnelle, 2 mars 2015). On se retrouve donc seulement avec des ponceaux de bois comme représentant des structures rigides. La section suivante présentera en détails les ponceaux de bois typiques des forêts Québécoises.

Caractéristiques des ponceaux de bois

Bien que les ponceaux de bois ne sont pratiquement plus utilisés aujourd'hui dans la construction de chemins forestiers, on en retrouve encore énormément sur les vieux chemins et parfois même sur des chemins principaux à forte fréquentation. Depuis 1996, le RNI a restreint l'utilisation des ponceaux de bois à des portées d'un mètre et moins. Aucun document n'a été retrouvé concernant des normes de fabrication des ponceaux de bois avant cette date ce qui laisse croire qu'ils étaient construits sans encadrement légal au Québec. Actuellement, les ponceaux de bois construits en forêt publique doivent avoir une portée maximale d'un mètre et leur hauteur libre doit être d'au moins 80% de la portée. De plus, le ponceau doit être recouvert sur le dessus et les côtés d'une membrane géotextile. Un schéma de ce type de ponceau est dans le guide *L'Aménagement des ponts et des ponceaux en milieu forestier* (figure 7).

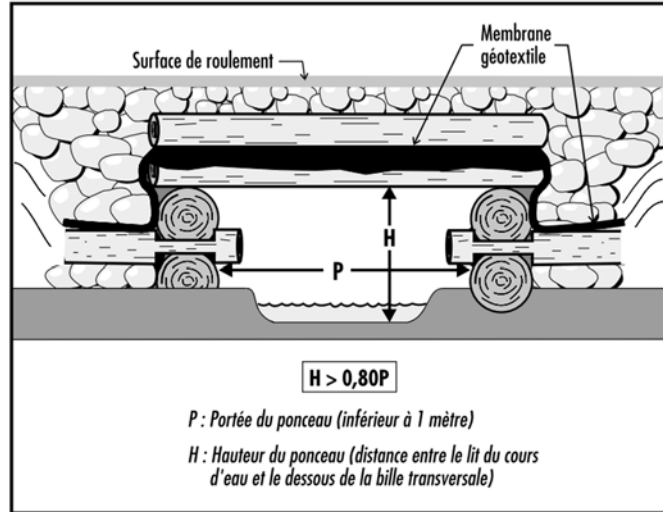


Figure 7 - Schéma d'aménagement d'un ponceau en bois (MNRF, 1997)

Tel qu'illustré sur cette figure, ces ponceaux sont généralement constitués de billes parallèles au cours d'eau en guise de culée et de billes perpendiculaires en guise de tablier. Ensuite, le ponceau est recouvert d'un remblai ce qui permet de distribuer les forces plus uniformément sur les billes du tablier. Aucune dimension minimale de bille à utiliser n'est fournie dans le RNI. En Colombie-Britannique, le *Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations* encadre plus rigoureusement la construction des ponceaux de bois jusqu'à des portées de 6 mètres via l'*Engineering Manual* (FNLR, 2013). Dans ce document, il est conseillé d'utiliser ce type de ponceau lorsqu'il est souhaitable de laisser le lit du cours d'eau au naturel et lorsque le cours d'eau a une forte pente. Il offre aussi aux concepteurs une table de dimensionnement des billes du tablier développée par un ingénieur (annexe 5). Cependant, ce manuel ne fournit pas d'informations précises sur la mise en place des ponceaux de bois. Pour plus d'informations, le *Log bridge construction handbook* (Nagy et al., 1980) peut être une excellente référence.

Au niveau des défauts propres aux ponceaux de bois, la pourriture se trouve au premier rang. D'autres défauts comme les fissures, le bois dégradé par le soleil, les attaques d'insectes, la rupture des billes, l'usure et l'abrasion peuvent aussi réduire leur durée de vie (Ministry of transportation, 2000). Puisque les ponceaux de bois en forêt québécoise sont très âgés et relativement de petite taille, l'identification des défauts a été simplifiée à la pourriture, les billes tombées, les culées instables, l'infiltration du remblai et l'affaissement (figure 8).

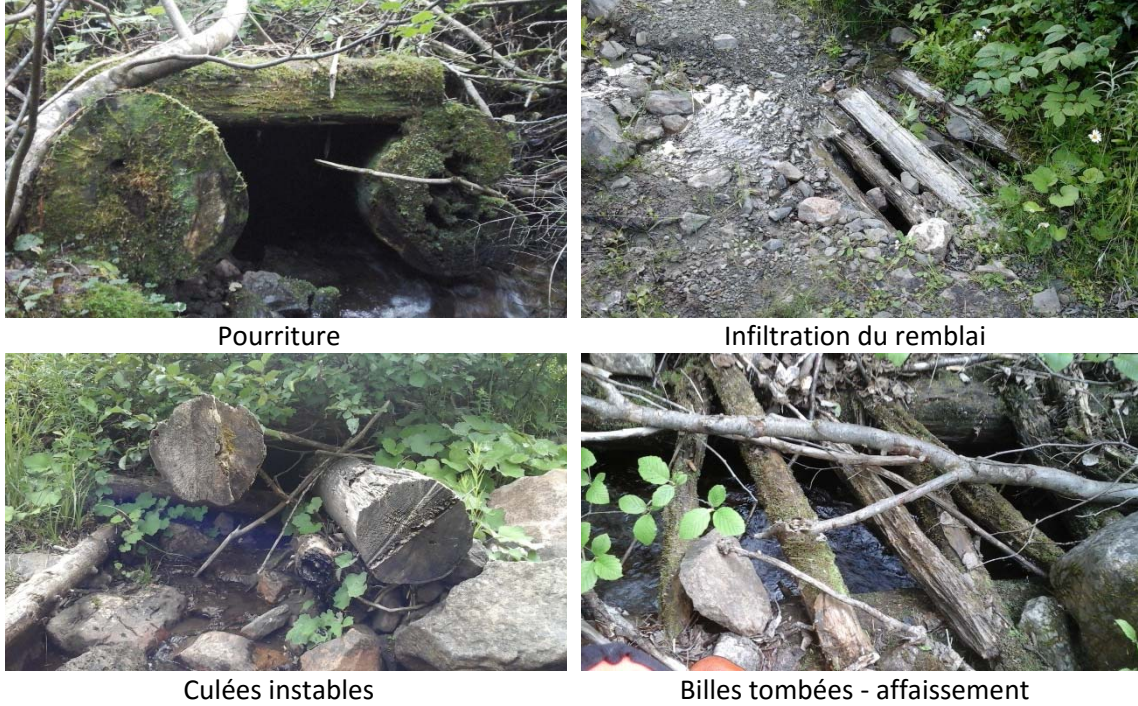


Figure 8 - Défauts courants des vieux ponceaux de bois

Étant donné l'âge avancé des ponceaux de bois inventoriés, il a été impossible de dire si les défauts observés étaient dus à une mauvaise installation ou de l'usure normale.

Procédure de caractérisation des traverses de cours d'eau sur le terrain

La méthodologie pour caractériser les traverses de cours d'eau a été fortement inspirée de la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs* (Latrémouille et al., 2014). La plupart des éléments compris dans cette méthode ont été repris pour inventorier les ponceaux de l'étude comme l'état du ponceau, le type d'écoulement, le degré d'obstruction, les sources d'érosion, la présence du castor, les dimensions, le type de substrat, etc. Cependant, la méthode a été adaptée au projet de recherche pour estimer la durée de vie des traverses de cours d'eau et définir les causes de dégradation. Les annexes 6, 7 et 8 présentent la liste exhaustive des paramètres inspectés sur les ponceaux. De plus, des mesures supplémentaires (figure 9) ont été prises afin de déterminer la pente du ponceau, la pente du cours d'eau et la présence d'une fosse d'affouillement à la sortie. Les élévations relatives ont été mesurées à l'aide d'un altimètre sous pression hydrostatique de haute précision (ZIPLEVEL pro-2000, Technidea corporation, précision ± 1 mm). Cet outil permet de mesurer des différences de hauteur entre deux points en contournant divers obstacles. Par exemple, le plan de référence utilisé pour les ponceaux était la couronne du tuyau du côté amont. Ensuite, toutes les mesures de hauteur étaient en référence à ce plan imaginaire. Ces données permettront de déterminer si le ponceau avait été installé correctement et si la libre circulation du poisson était respectée.

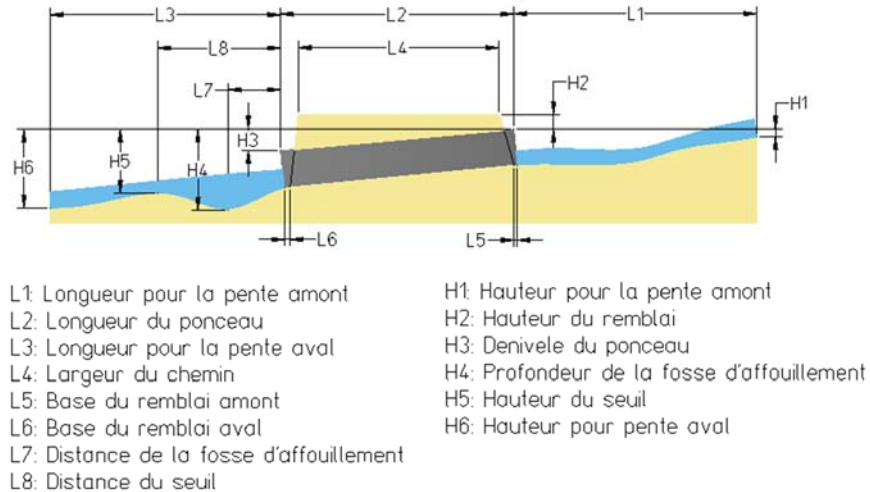


Figure 9 - Schéma des mesures prises sur les ponceaux

Résultats et analyse

Portrait des traverses de cours d'eau à partir des bases de données existantes

Inventaire des traverses de cours d'eau sur les chemins prioritaires de la Capitale-Nationale

En 2013, la *Conférence régionale des élus de la Capitale-Nationale* a fait une priorisation concertée, via la *table de gestion intégrée et des ressources du territoire*, des chemins forestiers de la Capitale-Nationale qui s'étend de Portneuf à Charlevoix. Sur un total de plus de 25 000 km de chemins forestier, c'est 1 666 km de chemins qui ont été identifiés comme étant « prioritaires » pour l'accès à la forêt publique (J. Tremblay, 2013, figure 10).

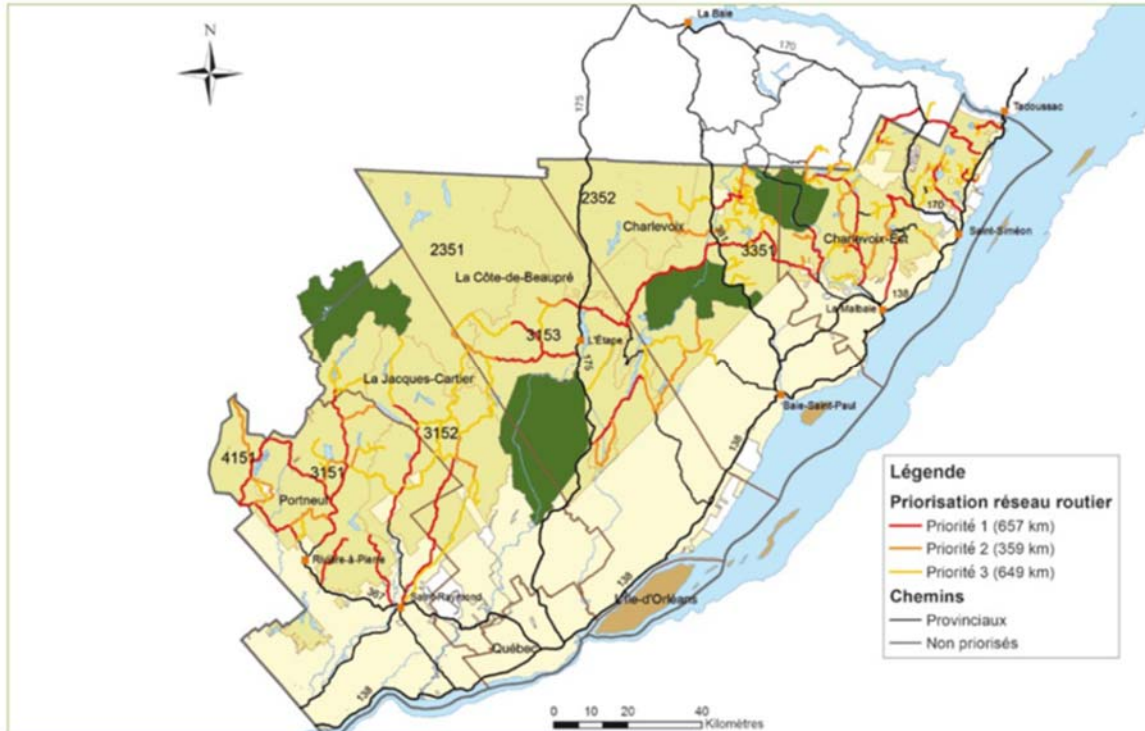


Figure 10 - Carte des chemins prioritaires de la Capitale-Nationale (J. Tremblay, 2013)

Par la suite, lors de l'été 2015, des inventaires sur le terrain ont été réalisés par plusieurs équipes de travail dans le but de caractériser ces chemins forestiers et de connaître l'état des traverses de cours d'eau. L'inventaire des traverses de cours d'eau s'est fait selon la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs* (Latrémouille et al., 2014). Ainsi, si on ne considère pas les ponts, c'est 1355 traverses de cours d'eau qui ont été caractérisées. Le tableau 4 résume l'état structural des traverses de cours d'eau inventoriées.

Tableau 4 - État structural des traverses de cours sur les chemins prioritaires de la Capitale-Nationale

État structural de la traverse	Fréquence d'observation	Pourcentage du total
Bon	718	53%
Acceptable	352	26%
Médiocre	138	10%
Critique	140	10%
Inconnu	7	1%
Total	1355	100%

Ces chiffres démontrent que la majorité des traverses de cours d'eau sont dans un état acceptable ou meilleur (79 %) mais il y a tout de même une traverse sur cinq (20 %) qui est dans un état médiocre ou pire. Ces résultats comportent intentionnellement un très fort biais car ils ne concernent explicitement que des voies d'accès prioritaires fortement fréquentées et conséquemment entretenues. Des inventaires comparables ont peut-être été réalisés par d'autres CRÉ au Québec, mais il ne nous a pas été possible d'approfondir le sujet, entre autres, parce que ce type d'information n'est pas centralisée ni diffusée par le MFFP.

Inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs

Certaines zecs font depuis plusieurs années des inventaires des traverses de cours d'eau sur leur territoire afin de planifier les travaux à effectuer sur le réseau routier et afin d'estimer les coûts d'entretien. Zecs Québec tient d'ailleurs une base de données des traverses de cours d'eau inventoriées à travers la province. Cette base de données contient près de 4000 traverses de cours d'eau inventoriées de 2002 à aujourd'hui. Les régions de l'Abitibi-Témiscamingue, les Laurentides, la Mauricie et la Côte-Nord sont celles où il y a eu le plus d'inventaires (figure 11).

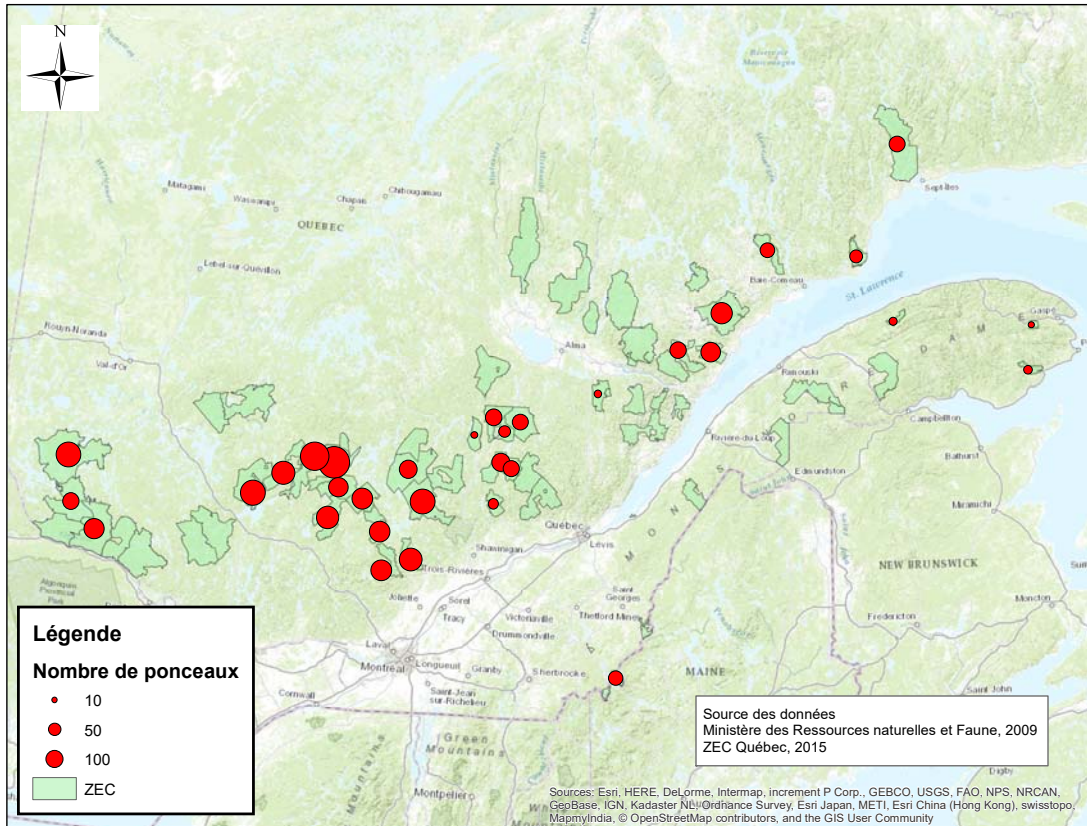


Figure 11 - Inventaires de traverses de cours d'eau dans les ZEC

Une analyse spatiale réalisée à partir de la localisation des traverses de cours d'eau et de la couche de chemins forestiers du 4^e programme d'inventaire a permis de trouver sur quelle classe de chemin se situent les traverses ayant été inventoriées (tableau 5).

Tableau 5 – Distribution des traverses de cours d'eau inventoriées par classe de chemin dans la base de données de Zecs Québec

Classe de chemin	Carrossabilité	Nombre de traverses inventoriées	Pourcentage du total de traverses inventoriées
Chemin non forestier	Oui	38	1 %
Classe 1	Oui	170	4 %
Classe 2	Oui	214	6 %
Classe 3	Oui	814	22 %
Classe 4	Oui	1923	51 %
Chemin non classé	NON	384	10 %
	IMP	36	1 %
	INC	36	1 %
Chemin d'hiver	IMP	24	1 %
Classe inconnue	INC	5	0 %
	OUI	2	0 %
Indéterminé	-	114	3 %
Total	-	3760	100 %

Ce tableau montre que 33 % des traverses de cours d'eau inventoriées étaient situées sur des chemins de classe 1 à 3. Ces résultats confirment que le tiers des inventaires réalisés par les zecs ont été faits sur des chemins importants et fréquentés. De plus, il est fort probable les chemins de classe 4 sur lesquels se retrouvaient 51 % des traverses de cours d'eau étaient des chemins fréquentés puisque les inventaires ont été réalisés dans le but de maintenir les accès principaux dans divers secteurs des zecs. Enfin, uniquement 12 % des traverses inventoriées étaient situées sur des chemins non classés, donc de moindre importance. On y retrouve 72 % des traverses de cours d'eau dans un état acceptable ou meilleur tandis que 17 % d'entre elles sont dans un état médiocre ou pire (tableau 6).

Tableau 6 - État structural des traverses de cours d'eau dans la base de données de Zecs Québec

État structural de la traverse	Fréquence d'observation	Pourcentage du total
Bon	2009	53 %
Acceptable	715	19 %
Médiocre	369	10 %
Critique	266	7 %
Inconnu	401	11 %
Total	3760	100 %

Inventaire des traverses de cours d'eau dans les pourvoies à droits exclusifs

La *Fédération des pourvoies du Québec* a aussi réalisé plusieurs inventaires de chemins forestiers et de traverses de cours d'eau sur le territoire de leurs membres. L'étendue temporelle de la base de données est très semblable à celle de Zecs Québec. Les inventaires ont commencé en 2004 et se poursuivent aujourd'hui. Ces inventaires ont été réalisés avec une méthodologie légèrement différente à celle décrite dans la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs*. En fait, la *Fédération des pourvoies du Québec* utilise une version antérieure du *Logiciel de gestion des ponceaux* qui a servi de pilier pour la méthode développée par les zecs. Par exemple, l'état structural des traverses de cours d'eau y est décrit avec plus de précision. On y

retrouve les classes d'état suivantes : *excellent, très bon, bon, passable, périmé, urgent* et *inconnu*. À des fins de comparaison avec les données présentées précédemment, les classes *excellent, très bon* et *bon* ont été regroupées dans la classe *bon*. Ensuite, les classes *passable, périmé, urgent* ont été changées respectivement par *acceptable, médiocre* et *critique*. Cela permettra de comparer les données des différentes provenances entre elles. Les informations contenues dans cette base de données ne permettent pas d'effectuer des analyses spatiales rapidement pour trouver sur quel type de chemins forestiers les inventaires ont été faits. Cependant, on sait que ces données proviennent essentiellement de chemins utilisés par les pourvoyeurs et qu'ils sont plus ou moins entretenus dépendamment des secteurs (J. Leblond, communication personnelle, 29 février 2016). Certains chemins moins fréquentés ou abandonnés ont été inventoriés volontairement mais cela représente une faible proportion de la base de données. Le tableau 7 suivant présente l'état structural des traverses de cours d'eau.

Tableau 7 - État structural des traverses de cours d'eau dans les pourvoiries

État structural de la traverse	Fréquence d'observation	Pourcentage du total
Bon	665	49 %
Acceptable	262	19 %
Médiocre	310	23 %
Critique	79	6 %
Inconnu	39	3 %
Total	1355	100 %

Encore une fois, le bilan est semblable aux autres inventaires présentés précédemment. On y retrouve 68 % des traverses de cours d'eau dans un état acceptable ou meilleur tandis qu'il y en a 29 % dans un état médiocre ou pire.

Inventaire des traverses de cours d'eau dans les réserves fauniques de la SÉPAQ

La *Société des établissements de plein air du Québec* a récemment entrepris des travaux afin d'identifier le réseau routier stratégique dans les réserves fauniques et de développer des outils d'aide à la décision au regard de l'entretien de celui-ci. Dans le cadre de ce projet, des inventaires de traverses de cours d'eau ont été réalisés à travers la province. Malheureusement, ces données ne sont pas disponibles pour l'instant puisque le projet est récent et que les données n'ont toujours pas été validées. Advenant le cas que ces données soient disponibles dans le futur, il serait possible de dresser un portrait encore plus précis de l'état des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers prioritaires situés dans les territoires fauniques structurés.

Synthèse des bases de données existantes sur les traverses de cours d'eau

En résumé, nous avons pu consulter et analyser plusieurs bases de données contenant de l'information à propos de plus de 6000 traverses de cours d'eau situées sur le territoire forestier public. Il est fort possible qu'un plus grand nombre de données soit disponible, mais l'échantillonnage auquel nous avons eu accès est relativement représentatif du territoire forestier public méridional Québécois grâce à une large étendue spatiale. Toutefois, ces données ne sont représentatives que des chemins forestiers à forte fréquentation en forêt publique puisque les intervenant ayant constitués ces bases de données ont volontairement orientés leurs efforts

d'inventaires vers les réseaux routiers prioritaires. De façon générale, les résultats obtenus à propos des classes d'état structural des traverses de cours d'eau démontrent des résultats très similaires entre les bases de données consultées (figure 12).

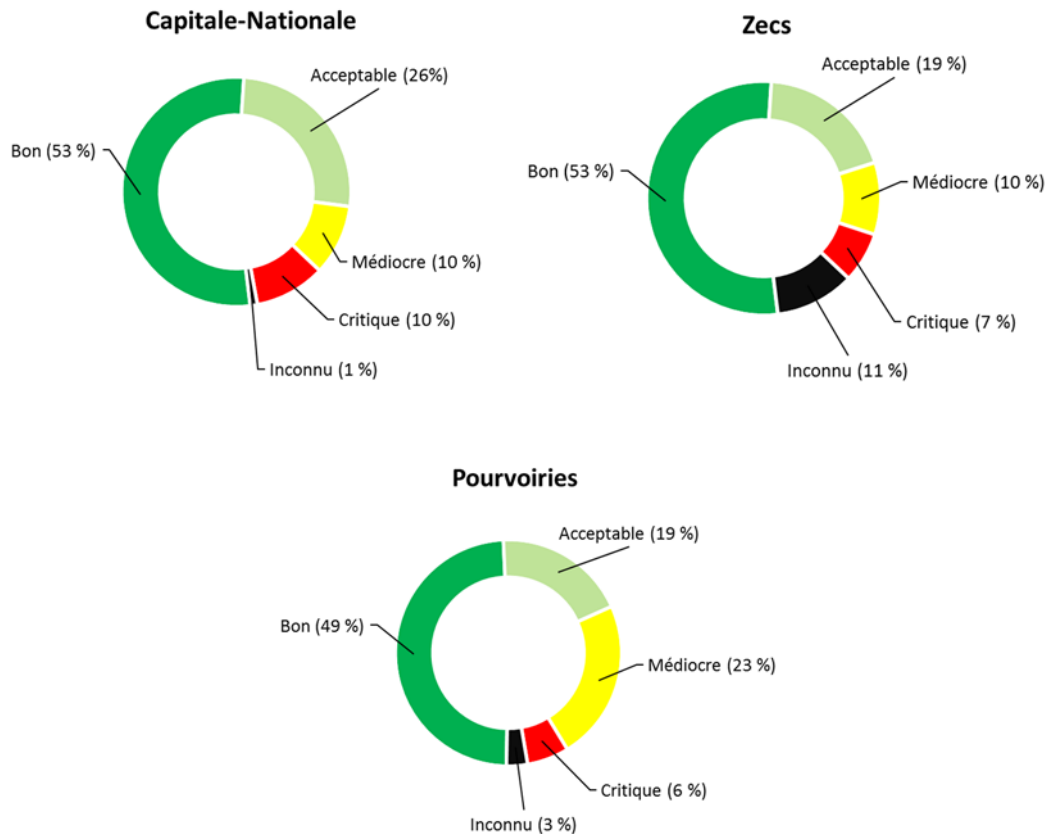


Figure 12 - Synthèse de l'état structural des traverses de cours d'eau dans les bases de données existantes

Portrait des chemins et des traverses de cours d'eau inventoriés dans les secteurs d'étude

Les chemins

Tel que discuté dans la méthodologie, la délimitation de secteurs d'étude à partir de bassins versants a permis un échantillonnage aléatoire et sans biais des chemins à inventorier. On y a retrouvé tous les types de chemins (fréquenté, peu fréquenté et abandonné) et une très grande variété de types de traverses de cours d'eau. Lors des inventaires réalisés dans le cadre de ce projet, tous les chemins ayant été préalablement identifiés dans les bases de données géospatiales des 3^e et 4^e programmes d'inventaire ont été inventoriés, de même qu'un bon nombre de section de chemins invisibles sur les cartes, mais présents sur le terrain. Toutefois, certains chemins n'ont été repérés qu'après les travaux d'inventaires, entre autres, grâce à l'analyse d'images Landsat et de photos aériennes. Ces chemins non visités et non inventoriés

représentaient 23 % de la longueur totale des chemins dans les secteurs d'étude. L'analyse temporelle de la présence passée et de la disparition sous le couvert forestier de ces chemins, à l'aide des images, photos et cartes disponibles, a permis de les classer raisonnablement comme étant des tronçons de chemins réels ayant été abandonnés et n'ayant pas été entretenus depuis des décennies. Toutefois, les traverses de cours d'eau s'y trouvant n'ont pas pu être caractérisées. Au total, un peu plus de 500 km de chemins ont été classifiés dans les secteurs d'étude (tableau 8).

Tableau 8 - Niveau de fréquentation et d'entretien des chemins dans les unités de paysage

Unité Paysage	Chemins fréquentés (km)		Chemins peu fréquentés (km)		Chemins abandonnés (km)	
	Entretenus	Non entretenus	Entretenus	Non entretenus	Entretenus	Non entretenus
46	0,0	5,7	0,0	30,3	0,0	41,2
28	11,6	0,5	2,6	39,4	0,0	39,9
53	0,5	11,1	0,0	21,7	0,0	19,0
92	19,9	4,0	1,8	28,7	0,0	64,9
66	14,6	4,2	3,5	31,1	0,0	21,9
108	15,6	0,0	2,7	16,7	0,0	63,4

On remarque dans ce tableau que les chemins fréquentés étaient habituellement entretenus, sauf pour quelques exceptions régionales liés, entre autres, à la présence de sentiers de VTT balisés (fréquenté, mais non entretenus). Les chemins peu fréquentés étaient très majoritairement non entretenus, peu importe l'unité de paysage. Les rares tronçons de chemin peu fréquentés et entretenus menaient généralement à un site de villégiature. Les chemins abandonnés étaient tous, sans surprise, non entretenus. La caractérisation de l'entretien et de la fréquentation de ces chemins a donc démontré que 86% d'entre eux n'étaient pas entretenus (figure 13). De plus, près de 50% de l'ensemble des chemins étaient abandonnés. Cela signifie qu'une minorité de chemins correspondaient à la classe « fréquentés » (19%).

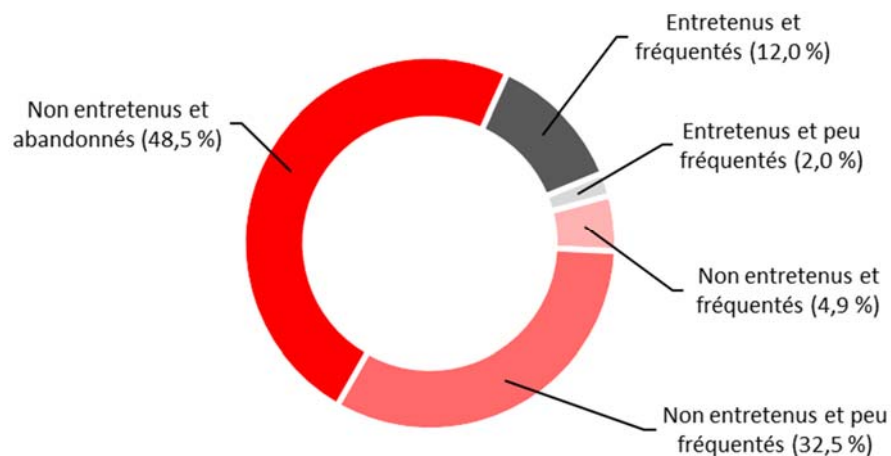


Figure 13 - Entretien et fréquentation des chemins dans les secteurs d'étude

En plus de classer les chemins selon leur niveau de fréquentation, ceux-ci ont été classifiés selon leur appartenance aux bases de données gouvernementales des chemins forestiers. Pour ce faire, une comparaison de chaque tronçon de chemin à la base de données du 4^e et du 3^e programme a été faite. Trois cas ont été étudiés : i) le chemin rencontré sur le terrain était présent dans la base de données du 4^e programme d'inventaire (Routard), ii) le chemin rencontré sur le terrain était présent dans la base de données du 3^e programme d'inventaire mais pas dans le 4^e ou, iii) le chemin rencontré sur le terrain n'était présent ni dans la base de données du 3^e programme d'inventaire, ni dans celle du 4^e programme (tableau 9).

Tableau 9 - Lien entre les chemins caractérisés dans les secteurs d'étude et les bases de données gouvernementales

Unité Paysage	Chemins caractérisés dans les secteurs d'étude			
	Étendue (km)	Présents dans le 4 ^e programme	Présents dans le 3 ^e programme mais absent du 4 ^e	Absents dans les 3 ^e et 4 ^e programmes
46	77	89%	0%	11%
28	94	61%	24%	15%
53	52	67%	28%	5%
92	119	57%	36%	7%
66	75	68%	20%	13%
108	98	59%	0%	40%

On observe que la plus récente base de données gouvernementale, soit celle du 4^e programme, ne contient pas tous les chemins ayant été caractérisés dans les secteurs d'étude et que de grandes variations apparaissent selon les unités de paysage. On y retrouve entre 57 et 89 % du total de chemins forestiers (tableau 9). Ces chiffres démontrent que l'étendue des chemins forestiers est sous-estimée par la base de données de chemins du 4^e programme d'inventaire écoforestier. En effet, certains chemins qui étaient cartographiés dans le 3^e programme ont tout simplement disparus dans la base de données du 4^e programme. Dans plusieurs cas, nous soupçonnons que les chemins refermés par la végétation rendus inutilisables par des véhicules routiers ont simplement été effacés dépendamment du protocole cartographique utilisé par les bureaux d'unité de gestion forestier qui ont la responsabilité de transmettre les mises à jour des chemins au MFFP. Cela peut sembler cohérent d'un point de vue d'accès au territoire, mais ces chemins, notamment les traverses de cours d'eau qui s'y trouvent, sont toujours en place et ils causent des impacts majeurs sur les milieux aquatiques. Ces chemins ne devraient donc pas être ignorés. En plus des chemins qui disparaissent entre le 3^e et le 4^e programme, il y a aussi les chemins qui disparaissent entre le 1^{er} et le 2^e programme et entre le 2^e et le 3^e programme. Sans compter que certains chemins n'ont jamais été cartographiés par ces programmes d'inventaires décennaux. Au total, c'est entre 5 et 40 % des chemins en forêt publique qui n'ont jamais fait partie des bases de données géospatiales diffusées par le gouvernement du Québec (tableau 9). Cependant, ces derniers sont souvent très vieux et sont situés dans des secteurs où il y a de l'activité forestière depuis très longtemps. Par conséquent, la proportion de chemins absents des bases de données gouvernementales devrait être plus faible dans les unités de paysage ayant été soumises plus récemment à l'exploitation forestière.

Ensuite, la classification des chemins du 4^e programme d'inventaire a été comparée avec le niveau de fréquentation observé sur le terrain afin de vérifier si la classe du chemin serait un bon indicateur de sa fréquentation. Puisque les chemins inventoriés dans les secteurs d'étude du 4^e programme étaient majoritairement de classe 4 ou non classé, ce sont ces deux classes qui ont été comparées au niveau de fréquentation (tableau 10).

Tableau 10 - Proportion des chemins caractérisés dans les secteurs d'étude qui étaient présents dans le 4^e programme d'inventaire selon leur classe et leur fréquentation

Unité Paysage	Classe 4				Non classé			
	Étendue (km)	Fréquen.	Peu fréquen.	Aban.	Étendue (km)	Fréquen.	Peu fréquen.	Aban.
46	32	10 %	52 %	37 %	34	0 %	24 %	76 %
28	14	57 %	30 %	13 %	42	7 %	53 %	39 %
53	35	32 %	31 %	37 %	0	0 %	0 %	0 %
92	21	70 %	25 %	5 %	44	14 %	54 %	32 %
66	23	48 %	33 %	20 %	28	15 %	76 %	9 %
108	20	71 %	22 %	7 %	36	0 %	30 %	70 %
Moyenne	-	48 %	32 %	20 %	-	6 %	39 %	38 %

On remarque que la fréquentation des chemins de classe 4 est très variable dépendamment des unités de paysage (tableau 10). Cela s'explique par le fait que les chemins sont conçus initialement pour les besoins de la récolte forestière mais qu'ensuite, les besoins des autres utilisateurs peuvent s'avérer différents. Par conséquent, en moyenne, on observe que les chemins de classe 4 sont fréquentés à 48%, peu fréquentés à 32% et abandonnés, dans 20% des cas. Au niveau des chemins non classés, on remarque que ceux-ci sont beaucoup moins fréquentés, probablement parce qu'il s'agit habituellement de chemins tertiaires finissant en cul-de-sac. Ceux-ci sont généralement peu fréquentés (39 %) ou abandonnés (38 %) bien qu'il y en a une minorité qui sont fréquentés (6 %). Ces résultats démontrent que les chemins de classe 4 sont beaucoup plus fréquentés que les chemins non classés. Cette information pourra ainsi être utilisée afin d'évaluer le niveau de fréquentation de ces chemins sur de plus grands territoires.

Par la suite, le même exercice a été réalisé avec les chemins présents dans le 3^e programme d'inventaire qui étaient absents du 4^e (tableau 11).

Tableau 11 - Proportion des chemins caractérisés dans les secteurs d'étude qui étaient présents dans le 3^e programme d'inventaire, mais absents du 4^e, selon leur fréquentation

Unité Paysage	Étendue (km)	Fréquentés	Peu fréquentés	Abandonnés
46	0,2	0%	0%	100%
28	22,3	0%	36%	64%
53	14,4	2%	63%	35%
92	43,0	0%	4%	95%
66	14,9	25%	11%	63%
108	0,4	0%	10%	90%
Moyenne	-	5%	21%	74%

On observe que la plupart des chemins du 3^e programme qui étaient absents dans le 4^e étaient majoritairement abandonnés (74 %) et en moindre mesure, peu fréquentés (21 %) et fréquentés (5 %). Ainsi, tel que discuté plus haut, ces chemins ont probablement été éliminés de la base de données du 4^e programme puisqu'ils étaient, pour la plupart, abandonnés. Il est toutefois surprenant de constater que certains chemins fréquentés ont disparus entre le 3^e et le 4^e programme.

Enfin, la fréquentation des chemins qui étaient absents dans le 3^e et le 4^e programme a été étudiée (tableau 12).

Tableau 12 - Proportion des chemins caractérisés dans les secteurs d'étude qui étaient absents des 3^e et 4^e programmes d'inventaire selon leur fréquentation

Unité Paysage	Chemins (km)	Fréquentés	Peu fréquentés	Abandonnés
46	8,2	0 %	67 %	33 %
28	14,4	2 %	48 %	50 %
53	2,8	0 %	60 %	40 %
92	8,5	0 %	0 %	100 %
66	9,5	0 %	43 %	57 %
108	39,5	0 %	8 %	92 %
Moyenne	-	0 %	38 %	62 %

Ces résultats démontrent que les chemins qui étaient absents dans le 3^e et le 4^e programme sont généralement peu fréquentés (38 %) ou abandonnés (62 %) (tableau 12). Dans toutes les unités de paysage, sauf dans la 28, aucun de ce type de chemin n'était classé « fréquentés ».

En somme, ces résultats démontrent que les chemins qui ne sont pas cartographiés dans la base de données du 4^e programme étaient majoritairement peu fréquentés ou abandonnés sauf dans quelques rares exceptions. Cela signifie que la base de données des chemins du 4^e programme d'inventaire est relativement fiable pour l'estimation de l'étendue des chemins fréquentés, et que les chemins qui n'y sont pas cartographiés sont généralement peu fréquentés ou abandonnés.

En considérant tous les chemins forestiers retrouvés dans les secteurs d'étude, il a été possible de calculer la densité de chemins forestier (tableau 13).

Tableau 13 - Densité de chemins forestiers dans les secteurs d'étude

Unité Paysage	Superficie secteurs (km ²)	Chemins (km)	Densité (km/km ²)
46	39	77	2,0
28	40	94	2,3
53	33	52	1,6
92	35	119	3,4
66	24	75	3,1
108	19	98	5,2

La densité de chemins forestiers variait de 1,6 à 5,2 km/km² selon les secteurs (tableau 13). Par exemple, l'unité de paysage 53 a une faible densité de chemin mais aussi une faible quantité de chemins non cartographiés tandis que l'unité de paysage 108 a une forte densité et beaucoup de chemins non cartographiés. Une densité faible pourrait découler d'un historique de récolte récent, tandis qu'une densité élevée pourrait s'expliquer par la présence simultanée de chemins récents et d'anciens chemins qui ne sont plus utilisés. D'autres aspects tels que le type de récolte forestière et les traitements sylvicoles pourraient expliquer la variation de densité observée.

Les traverses de cours d'eau

Au niveau des traverses de cours d'eau, le système de classification de la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs* (Latrémouille et al., 2014) a été utilisé. L'état des ponceaux y est décrit en cinq catégories : bon, acceptable, médiocre, critique et inconnu. Un ponceau en bon état signifie qu'il est neuf ou sain et qu'il n'y a pas de perforation ou de bosses. Un ponceau dans l'état acceptable a seulement quelques défauts mineurs qui ne compromettent pas ses fonctions. Les ponceaux dans un état médiocre comportent des défauts majeurs qui peuvent nuire à son bon fonctionnement. Lorsque le ponceau a atteint sa fin de vie utile, celui-ci est classé critique car il ne remplit plus ses fonctions de support de la route ou d'écoulement des eaux et doit être remplacé. Enfin, lorsqu'il est impossible de déterminer l'état du ponceau pour diverses raisons (impossible de voir à l'intérieur, ponceau obstrué, niveau d'eau trop haut, etc.), son état est classé inconnu. Dans certains cas, des ponceaux étaient complètement submergés par des étangs à castor et il n'était pas possible d'identifier où se situait la traverse. Lorsque les ponceaux visibles ailleurs sur le même chemin étaient en bois et dans un état critique, cet état a été attribué aux traverses submergées. Sur les chemins peu fréquentés, abandonnés et en moindre mesure sur les chemins fréquentés, il était commun d'observer des petits cours d'eau de tête déviés dans des fossés ou qui s'étaient frayés une voie à travers le chemin, causant ainsi de l'érosion. Ces situations ont été notées comme des traverses manquantes et elles ont été considérées dans la base de données comme des traverses de cours d'eau, et dans la quasi-totalité des cas, qui étaient dans un état critique. Au total, 66 traverses manquantes ont été répertoriées dans les secteurs d'étude. Ces situations se sont probablement

produites aux endroits où les chemins ont été construits lorsque les ruisseaux intermittents étaient moins visibles, soit en période de sécheresse estivale ou lors de travaux d'hiver. De plus, certaines traverses complètement lessivées mais avec des traces évidentes d'installation ont été retrouvées (12 fois). Enfin, il est arrivé couramment de ne pas trouver de signe d'installation d'une traverse de cours d'eau sur les vieux chemins abandonnés (23 fois). Cela pourrait s'expliquer par le fait que les traverses ont été emportées et que le cours d'eau a retrouvé son état naturel ou qu'aucune traverse n'avait été installée sur ces chemins (ex. chemin d'hiver). Puisque la présence de chemins d'hiver était rare dans les secteurs d'étude, ces cas particuliers ont été considérés comme des traverses de cours d'eau lessivées et conséquemment classifiées comme étant dans un état critique. Notre inventaire a démontré qu'il y avait une majorité de traverses de cours d'eau dans un état médiocre ou pire (59 %) tandis que le reste était dans un état acceptable ou meilleur (34 %) (figure 14), ce qui contraste avec les résultats précédemment obtenus par l'analyse des bases de données de la CRÉ-CN, de Zecs Québec et des pourvoiries (figure 12).

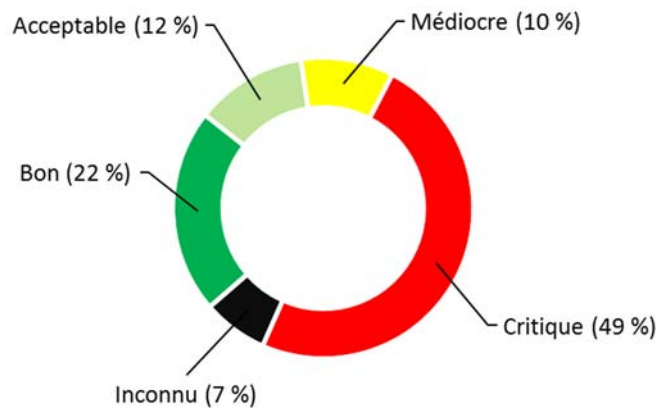


Figure 14 - État structural des traverses de cours d'eau dans les secteurs d'étude

Cela s'explique essentiellement par le fait que les inventaires de notre étude ont été réalisés sur un échantillonnage représentatif des chemins de tous types retrouvés sur le territoire. On y retrouve donc beaucoup plus de traverses qui sont situés sur des chemins peu fréquentés et abandonnés. On remarque d'ailleurs dans les données issues de notre inventaire que l'état des traverses de cours d'eau varie considérablement en fonction de la fréquentation des chemins (tableau 14).

Tableau 14 - État structural des traverses de cours d'eau en fonction de la fréquentation du chemin

État	Fréquentés		Peu fréquentés		Abandonnés	
	Fréquence d'observation	Pourcentage	Fréquence d'observation	Pourcentage	Fréquence d'observation	Pourcentage
Bon	45	39%	33	20%	9	8%
Acceptable	20	17%	22	13%	5	4%
Médiocre	16	14%	20	12%	5	4%
Critique	26	22%	79	48%	88	78%
Inconnu	9	8%	11	7%	6	5%
Total	116	100%	165	100%	113	100%

La proportion des traverses de cours d'eau dans un état médiocre ou pire passe de 36 % pour les chemins fréquentés, à 60 % pour les chemins peu fréquentés et atteint 82 % pour les chemins abandonnés. L'état des traverses est donc assez varié sur les chemins peu fréquentés tandis qu'il est majoritairement critique sur les chemins abandonnés.

L'état des traverses de cours d'eau a aussi été classé en fonction des matériaux ayant été utilisés pour les construire (tableau 15).

Tableau 15 – État structural des traverses de cours d'eau en fonction des matériaux

État	Bois		Acier		Plastique	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Bon	0	0 %	43	40 %	44	56 %
Acceptable	3	4 %	21	19 %	23	29 %
Médiocre	13	17 %	19	18 %	9	11 %
Critique	47	61 %	16	15 %	0	0 %
Inconnu	14	18 %	9	8 %	3	4 %
Total	77	100 %	108	100 %	79	100 %

On observe que les ponceaux en plastique sont généralement en bon état, que ceux en acier sont dans un état variable et ceux en bois sont pratiquement tous dans un état critique (tableau 15). Ces résultats ne sont pas surprenant car les ponceaux de bois ont été les premiers à être utilisés après la période de drave jusque dans le début des années 90 où l'utilisation massive de l'acier a commencé. La majorité des ponceaux de bois inventoriés ont donc plus de 25 ans. Quant aux ponceaux en plastique, puisqu'ils sont arrivés sur le marché vers les années 2000, leur âge maximal est d'environ 15 ans ce qui explique leur bonne condition. Finalement, on observe une plus grande variabilité dans l'état des ponceaux en acier puisqu'ils sont utilisés depuis longtemps dans les forêts du Québec. L'état des traverses de cours d'eau n'a pas été présentée par unité de paysage car nous croyons pour le moment que la fréquentation des chemins et donc indirectement leur entretien, pourrait expliquer davantage la détérioration des traverses que leur situation géographique.

Le nombre de traverses de cours d'eau par kilomètre de chemin caractérisés dans les secteurs d'étude a été calculé en fonction du niveau de fréquentation du chemin et en fonction de l'unité de paysage. Le niveau de fréquentation a été utilisé car cet indicateur peut nous renseigner sur le type de chemin, par exemple, à savoir s'il s'agissait d'un chemin prioritaire ou tertiaire. Par

conséquent, le nombre de traverses de cours d'eau pourrait varier selon ces types de chemins car celles-ci sont coûteuses à mettre en place et que leur utilisation est minimisée sur les chemins tertiaires par l'évitement des cours d'eau importants. De plus, les unités de paysage ont été utilisées car le relief du terrain et les variations dans les dépôts de surface peuvent générer des réseaux hydrographiques plus ou moins complexes. Ainsi, le tableau 16 présente le nombre de traverse de cours d'eau par km de chemins forestiers.

Tableau 16 - Nombre de traverses de cours d'eau par kilomètre de chemin caractérisés dans les secteurs d'étude en fonction de la fréquentation et de l'unité de paysage

UP	Fréquenté	Peu fréquenté	Abandonné
46	1,1	0,8	1,5
28	2,2	1,0	0,7
53	2,0	0,9	0,5
92	1,7	1,4	1,6
66	0,6	0,6	0,5
108	0,8	0,8	0,5
Moyenne	1,4	0,9	0,9

On observe que le nombre de traverses de cours d'eau par kilomètre est encore une fois très variable selon les unités de paysage (tableau 16). Tel que discuté plus haut, le relief du terrain ainsi que les particularités des dépôts de surface peuvent enduire un réseau hydrographique plus dense. De plus, il existe des différences régionales quant au tracé emprunté par les chemins forestiers. Dans certains cas, le positionnement des chemins en bas de pente (nombre élevé de traverses de cours d'eau par km) est expliqué par des contraintes liées au relief fortement accidenté et à des sols minces. Dans d'autres cas, le positionnement des chemins en haut de pente (nombre faible de traverses de cours d'eau par km) est privilégié car les sols épais et le relief peu accidenté le permettent. Nous remarquons aussi que dépendamment des secteurs, plus le chemin est fréquenté, plus il y aura une densité élevée de traverses. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le tracé des chemins tertiaires tend à éviter le plus possible la traversée des cours d'eau pour diminuer les coûts. Cependant, cette façon de faire est plutôt récente car les normes plus strictes de mise en place de ponceaux du RNI, entrée en vigueur en 1988, augmentent leur coût d'installation. En somme, il est apparu nécessaire de considérer la densité de traverses de cours d'eau en fonction de la fréquentation et en fonction de sa situation géographique étant donné la variabilité importante de leur nombre et de leur état sur le terrain.

La juxtaposition des chemins et des traverses de cours d'eau

Afin de caractériser de façon élargie le nombre et de la position des traverses de cours d'eau sur le territoire, il serait possible d'utiliser des sources de données cartographiques disponibles telles que les chemins du 4^e programme d'inventaire et le réseau hydrographique du *Cadre de référence hydrologique du Québec*. Toutefois, le fait que la base de données des chemins du 4^e programme soit incomplète (tableau 9) rend l'exercice potentiellement hasardeux. C'est pourquoi nous avons

procédé à une analyse géospatiale de la correspondance entre les traverses retrouvées sur le terrain et celles identifiées par les croisements des chemins et des cours d'eau identifiés dans ces bases de données.

Nous avons identifié quatre situations différentes :

1. Une traverse de cours d'eau était présente sur le terrain et correctement identifiée par le croisement des sources de données cartographiques (vraie traverse),
2. Une traverse de cours d'eau était présente sur le terrain mais absente des sources de données cartographiques parce que le cours d'eau n'était pas cartographié (cours d'eau non cartographié),
3. Une traverse de cours d'eau était présente sur le terrain mais absente des sources de données cartographiques parce que le chemin n'était pas cartographié (chemin non cartographié),
4. Une traverse de cours d'eau était absente sur le terrain tandis que le croisement des sources de données cartographiques en identifiait une (erreur cartographique).

Dans le dernier cas, il pouvait s'agir d'un cours d'eau qui n'existait pas en réalité ou d'un croisement erroné. Par exemple, à la figure 15, la localisation réelle de la traverse de cours d'eau était le point gris tandis que les traverses de cours d'eau produites par la cartographie étaient les points bleus. Dans ce cas, il y avait une traverse qui était une erreur puisque le chemin n'était pas cartographié exactement au bon endroit et il ne traversait pas le cours d'eau, qui, n'était pas non plus exactement au bon endroit.

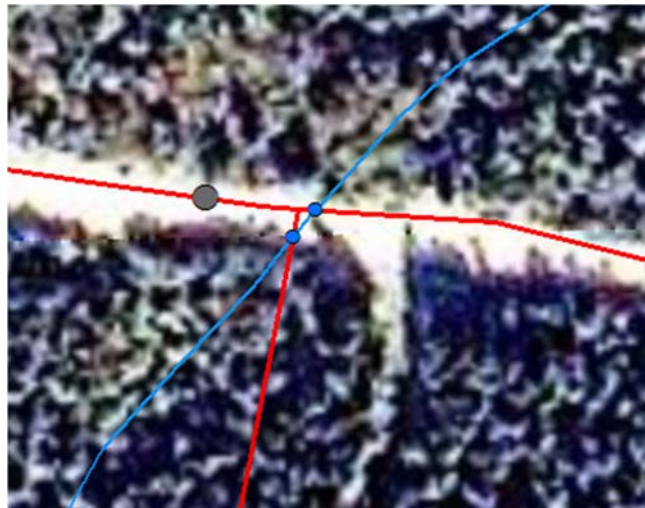


Figure 15 – Exemple d'identification cartographique erronée d'une traverse de cours d'eau

En considérant ces quatre situations, il a été possible de comptabiliser la fréquence d'occurrence de chaque cas (tableau 17).

Tableau 17 – Comparaison entre les traverses de cours d'eau identifiées à l'aide du croisement des chemins du 4^e programme d'inventaire et des cours d'eau, avec celles observées sur le terrain

Situation	Fréquence
Vraie traverse	169
Cours d'eau non cartographié	49
Chemin non cartographié	176
Erreur cartographique	66

Ainsi, sur les 394 traverses inventoriées au total sur le terrain, 169 (43 %) ont été correctement identifiées par la cartographie, 49 (12 %) étaient manquantes à cause des cours d'eau non cartographiés, et finalement 176 (45 %) étaient manquantes à cause des chemins non cartographiés. De plus, 66 traverses supplémentaires ont été faussement identifiées par les sources cartographiques. De ce fait, le croisement cartographique de la base de données du 4^e programme (Routard) avec les cours d'eau du *Cadre de référence hydrologique du Québec* s'est révélé être un très piètre estimateur du nombre et de la localisation des traverses de cours d'eau dans les secteurs d'étude puisque seulement 43 % de celles-ci ont été adéquatement identifiées. Cette méthode ne devrait donc pas être utilisée à large échelle afin d'estimer le nombre de traverses de cours d'eau sur le territoire. De plus, il serait difficile d'estimer l'état des traverses puisqu'il n'est pas possible de savoir où se produisent les erreurs à moins d'examiner précisément et manuellement chacun des croisements.

Discussion sur l'état des chemins et des traverses de cours d'eau

Plusieurs constats alarmants découlent des résultats présentés dans cette section. D'abord, les inventaires menés par différents gestionnaires fauniques indiquent qu'entre 21 et 32 % des traverses de cours d'eau situées sur des chemins prioritaires, donc généralement fréquentés et entretenus, sont dans un état médiocre ou pire. Notre inventaire a d'ailleurs permis de démontrer que les chemins fréquentés ne représentent généralement que 19 % des chemins retrouvés sur le terrain. Sur les chemins peu fréquentés et abandonnés, l'état des traverses de cours d'eau qui s'y trouvent sont dans un état médiocre ou pire dans 67 et 87 % des cas, respectivement. De plus, la comparaison des données de nos inventaires avec les sources de données cartographiques disponibles à large échelle démontre que celles-ci sont incomplètes et qu'il faut agir avec prudence avant de les utiliser à des fins de décrire le réseau routier en place. L'inventaire que nous avons réalisé dans les secteurs d'étude permet donc de présenter un portrait global de l'état des traverses de cours d'eau qui était initialement biaisés par des inventaires restreints aux chemins prioritaires.

Les traverses de cours d'eau dans des états médiocre ou critique causent de nombreux problèmes aux milieux aquatiques puisqu'ils sont à très fort risque de provoquer l'apport de sédiments dans le réseau hydrographique et de créer des entraves à la circulation des poissons. Plusieurs traverses de cours d'eau ayant été lessivées ont d'ailleurs été observées sur le terrain, causant ainsi l'apport de plusieurs tonnes de sédiments directement dans les cours d'eau. À titre

d'illustration, un ponceau de 1200 mm de diamètre et de 9 m de long ayant été lessivé quelque temps avant notre visite a laissé une énorme tranchée dans un chemin forestier (figure 16). Le volume de sol ayant été lessivé a été estimé à environ 250 tonnes, ce qui représente le contenu de 16 camions-benne (i.e. : camion dix-roues) de matériel granulaire ayant été déversé dans ce cours d'eau. Inutile de dire que des apports massifs de sédiments de cet ordre peuvent ensabler les frayères ou ruiner les aménagements fauniques situés en aval de cette structure.



Figure 16 - Traverse de cours d'eau lessivée

De plus, plusieurs ponceaux de bois affaiblis bloquent toujours les cours d'eau plusieurs années après leur installation et leur défaillance (figure 17). Dans plusieurs cas, le remblai contenait beaucoup de grosses roches qui sont tombées dans le cours d'eau suivant l'affaissement du ponceau.



Figure 17 - Libre circulation du poisson entravée par un ponceau de bois affaissé

En somme, la faible fréquentation et au sous-entretien du réseau routier en milieu forestier est à la source d'une détérioration majeure des traverses de cours d'eau. Ce problème semble bien connu des intervenants forestiers mais il n'avait jamais été quantifié précisément. La section suivante vise donc à présenter une estimation rationnelle de l'état de situation à l'échelle des unités de paysage dans lesquels se trouvent les secteurs d'étude.

Extrapolation de l'état de situation à l'échelle des unités de paysage

Afin d'estimer l'état des traverses de cours d'eau à grande échelle dans chacune des unités de paysage à l'étude, la première étape a été d'estimer le nombre total de kilomètres de chemins forestiers dans chacune d'elles. La méthode la plus cohérente et précise a été d'utiliser en premier lieu la base de données des chemins du 4^e programme d'inventaire pour estimer le nombre total de chemins dans chaque unité de paysage. À cette étape, les chemins forestiers situés sur les territoires libres ont aussi été inclus car nous croyons que la densité et l'état des chemins et des traverses de cours d'eau sur ces territoires devrait être semblable à ceux retrouvés sur les territoires fauniques structurés. Ensuite, la proportion de chemins absents de cette base de donnée a été ajoutée, tel qu'estimé par l'analyse des secteurs d'étude (tableau 9), pour chaque unité de paysage.

La seconde étape fût d'estimer le niveau de fréquentation de l'ensemble des chemins en fonction de ce qui a été observé sur le terrain. Ainsi, les chemins du 4^e programme de classe hors-norme, classe 1, 2 et 3 ont été classés comme des chemins fréquentés tandis que le niveau de fréquentation des chemins de classe 4 et les chemins non classés a été pondéré par ce qui a été observé dans les secteurs d'étude (tableau 10), pour chaque unité de paysage. Les chemins d'hiver et les chemins non forestiers non pas été inclus dans l'analyse car il n'y en avait pas dans les secteurs d'étude. Ensuite, la même méthode a été utilisée pour déterminer une fréquentation

cohérente pour les chemins ayant été ajoutés à cette estimation, avec les particularités observées dans les secteurs d'étude de chaque unité de paysage (tableaux 11 et 12). Cette étape a donc permis d'attribuer un niveau de fréquentation à l'étendue totale de chemins estimée par unité de paysage pour tenir compte des variances régionales (tableau 18).

Tableau 18 - Fréquentation des chemins dans les unités de paysage

Unité de paysage	Superficie (km ²)	Chemins fréquentés (km)	Chemins peu fréquentés (km)	Chemins abandonnés (km)	Total
46	4271	644	2481	4244	7369
28	4142	965	2462	2344	5772
53	6234	2601	3680	3161	9442
92	2008	1754	2170	4631	8555
66	6448	1307	1835	1357	4499
108	2210	2022	1204	3662	6887
Total	25313	9294	13832	19399	42524

Ces données extrapolées démontrent que la proportion de chemins fréquentés, peu fréquentés ou abandonnés varie d'une unité de paysage à l'autre. Cela peut s'expliquer par la plus grande fréquentation de certains secteurs par les usagers de la forêt. Cependant, il y a aussi une incertitude liée à la fréquentation des chemins de classe 4 qui est très variable dépendamment des secteurs inventoriés, à même une unité de paysage. Puisque le nombre de chemins inventoriés dans les secteurs d'étude est petit comparativement à l'étendue totale des chemins, le niveau d'imprécision pourrait être diminué avec un plus grand échantillonnage. Au total, nos résultats permettent d'estimer qu'il y aurait environ 42 500 km de chemin forestier pour 25 500 km² de territoire couvert par les 6 unités de paysage étudiées. Ceci donne une densité moyenne de 1,7 km/km². Les proportions de fréquentation des chemins estimées à l'échelle des unités de paysage (figure 18) restent semblables à celles observées dans les secteurs d'étude.

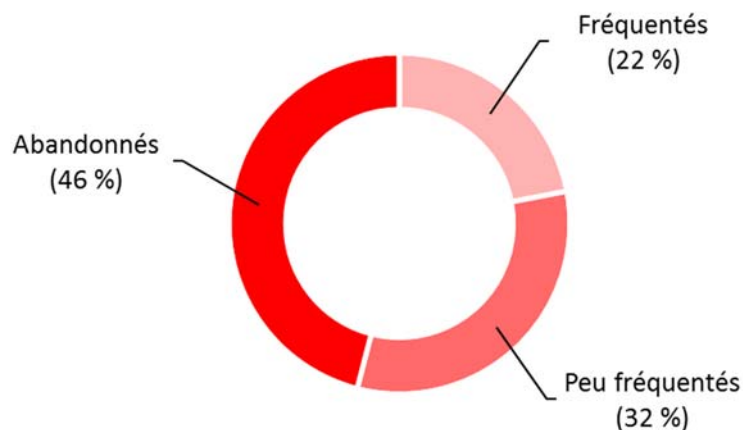


Figure 18 - Niveau de fréquentation de l'ensemble des chemins dans les unités de paysage

Après avoir estimé le niveau de fréquentation de la totalité des chemins forestiers dans les unités de paysage, il a été possible d'estimer le nombre de traverses de cours d'eau en utilisant le

nombre de traverses par kilomètre selon le niveau de fréquentation du chemin (tableau 16) calculé dans les secteurs d'étude (tableau 19). Au total, il y aurait environ 44 500 traverses de cours d'eau pour 42 500 km de chemins, ce qui donne une densité globale de 1,05 traverse/km.

Tableau 19 - Quantité de traverses de cours d'eau dans les unités de paysage en fonction du niveau de fréquentation des chemins

UP	Fréquenté	Peu fréquenté	Abandonné	Total
46	685	2636	4509	7830
28	1075	2742	2611	6429
53	2662	3767	3235	9665
92	2746	3397	7250	13393
66	787	1105	817	2709
108	1337	796	2421	4554
Total	9292	14444	20844	44580

Une étape supplémentaire a permis d'estimer l'état des traverses de cours d'eau (tableau 20) à partir des relations ayant été établies entre la fréquentation des chemins, la source de donnée cartographique et l'état observé des traverses inventoriées (figure 12 et tableau 14).

Tableau 20 - État des traverses de cours d'eau dans les unités de paysage

Unité de paysage	Bon	Acceptable	Médiocre	Critique	Inconnu	Total
46	1249	695	588	4829	470	7830
28	1326	707	555	3432	407	6429
53	2422	1205	866	4536	636	9665
92	2712	1350	1007	7492	831	13393
66	703	349	249	1228	180	2709
108	1060	494	337	2373	289	4554
Total	9474	4800	3602	23891	2813	44580

On observe donc ici des résultats qui varient largement dans le nombre et l'état des traverses de cours d'eau entre les différentes unités de paysage. Le but de notre étude n'étant pas de documenter et de caractériser ces disparités régionales, nous n'irons pas plus loin dans l'analyse de celles-ci. Néanmoins, ces résultats illustrent bien la pertinence de procéder à des caractérisations locales des chemins et des traverses de cours d'eau. La figure 19 dresse donc le portrait global estimé de l'état des traverses de cours d'eau grâce à l'extrapolation de données locales à des échelles spatiales plus grandes, mais cohérentes (unités de paysages). Ce portrait démontre qu'à cette échelle, c'est 8% des traverses de cours d'eau qui seraient dans un état médiocre et 54 % dans un état critique. Sur le 25 550 km² de territoire couvert par cette estimation, on pourrait donc retrouver près de 27 500 traverses de cours d'eau dans un état de dégradation avancé.

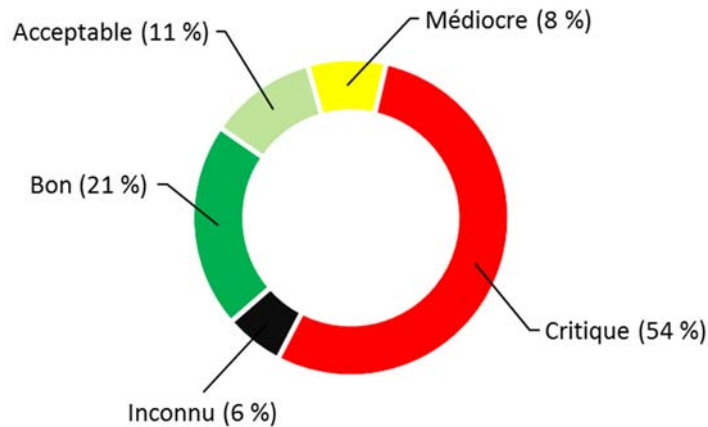


Figure 19 - Estimation de l'état des traverses de cours d'eau dans les unités de paysage

Estimation de la durée de vie des traverses de cours d'eau

L'estimation de la durée de vie des traverses de cours d'eau ne pouvait se faire sans d'abord déterminer leur âge. Tel que discuté dans la méthodologie, des photos aériennes, des images satellites Landsat et les inventaires écoforestiers ont été utilisées pour trouver l'année de construction précise des chemins où se trouvent ces structures. Sur les chemins secondaires et tertiaires où la fréquentation a été de courte durée, l'absence de travaux de réfection majeurs et d'entretien dans les années qui ont suivi l'installation permettait d'avoir une grande confiance dans l'estimation de l'âge des structures. En revanche, il a été beaucoup plus difficile de retracer l'âge des traverses de cours d'eau sur les chemins principaux. Ces chemins ont généralement été entretenus en fonction de leur fréquentation au fil des années et les traverses s'y trouvant ont été remplacées, selon les besoins, lorsqu'elles atteignaient leur fin de vie utile. Dans ces cas, l'année de construction du chemin ne correspond plus à l'année d'installation de la traverse. Cependant, il est arrivé, dans certains secteurs, de constater que certains tronçons de chemin avaient été refaits et élargis lors d'une même année. Conséquemment, l'âge des traverses se trouvant sur ces chemins refaits, et qui présentaient des états similaires, a été fixée à une valeur correspondant au moment de l'exécution de la réfection. Il a été possible de déterminer l'âge ainsi que l'état structural de 40 ponceaux en bois, de 62 ponceaux en plastique, et de 78 ponceaux en acier sur un total respectif de 80, 79 et 110. La figure 20 suivante illustre l'âge des traverses de cours d'eau en bois, en acier et en plastique en fonction de leur état à l'aide de « boxplots ». La largeur des boîtes est proportionnelle à la racine carrée du nombre d'observation dans chaque catégorie. En d'autres mots, moins il y a de données pour construire le « boxplot », plus la boîte est mince.

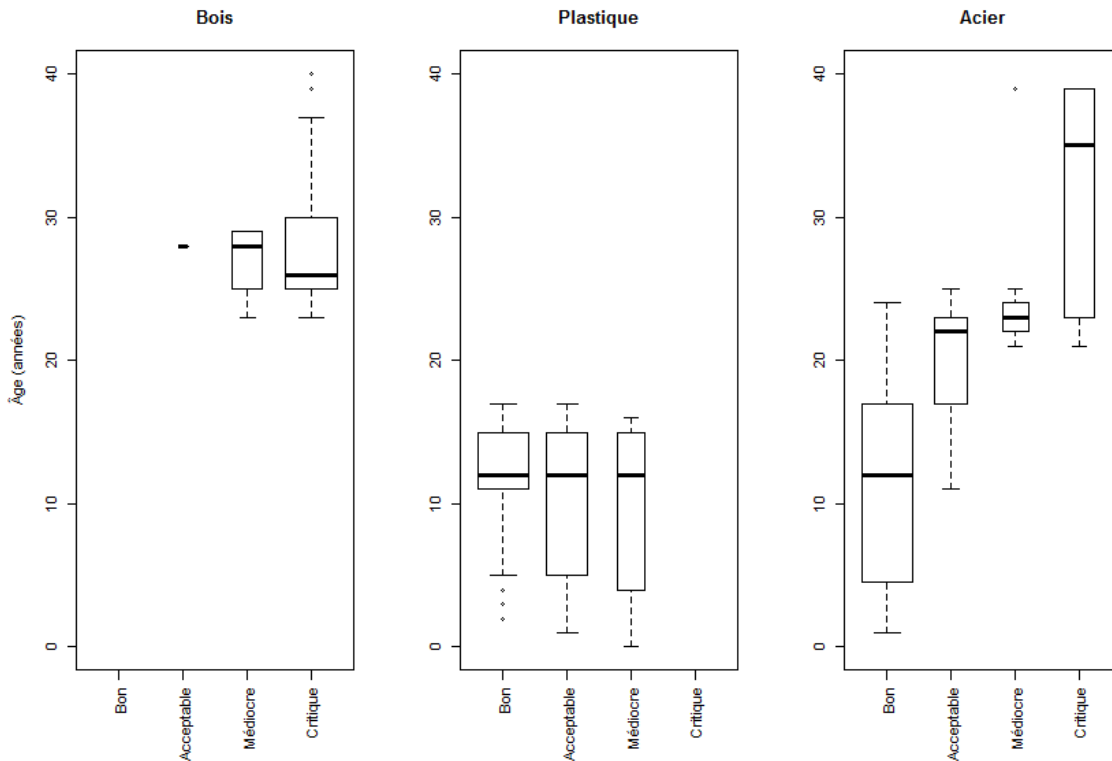


Figure 20 - État des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en acier en fonction de leur âge

D'abord, on observe sur la figure 20 que les ponceaux de bois inventoriés ont tous plus de 20 ans, que les ponceaux de plastique ont tous moins de 20 ans et que les ponceaux en acier ont entre 1 et 40 ans. Bien que le RNI permet toujours de construire des ponceaux de bois d'une portée à moins d'un mètre, aucun ponceau de bois de moins de 20 ans n'a été trouvé en forêt. Les ponceaux en plastique sont, quant à eux, largement utilisés depuis leur arrivée sur le marché vers les années 2000 ce qui explique leur âge toujours inférieur à 20 ans. La transition de l'utilisation des ponceaux en acier en remplacement de ceux en bois semble s'être déroulée au début des années 1990 selon nos données.

À cet égard, on observe que les ponceaux de bois sont majoritairement dans un état critique. Cela s'explique en partie par le fait que le bois non traité a une courte durée de vie (tableau 21). On voit dans ce tableau, issu de l'*Engineering Manual* de la Colombie-Britannique (FNLR, 2013), que les résineux (épinette, sapin et pruche) ont une durée de vie entre 4 à 6 ans. Les ponceaux de bois inventoriés semblaient justement être fabriqués de ces essences car les billes étaient bien droites et avaient leur défilement typique. Le seul ponceau retrouvé qui était dans un état acceptable était construit avec des billes de tablier beaucoup plus grosses que celles retrouvées habituellement. D'ailleurs, il est conseillé, dans l'*Engineering manual*, de surdimensionner les billes du tablier pour augmenter leur durée de vie.

Tableau 21 - Durabilité de diverses essences de bois (FNLr, 2013)

Essence	Durée de vie
Thuya de l'ouest	20 ans et plus
Sapin de Douglas	8 à 10 ans
Épinette, sapin et pruche	4 à 6 ans
Bois franc	Moins de 4 ans

Par ailleurs, la construction de ces ponceaux n'était pas encadrée légalement avant 1996 sauf pour la règle, datant de 1988, spécifiant qu'il est interdit de rétrécir le lit du cours d'eau de plus de 20 %. Cependant, entre 1988 et 1996, aucune norme n'était donnée quant à la hauteur libre du ponceau qui doit maintenant être d'au moins 80 % de sa portée. Par conséquent, il est possible que l'absence de normes précises de dimensionnement avant 1996 ait conduit à la construction de ponceaux de bois sous-dimensionnés, ce qui les a rendus plus vulnérables aux crues. Néanmoins, il n'y a pas de doute à dire que la pourriture du bois était un élément limitant de leur durée de vie. En somme, malgré que quelques-uns de ces ponceaux n'étaient pas effondrés, leur durée de vie est nettement inférieure à 23 ans, l'âge des plus jeunes ponceaux retrouvés. Puisque ces ponceaux ne sont plus utilisés depuis plus de 20 ans, il n'a pas été possible d'estimer plus précisément leur durée de vie dans les forêts Québécoises.

Du côté des ponceaux en plastique, on observe que ceux-ci étaient dans des états très variables, peu importe leur classe d'âge. Par exemple, on a retrouvé de nombreux ponceaux installés il y a moins de 17 ans qui se trouvaient déjà dans un état médiocre. Pourtant, ce type de tuyau pourrait atteindre des durées de vie de 50 à 100 ans (PPI, inconnue). Tel qu'expliqué dans la méthodologie, ces ponceaux sont des structures flexibles et la qualité d'installation a un impact direct sur leur durabilité. À cet effet, les ponceaux de plastique en mauvais état retrouvés sur le terrain avaient clairement été installés sans précaution. Ces derniers étaient généralement écrasés ce qui diminuait la section d'écoulement (figure 21). Tel qu'illustré sur ces photos, l'utilisation de roches beaucoup trop grosses pour l'enrochement ou dans les matériaux de remblai provoquait des forces ponctuelles qui ont endommagé le tuyau.



Figure 21 - Ponceau en plastique endommagé à cause d'un enrochement

Mis-à-part ces problèmes liées à la qualité de la mise en place, ces ponceaux semblaient très bien résister à l'abrasion car aucun cas d'usure majeur n'a été constaté. De plus, aucun ponceau ne semblait avoir été attaqué par les rayons du soleil puisque le plastique était généralement très sain. Ces ponceaux semblaient donc très bien performer, mais seulement s'ils avaient été installés minutieusement. À partir de ces observations, il est raisonnable de croire que les ponceaux de plastique auront une durée de vie bien supérieure à 15 ans.

Enfin, les plus vieux ponceaux en acier (> 35 ans) ont été retrouvés sur un chemin principal de la réserve faunique de Mastigouche, non loin de la première usine au Québec qui fabriquait des ponceaux en tôle d'acier ondulée à joint agrafé. L'année d'installation de ces ponceaux facilement reconnaissable sur le terrain a été estimée à 1976 grâce à l'identification évidente de travaux majeurs de réfection sur des photos aériennes de l'époque. Ce fût cependant le seul secteur où des ponceaux en acier aussi vieux ont été observés. Enfin, l'utilisation continue de ponceaux en acier au cours des 40 dernières années en milieu forestier permet de bien interpréter l'effet du temps sur l'état de ces structures. En effet, des ponceaux âgés de 1 à 40 ans ont été inventoriés dans les secteurs d'étude. Il est important de mentionner que les ponceaux en acier inventoriés avaient des ondulations de 68 x 13 mm ou de 125 x 25 mm. De plus, leur épaisseur variait de 1,3 à 2,8 mm en fonction des diamètres et ils n'avaient pas de revêtement protecteur autre que la couche galvanisée. Par exemple, un ponceau en acier galvanisé dans une eau ayant un pH de 6,5 et une résistivité électrique de 10 900 ohm aurait une durabilité théorique de 60 ans pour une épaisseur de tôle de 1,3 mm et de 132 ans pour une tôle de 2,8 mm. La qualité de mise en place de ces ponceaux en acier semble moins critique que pour les ponceaux en plastique car nous n'avons observé aucun ponceau ayant été installé récemment (<10 ans) dans un état médiocre ou pire. Par conséquent, l'usure normale serait une cause importante de leur dégradation. Les ponceaux en acier montrent des signes d'usure et de détérioration évidents à partir de l'âge de 20 ans. Notre inventaire aléatoire a fait en sorte qu'aucun ponceau âgé entre 25 et 35 ans n'a été inventorié, ce qui explique probablement pourquoi il y a si peu de variation de l'âge de la classe d'état médiocre. L'observation de vieux ponceaux (>20 ans) en bon état pourrait être expliquée par une bonne qualité d'installation, un environnement peu agressif limitant la corrosion (faible niveau d'abrasion, pH élevé et résistivité faible), l'utilisation d'un tuyau en tôle plus épaisse (annexe 4) et un dimensionnement adéquat. Les fabricants de tuyaux en acier comme Armtec estiment la durée de vie moyenne de leur ponceau en acier galvanisé standard à 25 ans, lorsqu'installés correctement en milieu forestier (D. Turner, communication personnelle, 16 décembre 2015). Nos résultats semblent démontrer que cette approximation est juste.

Compte tenu de ce qui précède, il a été déterminé que les ponceaux de bois ont une durée de vie largement inférieure à 23 ans, que les ponceaux en plastique ont une durée de vie supérieure à 15 ans s'ils sont installés convenablement et que les ponceaux en acier se dégradent sérieusement vers l'âge de 25 ans. Cependant, cette estimation a été basée sur l'état structural du ponceau qui est surtout représentative uniquement du tuyau en plastique ou en acier, dans le cas des ponceaux circulaires, et uniquement représentative de l'intégrité de la structure des ponceaux de bois. En conséquence, il a été observé que certains ponceaux, même s'ils avaient toujours un bon état structural, n'étaient plus fonctionnels à cause d'un manque d'entretien. Ce manque

d'entretien causait habituellement le blocage du ponceau par des débris végétaux, des sphaignes ou le castor, ce qui peut réduire considérablement sa capacité hydraulique (figure 22). Cet aspect n'a pas été traité en profondeur dans le cadre de ce rapport mais la situation sera éventuellement étudiée afin d'évaluer quelle est la proportion des ponceaux affectée par ces problèmes et sur quels types de chemins.



Débris végétaux



Sphaignes



Castor

Figure 22 - Obstructions principales observées sur les ponceaux

Conclusion

L'inventaire exhaustif de chemins forestiers retrouvés dans des secteurs d'étude délimités par des bassins versants a permis de dresser un portrait non biaisé de l'état des traverses de cours d'eau sur des chemins ayant différents niveaux de fréquentation (fréquenté, peu fréquenté, abandonné). Cet inventaire est venu compléter ceux ayant déjà été réalisés dans le passé par les zecs, les pourvoiries et la CRÉ de la Capitale-Nationale. Il en est ressorti que l'état des traverses de cours d'eau sur les chemins prioritaires est considérablement différent de celles sur les chemins peu fréquentés ou abandonnés. En effet, il a été démontré que la majorité des traverses de cours d'eau (> 60 %) situées sur les chemins peu fréquentés ou abandonnés sont dans un état structural dégradé (médiocre ou critique). Ce constat est très alarmant puisque les chemins peu fréquentés ou abandonnés représentent plus 80 % des chemins forestiers dans les forêts publiques québécoises. En considérant que les traverses de cours d'eau qui sont dans un état structural dégradé causent de nombreux problèmes aux habitats aquatiques, tels que de l'érosion et l'entrave à la libre circulation du poisson, la voirie forestière est probablement le problème hydrologique le plus important en milieu forestier public au Québec. Les résultats de cette étude démontrent aussi que les traverses de cours d'eau en plastique et en acier utilisées de nos jours

sont plus durables que les anciennes ayant été construites en bois, mais que leur durée de vie est limitée.

Recommandations

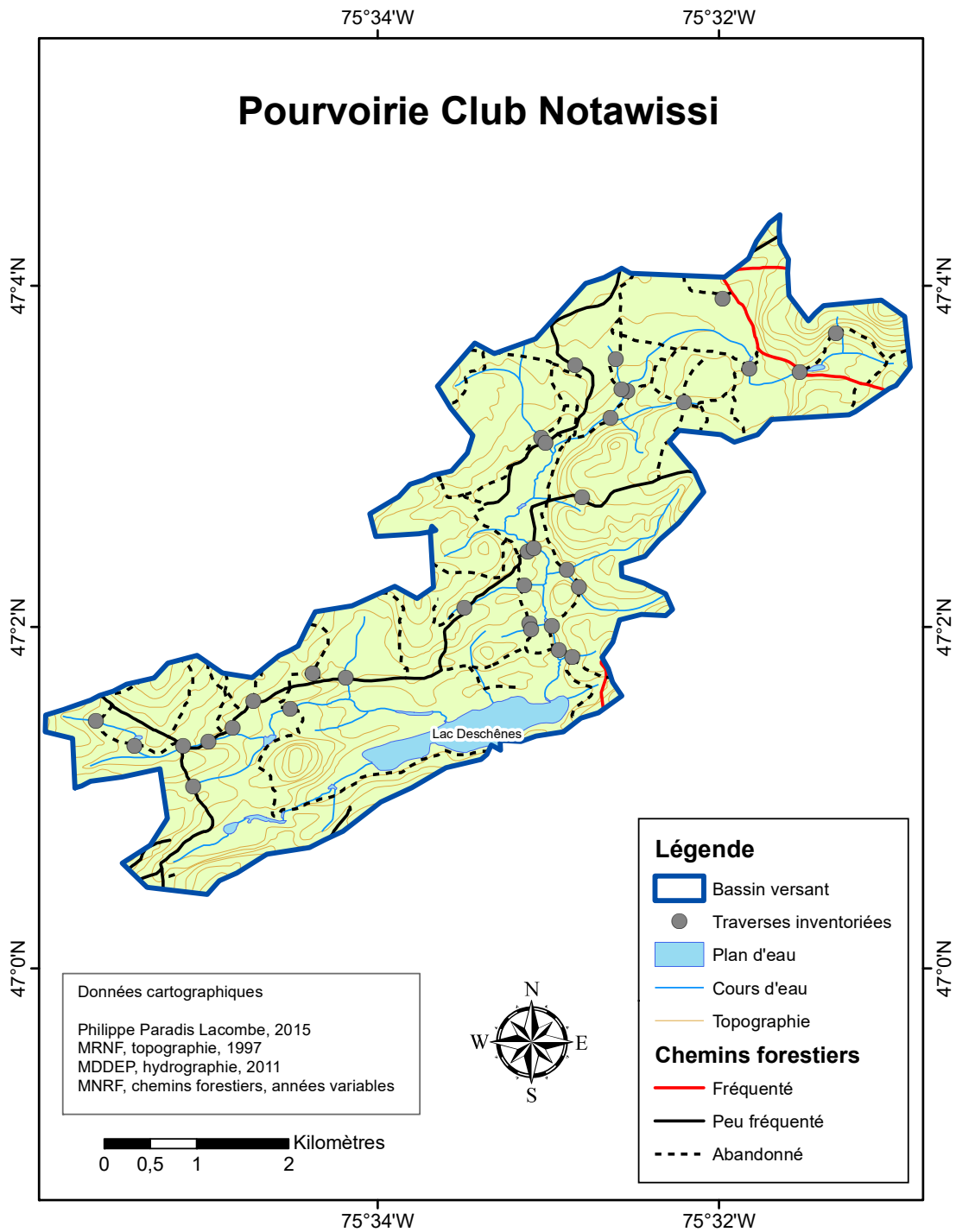
Cette étude constitue un premier pas dans la caractérisation de l'état des traverses de cours d'eau sur les chemins à faible fréquentation. Ainsi, d'autres inventaires permettraient de raffiner le portrait et de diminuer certaines incertitudes. Il est très coûteux et fastidieux de réaliser ce type d'inventaire car les distances à couvrir sont longues et les déplacements difficiles, par contre, il serait très avantageux que ce type d'inventaire soit réalisé par le biais de plusieurs intervenants locaux. Par ailleurs, l'ajout éventuel des données issues des inventaires réalisés dans les réserves fauniques permettraient aussi de raffiner le portrait mais dans ce cas-ci, sur le réseau routier prioritaire.

À l'instar du portrait émis dans ce rapport, il apparaît urgent d'adopter un cadre de gestion du réseau routier forestier afin de prévoir au préalable la durée de vie des chemins anticipée et d'appliquer des mesures en conséquence. À ce propos, le *Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'état* vise à assurer un niveau de qualité minimum pour les traverses de cours d'eau installées en forêt publique. Cependant, puisque ce standard de qualité s'applique sur tous les types de chemins (primaire, secondaire, tertiaire), nous croyons que d'autres méthodes pourraient être utilisées afin de réduire les coûts de construction des chemins tertiaires, en plus de diminuer leurs impacts environnementaux, et de réinvestir ce capital sur les chemins primaires (ponceaux de meilleure qualité et mieux installés, nivelage, débroussaillage, etc.). Par exemple, l'utilisation de pontages temporaires pourrait s'avérer une solution intéressante sur les chemins ayant une courte durée de vie. Ceux-ci, utilisés conjointement avec des traverses de cours d'eau alternatives telles que les traverses à gué aménagées ou de la désactivation de chemin pourraient être des solutions envisageables. Il suffit d'appliquer une solution adaptée et cohérente aux besoins futurs des utilisateurs du chemin (chasseurs, pêcheurs, trappeurs, employés pour les travaux sylvicoles, etc.) et ce en fonction du type de territoire faunique (zec, réserve faunique, pourvoirie, libre). Avec près de 50 % de chemins abandonnés dans les secteurs d'étude, il n'apparaît pas justifiable de laisser les chemins et les traverses de cours d'eau en place sans aucun entretien. Dans de tels cas, le prétexte de maintien de l'accès au territoire ne tient tout simplement pas.

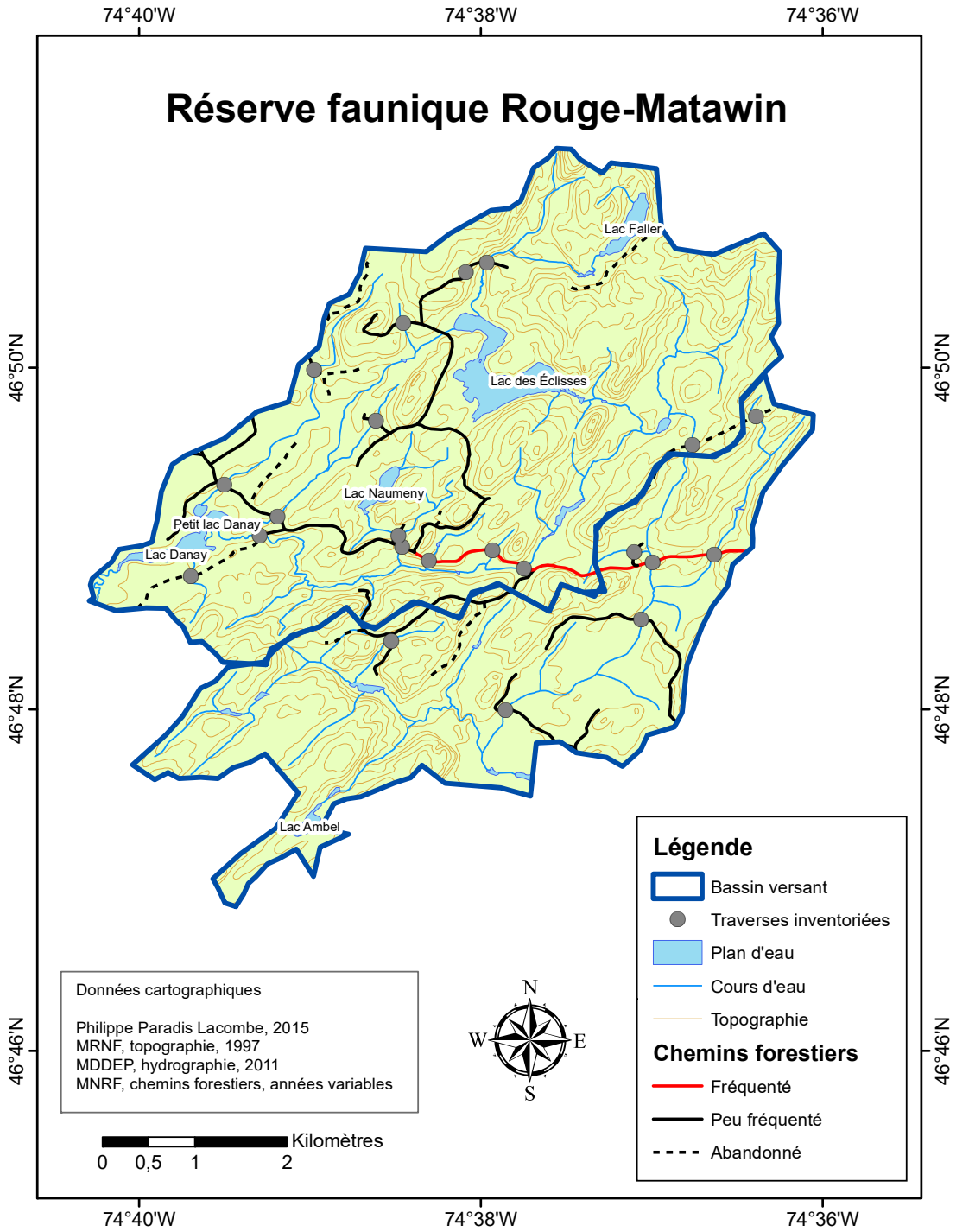
Bibliographie

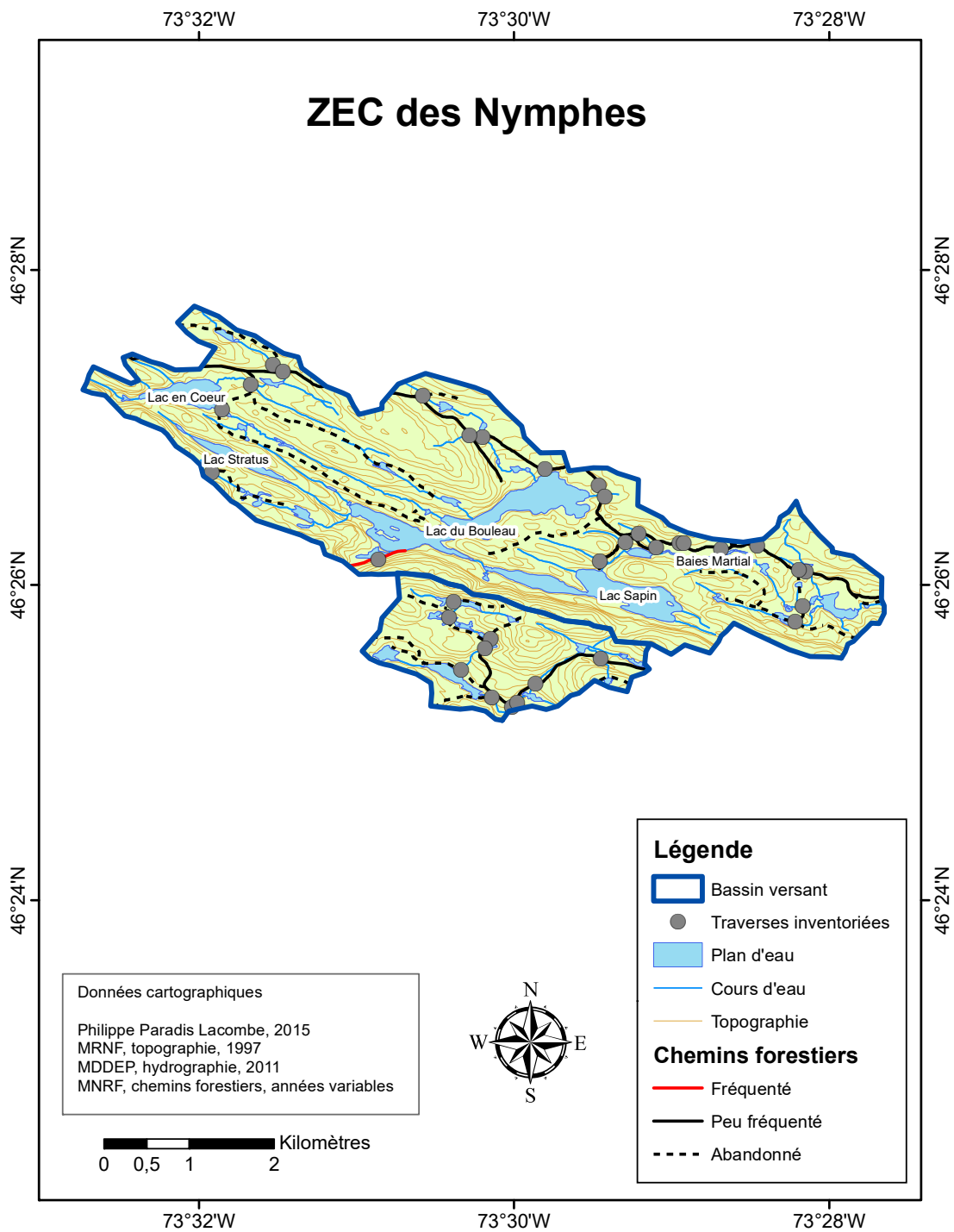
- Corrugated Steel Pipe Institute (CSPI). 2007. Handbook of steel drainage and highway construction products. 482 p.
- Goerig, E., Bergeron, N. 2014. Modélisation de la capacité de l'omble de fontaine à franchir les ponceaux – rapport final. Centre Eau, Terre et Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique. Québec. 133 p.
- Latrémouille et al. 2014. Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs. Zecs Québec et Fondation de la faune du Québec. 58 p.
- Lester H. Gabriel, Ph.d, P.E. The Complete Corrugated Polyethylene Pipe Design Manual and Installation Guide, Plastic Pipe Institute. Irving, Texas.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MNRF). 1997. L'aménagement des ponts et des ponceaux dans le milieu forestier. Gouvernement du Québec, Québec. 147 p.
- MINISTÈRES DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. 2014. Manuel de conception des ponceaux. Gouvernement du Québec, Québec. 541 p.
- MINISTÈRES DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. 2012. Manuel d'inspection des ponceaux. Gouvernement du Québec, Québec. 162 p.
- Ministry of transportation. 2000. Ontario structure inspection manual. Ontario. 394 p.
- Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations (FNLR). 2013. Engineering Manual. British Columbia. 347p.
- Morvan, D. et Trottier, F. 2011. Les rôles et responsabilités des utilisateurs du milieu forestier en 2013. Présentation dans le cadre des séminaires de formation continue de l'OIFQ. Hôtel Le Montagnais, Ville Saguenay. 14 avril 2011.
- Nagy, M.M., J.T. Trebeth, G.V. Wellborn, and L.E. Gower. 1980. Log Bridge Construction Handbook. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC), Vancouver, B.C.
- Paradis-Lacombe, P. et Jutras, S. 2014. Rapport d'avant-projet sur les traverses de cours d'eau alternatives en milieu forestier. Rapport de projet GIR de la FFQ. 59 p.
- Plastic Pipe Institute (PPI). Année de publication inconnue. Handbook of polyethylene pipe – Second Edition. Irving, Texas. 620 p.
- Robitaille, A. et Saucier, J.P. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Ministère des ressources naturelles du Québec. Direction de la gestion des stocks forestiers et direction des relations publiques. 213 p.
- Tremblay, J. 2013. Plan de priorisation des chemins multiusages. Région de la Capitale-Nationale. Conférence régionale des élus de la Capitale-Nationale. Commission sur les ressources naturelles et le territoire. Québec. 23 p.

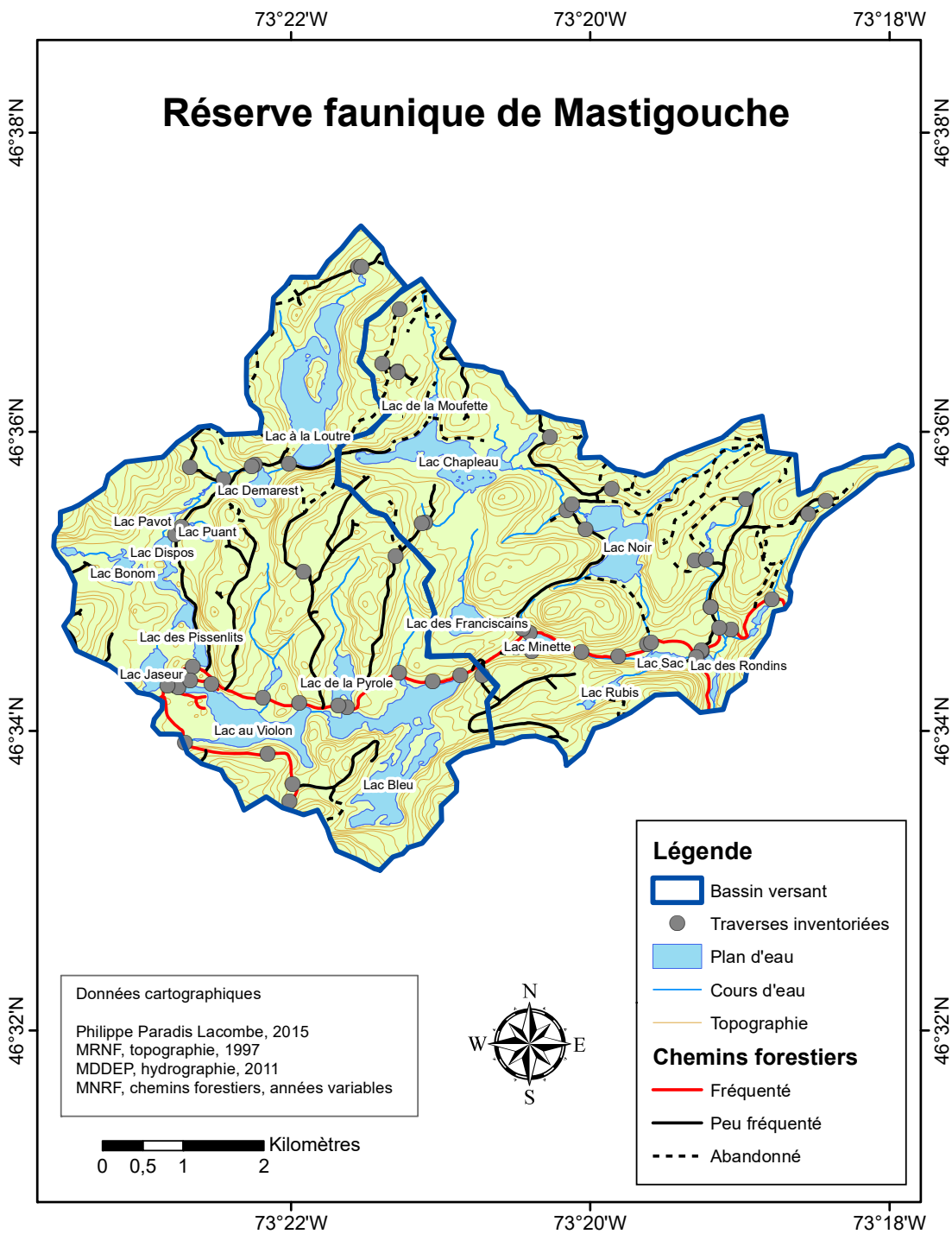
Annexe 1 – Cartes des secteurs d'étude

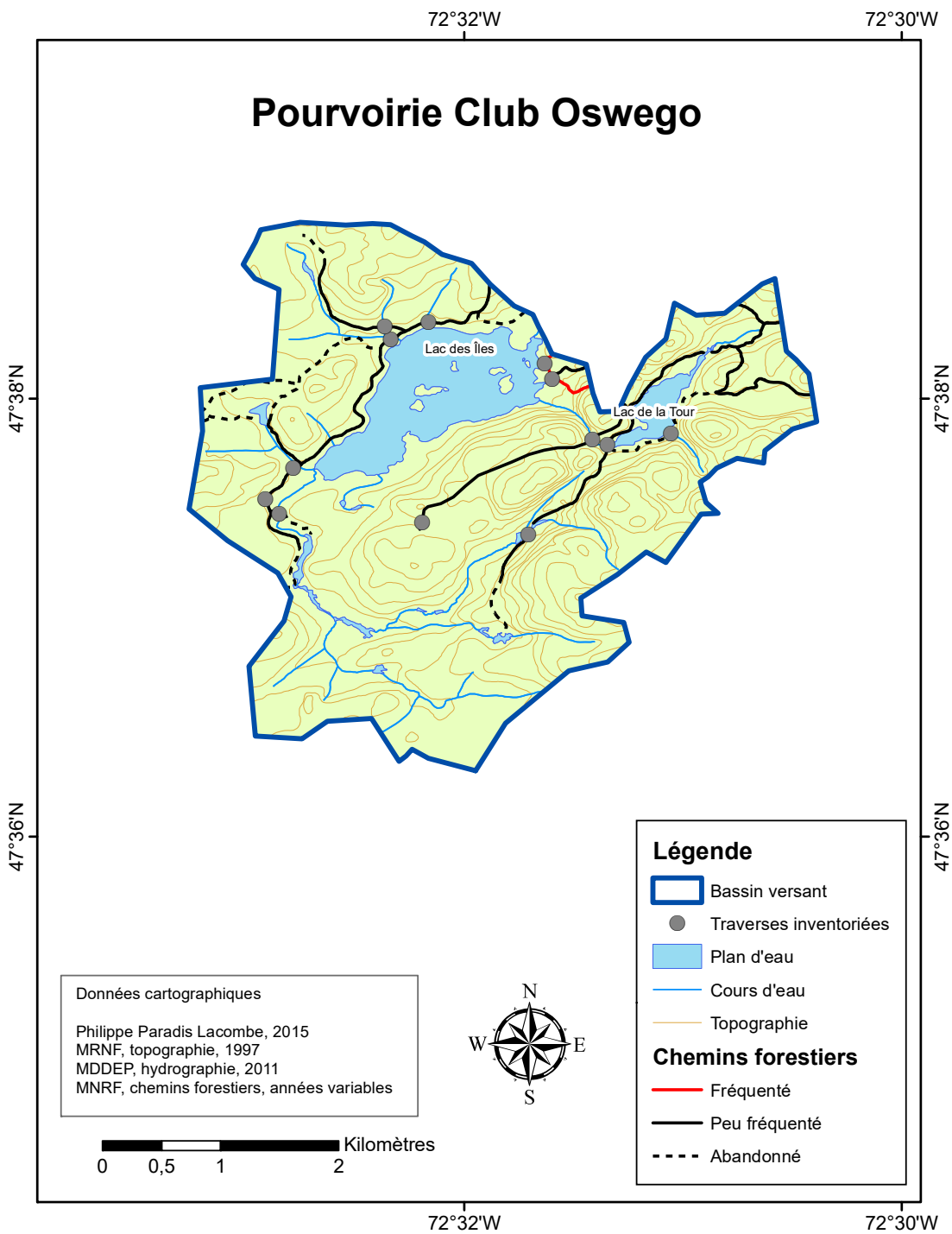


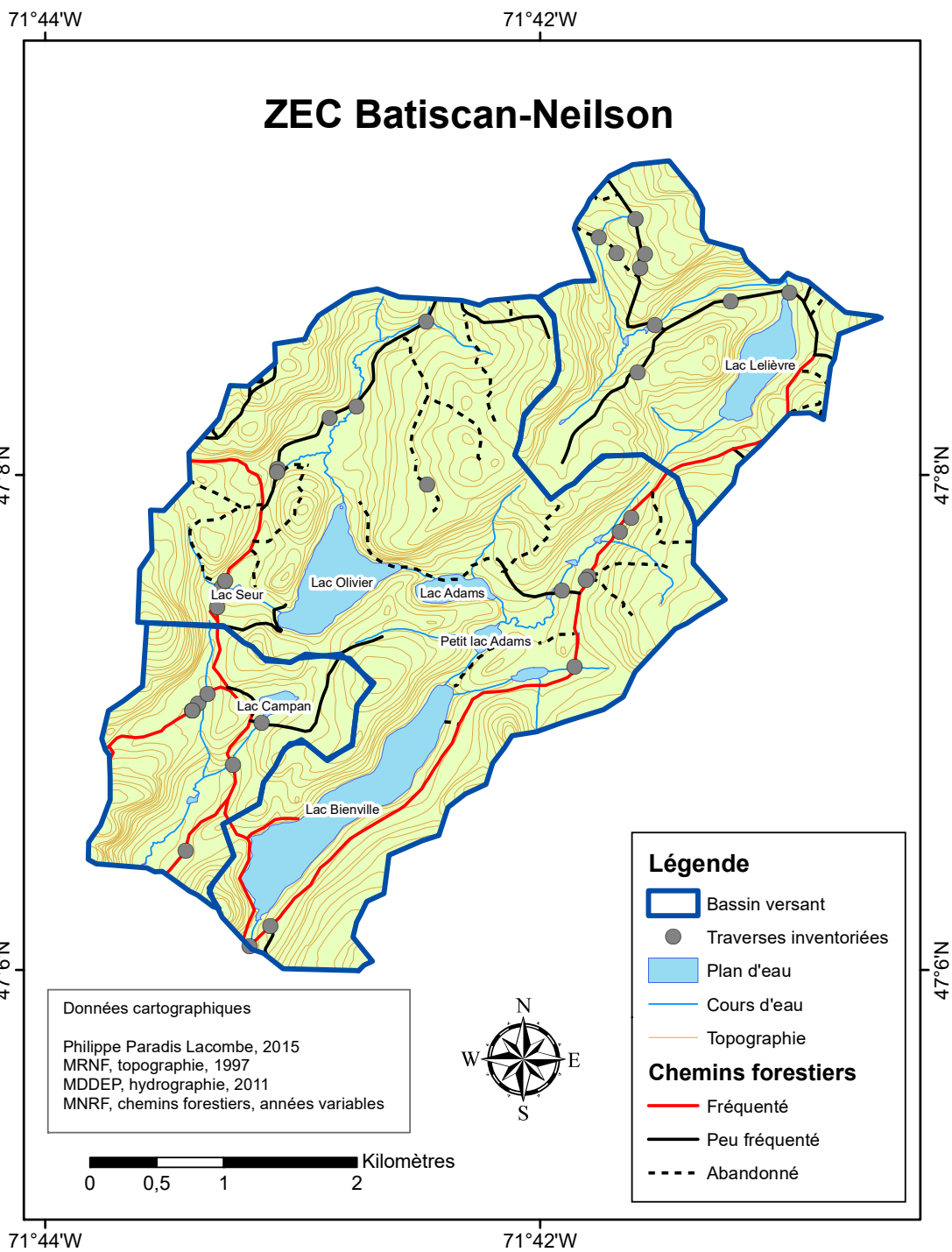
Réserve faunique Rouge-Matawin



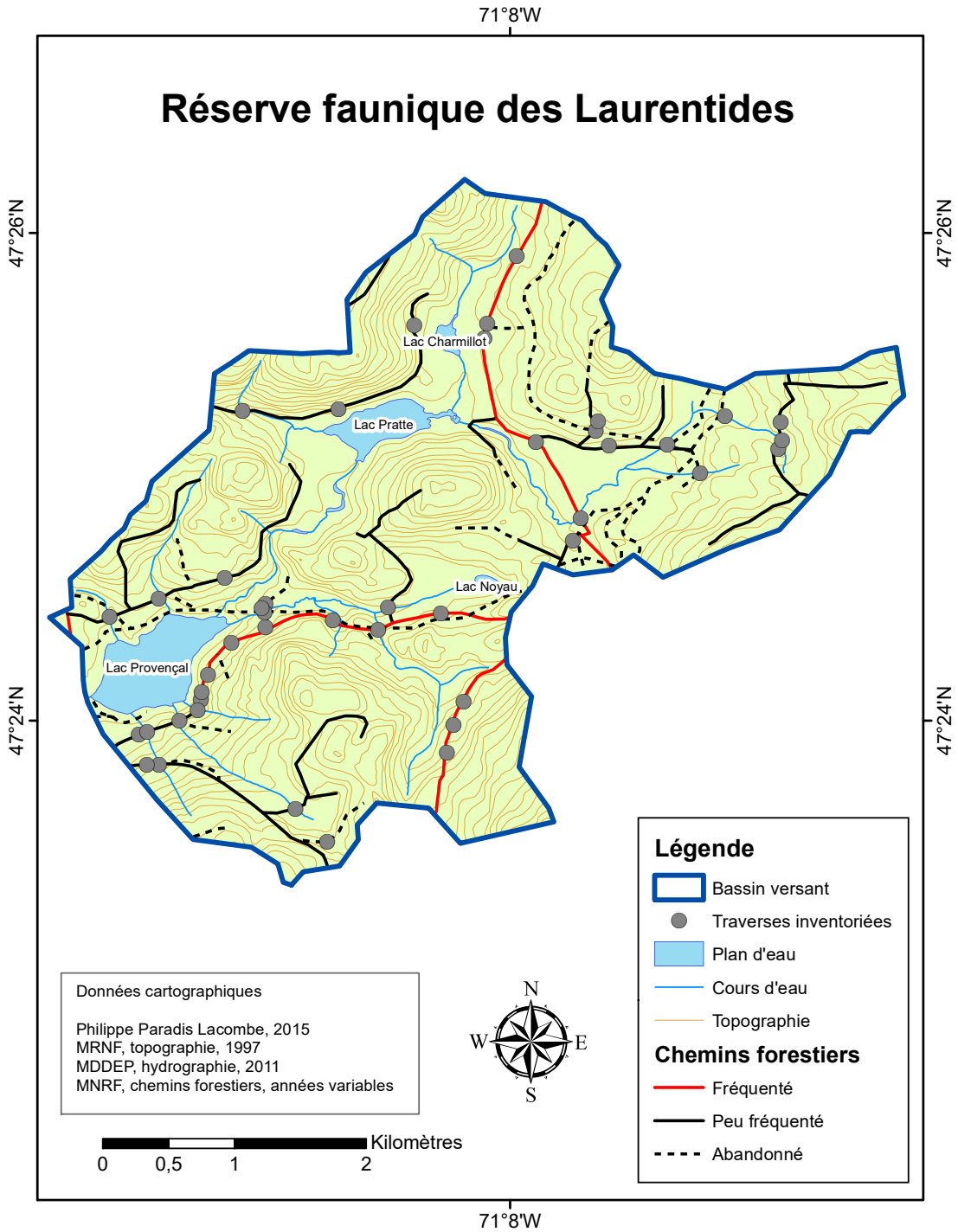


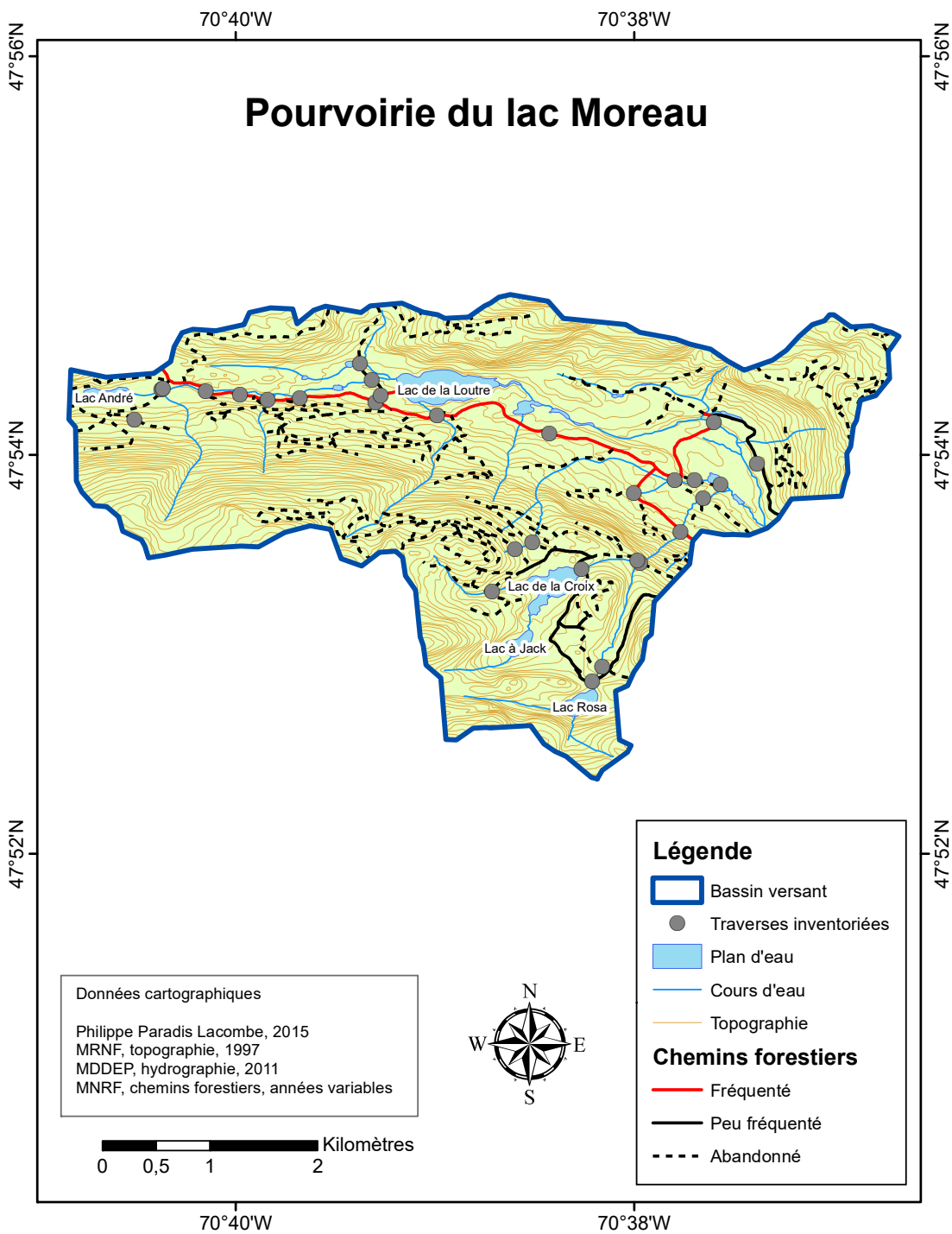


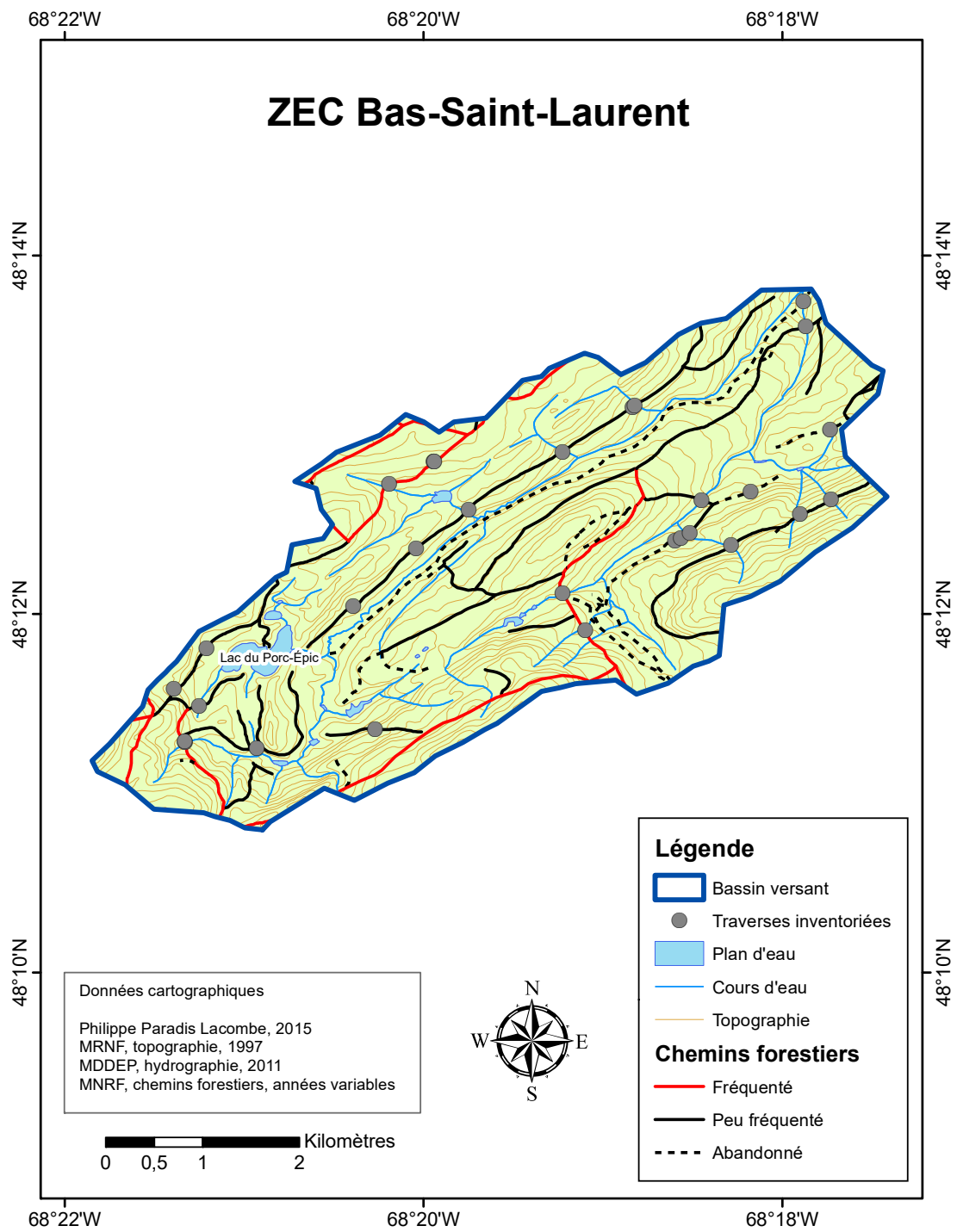


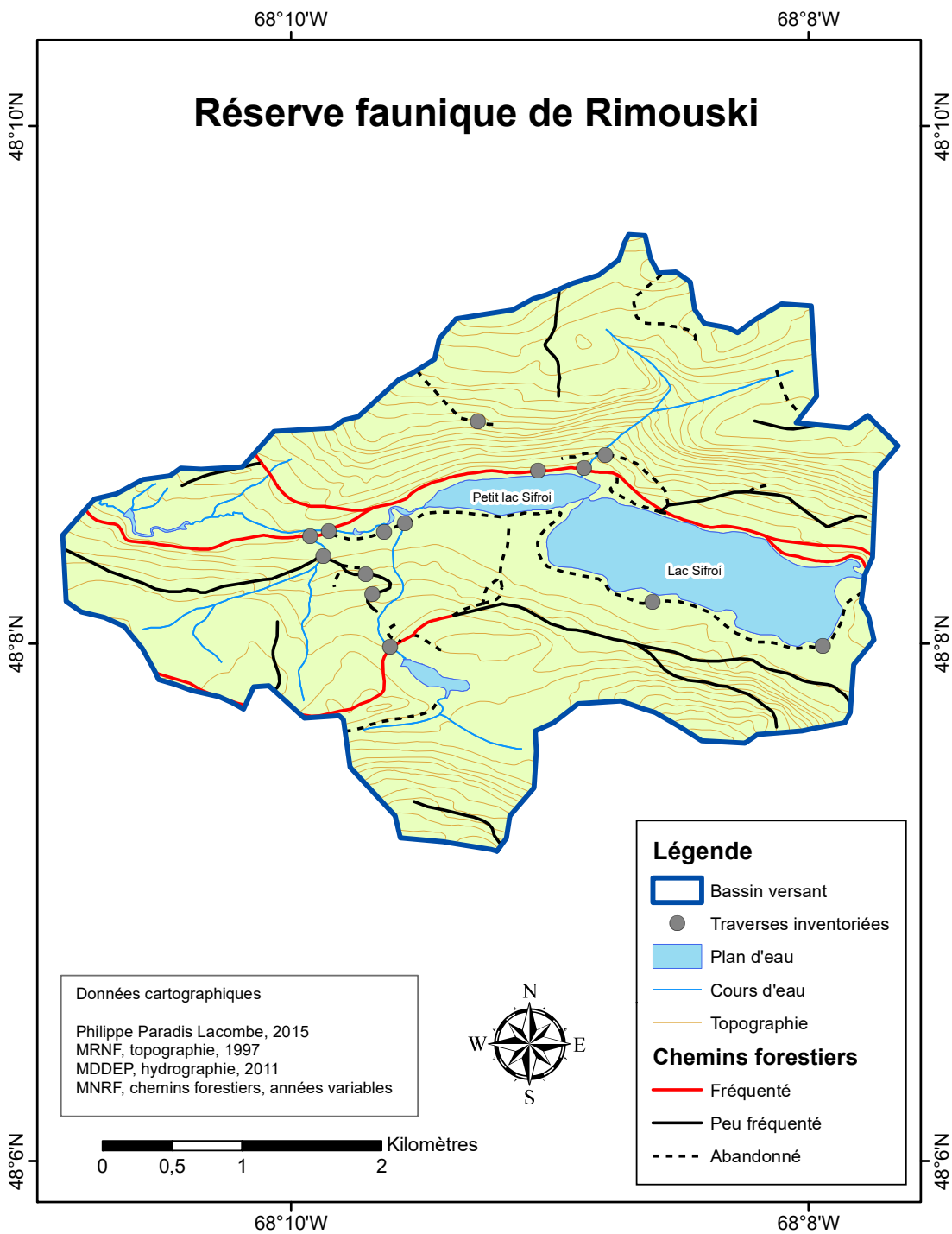


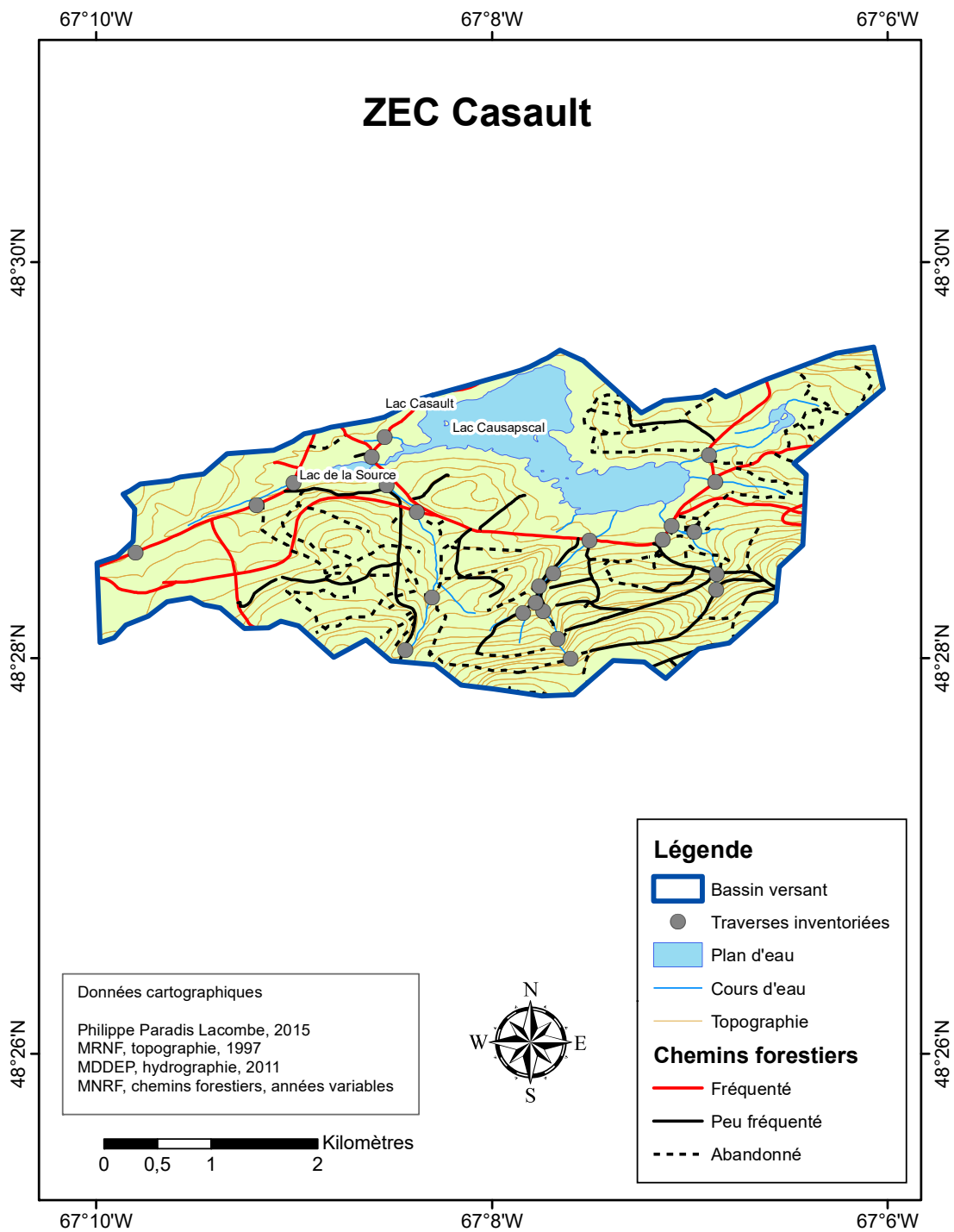
Réserve faunique des Laurentides

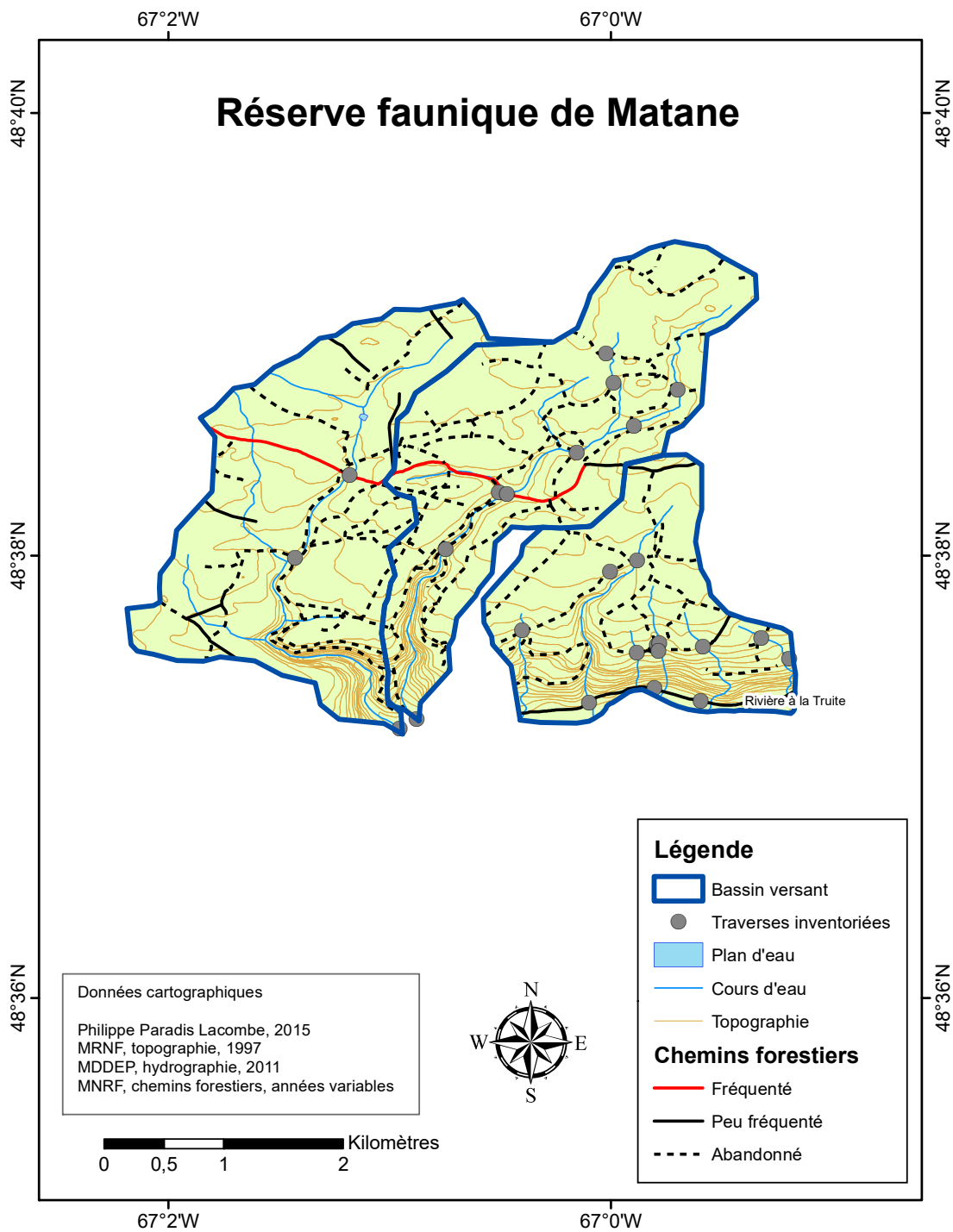












Annexe 2 – Liste des valeurs du champ « desc_indic » de la base de données du 3^e programme d’inventaire écoforestier

Chemin carrossable non pavé
Chemin d'hiver
Chemin non carrossable
Route forestière primaire
Route forestière secondaire
Route forestière tertiaire
Bretelle
Chemin carrossable pavé
Chemin MRN - Secteur des terres éliminé
Gué
Gué éliminé
Passerelle
Pont
Pont couvert
Pont disparu
Pont éliminé
Pont forestier
Route collectrice non pavée
Route collectrice pavée
Route d'accès aux ressources non pavée
Route d'accès aux ressources pavée
Route locale non pavée
Route locale pavée
Route nationale pavée
Route régionale non pavée
Route régionale pavée
Rue non pavée
Rue pavée
Traverse
Tunnel
Viaduc
Voie de communication abandonnée
Voie de communication en construction
Voie ferrée

Annexe 3 – Grille sommaire 2008 des classes de chemins forestiers

Ressources naturelles
et Faune

Québec

GRILLE SOMMAIRE 2008 DES CLASSES DE CHEMINS FORESTIERS

		CLASSES							
		HN ¹	01	02	03	04	NC	HI ²	
CARACTÉRISTIQUES									
Vitesse maximale		70 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h	< 40 km/h	----	
Cote	A	10	10	8	6	4	0	0	
Largeur de la couche de roulement sans accotement		9,1 m	8,5 m	8,0 m	7,5 m	5,5 m	< 5,5 m	----	
Cote	B	10	8	6	4	2	0	0	
MATÉRIAUX UTILISÉS									
Fondation		Gravier naturel	Gravier naturel	Gravier naturel	Sol minéral	Sol minéral, sol organique (couche mince) et débris végétaux	Sol minéral, sol organique (couche mince) et débris végétaux	Sol minéral, sol organique, débris végétaux et neige	
Cote	C	10	10	10	8	6	6	4	
Couche de roulement		Concassé	Concassé ou gravier tamisé	Gravier naturel	Gravier naturel	Sol minéral	Sol minéral	Neige	
Cote	D	10	10	8	8	6	6	4	

Note : La classe d'un chemin est déterminée par la sommation des cotes (A+B+C+D) attribuées aux caractéristiques et aux matériaux utilisés; le résultat correspond à la cote P. L'intervalle à l'intérieur duquel se situe la cote P détermine la classe du chemin.

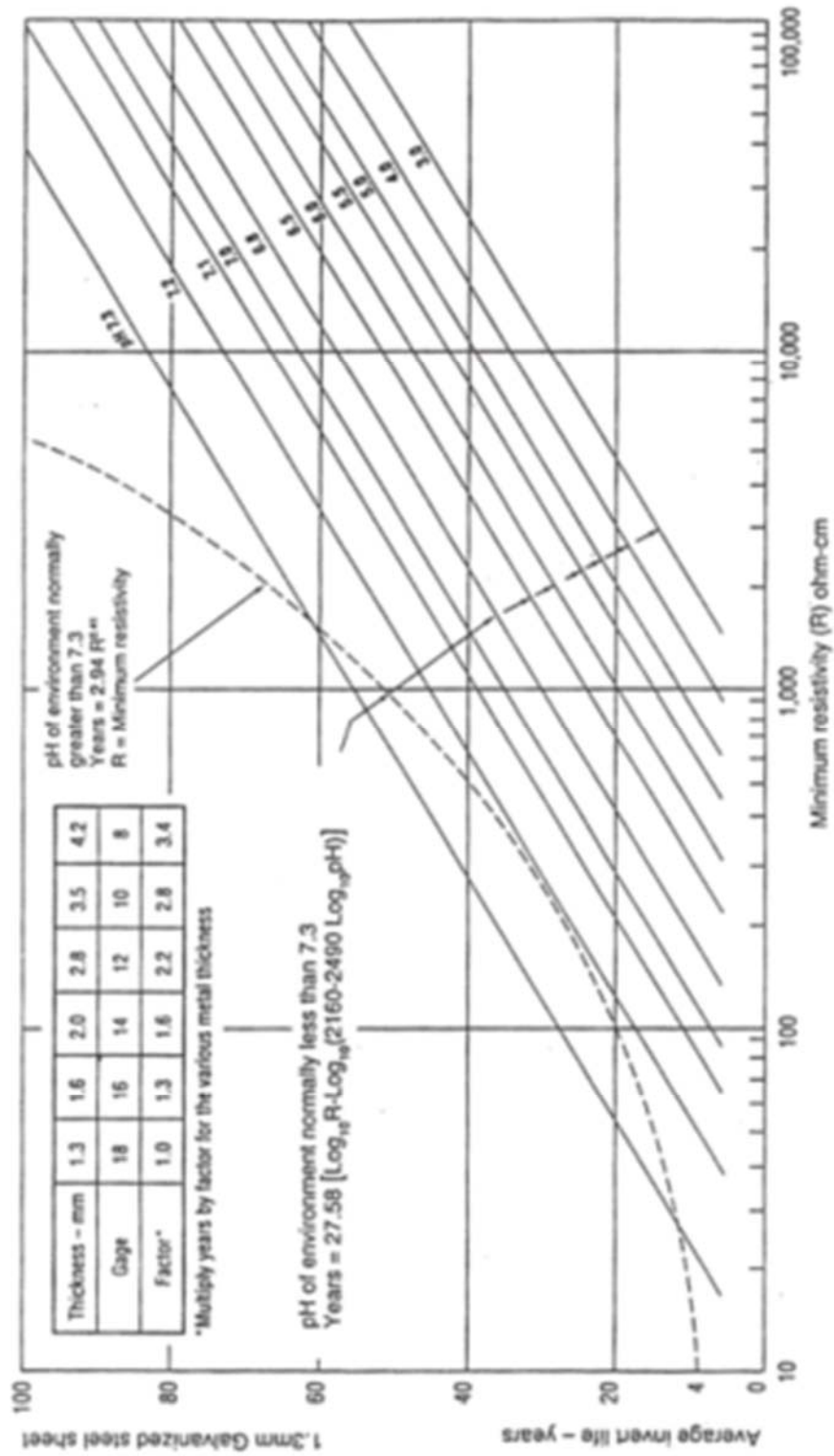
Cote (P) = A+B+C+D

Intervalle	Classe
39 ≤ P ≤ 40	HN (hors norme)
35 ≤ P ≤ 38	01
29 ≤ P ≤ 34	02
22 ≤ P ≤ 28	03
14 ≤ P ≤ 21	04
9 ≤ P ≤ 13	NC (non classé)
0 ≤ P ≤ 8	HI (hiver)

¹ Caractéristique d'un chemin où un transporteur hors norme (HN) circule d'une façon sécuritaire.

² Chemin d'hiver : chemin dont la composition de la surface de roulement limite son utilisation normale uniquement à la période durant laquelle le sol est gelé à une profondeur d'au moins 35 centimètres (définition tirée du RNI).

Annexe 4 – Abaque pour déterminer la durée de vie des tuyaux d'acier



Annexe 5 – Table de dimensionnement des billes de tablier

Table 3-9 Log culvert stringer sizing table--log diameters are mid-diameters in millimetres

SPAN (metres)	TOTAL FILL DEPTH (metres)	L75 D. Fir	L75 Other	L100 D. Fir	L100 Other	L165 D. Fir	L165 Other
1.5	0.3	250	275	250	325	350	450
	1.0	250	225	225	250	250	300
	2.0	250	250	250	250	250	275
3.0	0.3	375	475	400	475	650	800
	1.0	275	300	275	325	350	400
	2.0	275	325	300	350	375	450
4.5	0.3	500	625	575	675	700	825
	1.0	350	425	375	475	500	600
	2.0	400	475	425	475	525	625
5.9	0.3	600	725	650	775	800	950
	1.0	450	550	500	575	600	750
	2.0	500	625	525	650	625	825

Notes Table 3-9:

1. Other refers to cedar, spruce, lodgepole pine, Jack pine, and hemlock.

Source : (FNLR, 2013)

Annexe 6 – Fiche d’inspection des ponceaux en acier

Paramètres	Valeurs possibles	Description
Coordonnées GPS		Latitude et longitude du ponceau
Date		Date d’inspection
Forme TTOG	Circulaire, arche, arqué	Forme du ponceau
Type TTOG	Agrafé, soudé, riveté, boulonné	Type d’assemblage du ponceau
Ondulations (mm)	38 x 6.5, 68 x 13, 76 x 25, 125 x 25	Pas et profondeur des ondulations
Épaisseur de tôle (mm)	1.3, 1.6, 2, 2.8, 3.5, 4.2	Épaisseur de la tôle galvanisée
Diamètre (mm)	150, 200, 250, 300, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2700, 3000, 3300, 3600	Diamètre du ponceau
Diamètre 2 (mm)	Idem	Idem
Distance entre ponceau (cm)		Distance entre les tuyaux
Hauteur de la ligne de rouille (cm)		Hauteur de la ligne de rouille
Hauteur pente amont (cm)		Hauteur pour pente du cours d’eau
Distance pente amont (m)		Distance pour pente du cours d’eau
Substrat amont	Roche mère, blocs, galets, caillou, gravier, sable, limon	Nature du lit du cours d’eau
Dépassement amont		Distance entre l’extrémité du tuyau et la base du remblai
Longueur ponceau (m)		Longueur du tuyau
Largeur chemin (m)		Largeur du chemin entre les talus
Hauteur remblai 1 (cm)		Hauteur du remblai
Hauteur remblai 2 (cm)		Hauteur du remblai
Hauteur remblai 3 (cm)		Hauteur du remblai
Traces de débordement	Oui, non	Présence de traces d’insuffisance du ponceau
Dénivelée (cm)		Dénivelée du tuyau
Hauteur de chute (cm)		Hauteur entre le radier et le niveau de l’eau à la sortie du ponceau
Dépassement aval (cm)		Distance entre l’extrémité du tuyau et la base du remblai
Profondeur fosse (cm)		Profondeur de la fosse d’affouillement
Distance fosse (m)		Distance de la fosse
Hauteur seuil (cm)		Hauteur du seuil
Distance seuil (m)		Distance du seuil
Hauteur pente aval (cm)		Hauteur pour la pente du cours d’eau
Distance pente aval (m)		Distance pour la pente du cours d’eau
Substrat aval		Nature du lit du cours d’eau
Stabilisation conforme	Oui, non	Présence d’un enrochement ou d’un mur de tête adéquat
Présence d’un géotextile	Oui, non	Présence d’une toile géotextile aux extrémités du ponceau
Problème principal du tuyau	Rouille, perforation, déjointement, infiltration remblai, écrasé, déformation linéaire, fissuration, ovalisé	Problème principal du tuyau
Problème secondaire du tuyau	Idem	Problème secondaire du tuyau
État du tuyau	Bon, acceptable, médiocre, critique	État structural du tuyau
Remplacement	Oui, non	Ponceau ayant été remplacé récemment
Degré d’obstruction	0%, 1 à 25%, 26 à 50%, 51 à 75%, 76 à 100%	Degré d’obstruction de la section d’écoulement
Localisation obstruction	Intérieure, embouchure, intérieure et embouche	Endroit où se situe l’obstruction
Cause obstruction	Sédiments, débris végétaux, tuyau écrasé, castor	Cause de l’obstruction
État général	Bon, acceptable, médiocre, critique	État de l’ensemble du ponceau
Type d’écoulement	Permanent, intermittent	Type d’écoulement du cours d’eau
Castor	Absence, présence, faire suivi, présence d’un dispositif	Fréquentation du castor
Détournement des eaux de fossés	Oui, non	Détournement des eaux de fossés à 20 mètres du ponceau
Risque connexion	Oui, non	Présence de problèmes d’érosion qui induisent des sédiments dans l’eau
Source sédiments	Fossé, érosion longitudinale, érosion transversale, remblai, déblai, lit, berges, entretien, inconnu	Origine des sédiments

Annexe 7 – Fiche d’inspection des ponceaux en plastique

Paramètres	Valeurs possibles	Description
Coordonnées GPS		Latitude et longitude du ponceau
Date		Date d’inspection
Diamètre (mm)		Diamètre du ponceau
Diamètre 2 (mm)		Diamètre du ponceau
Distance entre ponceau (cm)		Distance entre les tuyaux
Pas des ondulations (mm)		Pas des ondulations
Profondeur des ondulations (mm)		Profondeur des ondulations
Rugosité intérieure	Lisse, rugueux	Rugosité de l’intérieur
Couleur de l’intérieur	Vert, noir	Couleur de l’intérieur
Hauteur pente amont (cm)		Hauteur pour pente du cours d’eau
Distance pente amont (m)		Distance pour pente du cours d’eau
Substrat amont	Roche mère, blocs, galets, caillou, gravier, sable, limon	Nature du lit du cours d’eau
Dépassement amont		Distance entre l’extrémité du tuyau et la base du remblai
Longueur ponceau (m)		Longueur du tuyau
Largeur chemin (m)		Largeur du chemin entre les talus
Hauteur remblai 1 (cm)		Hauteur du remblai
Hauteur remblai 2 (cm)		Hauteur du remblai
Hauteur remblai 3 (cm)		Hauteur du remblai
Traces de débordement	Oui, non	Présence de traces d’insuffisance du ponceau
Dénivelée (cm)		Dénivelée du tuyau
Hauteur de chute (cm)		Hauteur entre le radier et le niveau de l’eau à la sortie du ponceau
Dépassement aval (cm)		Distance entre l’extrémité du tuyau et la base du remblai
Profondeur fosse (cm)		Profondeur de la fosse d’affouillement
Distance fosse (m)		Distance de la fosse
Hauteur seuil (cm)		Hauteur du seuil
Distance seuil (m)		Distance du seuil
Hauteur pente aval (cm)		Hauteur pour la pente aval
Distance pente aval (m)		Distance pour la pente aval
Substrat aval		Nature du lit du cours d’eau
Stabilisation conforme		Présence d’un enrochement ou d’un mur de tête adéquat
Présence d’un géotextile		Présence d’une toile géotextile aux extrémités du ponceau
Problème principal du tuyau	Déjointement, infiltration remblai, écrasé, déformation linéaire, perforation, fissuration, ovalisé	Problème principal du tuyau
Problème secondaire du tuyau	Idem	Problème secondaire du tuyau
État du tuyau	Bon, acceptable, médiocre, critique	État structural du tuyau
Remplacement	Oui, non	Ponceau ayant été remplacé récemment
Degré d’obstruction	0%, 1 à 25%, 26 à 50%, 51 à 75%, 76 à 100%	Degré d’obstruction de la section d’écoulement
Localisation obstruction	Intérieure, embouchure, intérieure et embouche	Endroit où se situe l’obstruction
Cause obstruction	Sédiments, débris végétaux, tuyau écrasé, castor	Cause de l’obstruction
État général	Bon, acceptable, médiocre, critique	État de l’ensemble du ponceau
Type d’écoulement	Permanent, intermittent	Type d’écoulement du cours d’eau
Castor	Absence, présence, faire suivi, présence d’un dispositif	Fréquentation du castor
Détournement des eaux de fossés	Oui, non	Détournement des eaux de fossés à 20 mètres du ponceau
Risque connexion	Oui, non	Présence de problèmes d’érosion qui induisent des sédiments dans l’eau
Source sédiments	Fossé, érosion longitudinale, érosion transversale, remblai, déblai, lit, berges, entretien, inconnu	Origine des sédiments
Notes		Notes diverses sur le ponceau
Photos		Photos du ponceau

Annexe 8 – Fiche d’inspection des ponceaux en bois

Paramètres	Valeurs possibles	Description
Coordonnées GPS		Latitude et longitude du ponceau
Date		Date d’inspection
Hauteur libre (cm)		Hauteur de la section d’écoulement
Portée (cm)		Largeur de la section d’écoulement
Dimension des billes (cm)		Diamètre des troncs d’arbre
Équarrissage	Oui, non	Bois rond ou équarri
Écorçage	Oui, non	Présence d’écorce sur le tronc
Traitement	Oui, non	Utilisation de bois traité
Hauteur pente amont (cm)		Hauteur pour pente du cours d’eau
Distance pente amont (m)		Distance pour pente du cours d’eau
Substrat amont	Roche mère, blocs, galets, caillou, gravier, sable, limon	Nature du lit du cours d’eau
Longueur ponceau (m)		Longueur du tuyau
Largeur chemin (m)		Largeur du chemin entre les talus
Hauteur remblai 1 (cm)		Hauteur du remblai
Hauteur remblai 2 (cm)		Hauteur du remblai
Hauteur remblai 3 (cm)		Hauteur du remblai
Traces de débordement	Oui, non	Présence de traces d’insuffisance du ponceau
Dénivelée (cm)		Dénivelée du tuyau
Hauteur pente aval (cm)		Hauteur pour la pente aval
Distance pente aval (m)		Distance pour la pente aval
Substrat aval	Roche mère, blocs, galets, caillou, gravier, sable, limon	Nature du lit du cours d’eau
Stabilisation conforme	Oui, non	Présence d’un enrochement ou d’un mur de tête adéquat
Présence d’un géotextile	Oui, non	Présence d’une toile géotextile aux extrémités du ponceau
Problème principal	Pourriture, bille tombée, culées instables, infiltration du remblai, affaissement	Problème principal
Problème secondaire	Idem	Problème secondaire
État de la structure	Bon, acceptable, médiocre, critique	État des éléments structuraux
Remplacement	Oui, non	Ponceau ayant été remplacé récemment
Degré d’obstruction	0%, 1 à 25%, 26 à 50%, 51 à 75%, 76 à 100%	Degré d’obstruction de la section d’écoulement
Localisation obstruction	Intérieure, embouchure, intérieure et embouchure	Endroit où se situe l’obstruction
Cause obstruction	Sédiments, débris végétaux, tuyau écrasé, castor	Cause de l’obstruction
État général	Bon, acceptable, médiocre, critique	État de l’ensemble du ponceau
Type d’écoulement	Permanent, intermittent	Type d’écoulement du cours d’eau
Castor	Absence, présence, faire suivi, présence d’un dispositif	Fréquentation du castor
Risque connexion	Oui, non	Présence de problèmes d’érosion qui induisent des sédiments dans l’eau
Source sédiments	Fossé, érosion longitudinale, érosion transversale, remblai, déblai, lit, berges, entretien, inconnu	Origine des sédiments
Notes		Notes diverses sur le ponceau
Photos		Photos du ponceau