Table des matières

Résumé iii
Table des matières iv
Liste des tableaux v
Liste des figures vi
Liste des abréviations vii
Remerciements viii
1. Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Objectifs de recherche 8
1.3 Hypothèses de recherche 8
2 Méthodologie 9
2.1 Sélection des sites d'étude 9
2.2 Estimation du niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers 11
2.2.1 Analyse des bases de données gouvernementales sur les chemins 11
2.2.2 Détermination de l'âge des chemins forestiers 14
2.2.3 Caractérisation du niveau de fréquentation et d'entretien des chemins lors des inventaires terrain 15
2.2.4 Estimation du niveau de fréquentation et d'entretien des chemins dans les unités de paysage régional 17
2.3 Estimation de la quantité et de l'état des traverses de cours d'eau 19
2.4 Durée de vie des traverses de cours d'eau 25
3 Résultats 27
3.1 Niveau de fréquentation et d'entretien des chemins 27
3.2 Quantité, localisation et état des traverses de cours d'eau 39
3.3 Durée de vie des traverses de cours d'eau 48
3.3.1 Traverses de cours d'eau en bois 49
3.3.2 Traverses de cours d'eau en plastique 52
3.3.3 Traverses de cours d'eau en TTOG 54
4 Discussion 61
4.1 Estimer le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers à partir des bases de données spatiales gouvernementales 61
4.2 Estimer la quantité, la localisation et l'état des traverses de cours d'eau à partir des bases de données spatiales gouvernementales 63
4.3 Estimer la durée de vie des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en acier 67
5 Conclusion 71
Bibliographie 73
Annexe 1 – Abaque de durabilité des tuyaux en tôle d'acier ondulée 77
Annexe 2 - Territoires fauniques dans les unités de paysage 79
Annexe 3 – Années des photos aériennes du 3e programme d'inventaire écoforestier 81
Annexe 4 – Année des photos aériennes du 4e programme d'inventaire écoforestier 83
Annexe 5 – Classification des chemins dans les légendes des cartes écoforestières 85
Annexe 6 – Classification des chemins forestiers (MRN, 2013) 87
Annexe 7 – Classification des chemins forestiers (MRN, 2001) 89
Annexe 8 – Quantité totale des différents types de chemins forestiers dans les unités de paysage . 91

Liste des tableaux

Tableau 1 - Caractéristiques physiques des UP sélectionnées 9
Tableau 2 - Type de territoires dans les UP sélectionnées 10
Tableau 3 – Programmes d'inventaire écoforestiers du Gouvernement du Québec 12
Tableau 4 - Critères pour caractériser les chemins forestiers 15
Tableau 5 - Étapes suivies dans ArcMap pour séparer les chemins uniquement présents dans le 3e programme, présents dans le 3e et dans le 4e programme et uniquement présents dans le 4e programme 18
Tableau 6 - Défauts recherchés lors de l'inspection des traverses de cours d'eau 20
Tableau 7 – Description des classes d'état structural des traverses de cours d'eau (Adapté de Latrémouille et al., 2014) 22
Tableau 8 - État structural des traverses en fonction des défauts observés 23
Tableau 9 – Présence des chemins dans les bases de données gouvernementales dans les différentes UP 28
Tableau 10 - Niveau de fréquentation des chemins dans les secteurs d'étude des différentes UP ... 29
Tableau 11 - Fréquentation des chemins selon les types de territoire faunique 30
Tableau 12 – Âge des chemins en fonction de leur appartenance aux bases de données gouvernementales 33
Tableau 13 - Fréquentation des chemins du 3e programme absents du 4e dans les territoires fauniques 34
Tableau 14 - Fréquentation des chemins absents du 3e et du 4e programme d'inventaire dans les territoires fauniques 35
Tableau 15 - Fréquentation des chemins identifiés dans le 4e programme de classe 4 et non classés en fonction du type de territoire faunique 35
Tableau 16 – Nombre total de kilomètres de chemin dans les UP 37
Tableau 17 – Fréquentation des chemins dans les UP 38
Tableau 18 - Types de traverse en fonction de la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales 40
Tableau 19 - État structural des traverses de cours d'eau en fonction de la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales 41
Tableau 20 - État structural des traverses de cours d'eau en fonction de la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales et des classes de chemin 43
Tableau 21 – Comparaison entre les traverses de cours d'eau identifiées à l'aide du croisement des chemins du 4e programme d'inventaire et des cours d'eau avec celles observées sur le terrain 44
Tableau 22 - Nombre de traverses de cours d'eau par kilomètre de chemin en fonction de l'appartenance aux bases de données gouvernementales, des classes de chemins et des UP 45
Tableau 23 - État des traverses de cours d'eau dans les UP 47
Tableau 24 - Proportion de traverses manquantes dans les UP 47
Tableau 25 - État structural des différents types de traverses de cours d'eau 48
Tableau 26 – Défauts observés sur les traverses de cours d'eau en plastique 53
Tableau 27 – État des traverses en TTOG en fonction des défauts observés 59

Liste des figures

Figure 1 - Carte des sites d'étude 11
Figure 2 – Exemples des différents niveaux de fréquentation des chemins forestiers 16
Figure 3 – Identification des chemins uniquement présents dans le 3e programme (noir), présents dans le 3e et dans le 4e programme (rouge) et uniquement présents dans le 4e programme (vert)... 18
Figure 4 - Exemple de chemins de classe 4 ayant différents niveaux de fréquentation 36
Figure 5 – Traverse en bois affaissée dans un état non fonctionnel 42
Figure 6 - Exemple d'un ponceau de bois typique (extrémité à gauche et intérieur à droite) 49
Figure 7 - Portée et hauteur libre des traverses en bois 50
Figure 8 - Dimensions des traverses de cours d'eau en bois en équivalent du diamètre d'un tuyau circulaire 50
Figure 9 - Âge des traverses en bois en fonction de leur état structural 51
Figure 10 – Diamètre nominal des traverses de cours d'eau en plastique inventoriées 52
Figure 11 - Âge des traverses de cours d'eau en plastique en fonction de leur état structural 53
Figure 12 – Diamètre des traverses en TTOG inventoriées 55
Figure 13 – Épaisseur de tôle des traverses en TTOG inventoriées 56
Figure 14 - Âge des traverses en TTOG en fonction de leur état structural (tôle de 1,6 et de 2 mm) 57
Figure 15 – Exemple de traverses en TTOG dans l'état critique de plus de 35 ans 58
Figure 16 – Exemple de traverses en TTOG dans l'état critique âgées de moins de 25 ans 58
Figure 17 – Traverses en TTOG dans un état non fonctionnel retrouvées dans les secteurs d'étude 59

Liste des abréviations

BV	Bassin versant
CRHQ	Cadre de référence hydrologique du Québec
CRRNT	Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire
FLNR	Ministry of forests, lands and natural ressources operations
FPQ	Fédération des pourvoiries du Québec
LADTF	Loi sur l'aménagement durable des forêts
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MPO	Pêches et océans Canada
MERN	Ministère de l'énergie et des ressources naturelles
MRN	Ministère des ressources naturelles
MRNF	Ministère des ressources naturelles et de la faune
MTMDET	Ministère des transports, de la mobilité durable et de l'électrification des transports
MTQ	Ministère des transports du Québec
PPI	Plastic Pipe Institute
RADF	Règlement sur l'aménagement durable des forêts
RNI	Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'état
RZHL	Régionale des ZEC des Hautes-Laurentides
SEPAQ	Société des établissements de plein air du Québec
SIG	Système d'information géographique
TGIRT	Table de gestion intégrée des ressources et du territoire
TTOG	Tuyau de tôle ondulée galvanisée
UP	Unité de paysage régional
VTT	Véhicule tout terrain
ZEC	Zone d'exploitation contrôlée

Remerciements

Je tiens à remercier premièrement mon directeur de recherche Sylvain Jutras qui a su me faire confiance pour mener à terme ce projet de recherche. Sylvain était toujours disponible et a été très généreux envers moi et les autres étudiants du laboratoire. Sa passion pour le milieu forestier et l'eau m'a inspirée tout au long de mes études de deuxième cycle. Sylvain est avant tout un professeur d'université mais il se démarque par son implication active dans la communauté afin de mettre la science au service de l'eau.

Par la suite, je tiens à remercier le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, le Fond de recherche du Québec – Nature et technologie et la Fédération des pourvoiries du Québec, pour m'avoir soutenu financièrement tout au long de mes études par le biais du programme de bourse en milieu pratique. De plus, la réalisation des travaux de terrain n'aurait pas pu se faire sans la précieuse collaboration financière de la Fondation de la faune du Québec via le Programme de gestion intégrée des ressources pour l'aménagement durable de la faune en milieu forestier.

Je tiens aussi à remercier Jonathan Leblond de la Fédération des pourvoiries du Québec, Sébastien Sirard de ZEC Québec, Jean-François Lamarre de la Société des établissements de plein air du Québec pour m'avoir aidé tout au long du projet et particulièrement lors des travaux de terrain, pour nous avoir trouvé de l'hébergement près des sites d'études.

Merci à Constance Marty de m'avoir accompagné lors de l'été 2015 dans une panoplie de situations pas toujours agréables telles que les longues journées froides et pluvieuses à marcher dans les aulnes. Grâce à notre travail d'équipe remarquable, nous avons pu vaincre des hordes de frappe à bord féroces tout en inventoriant des centaines de ponceaux. Lors de notre séjour en Mauricie, nous avons aussi eu la chance d'être aidés par Roxanne Mailhot et Élodie Boisjoly-Dubreuil qui ont fait un excellent travail.

Merci à tous les gens qui nous ont accueillis sur le territoire, je pense notamment aux directeurs des différents territoires fauniques mais aussi aux employés qui nous ont grandement aidé et fournis de nombreuses informations très pertinentes.

Enfin, un gros merci à mes proches qui m'ont soutenu dans mes études depuis toujours. Je pense notamment à ma mère Line et à mon père Daniel qui ont été très généreux envers moi. Leur aide a été très précieuse tout au long de mon cheminement scolaire.

1. Introduction

1.1 Mise en contexte

La mécanisation de l'industrie forestière et l'arrêt progressif du flottage du bois vers la fin du XXe siècle ont provoqué la construction de milliers de kilomètres de nouveaux chemins forestiers pour extraire, par camionnage, la ressource ligneuse des forêts publiques québécoises. Ce réseau routier croît continuellement et il s'étendrait aujourd'hui sur près de 400 000 km (AQréseau+, 2016). À l'époque du flottage du bois, les chemins servaient principalement pour transporter les employés et l'équipement aux camps forestiers. Par conséquent, ils étaient peu nombreux et ils avaient une mise en forme plutôt modeste. Par après, lorsque le bois a commencé à être transporté par camion, la construction de chemins de plus grande envergure et mieux conçus a été nécessaire pour supporter les lourdes charges et l'augmentation de la circulation (Latrémouille, 2012). En 1986, le gouvernement du Québec abolissait le régime des concessions forestières et il mettait en place un nouveau régime forestier basé sur les *Contrats d'approvisionnement et d'aménagement forestier* (CAAF) (MFFP, 2016a). Sa mise en place s'est fait par la *Loi sur les forêts* et celle-ci était appliquée grâce au *Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État* (RNI) qui a entré en vigueur en 1988. Un des objectifs de ce règlement était de protéger les ressources du milieu forestier telles que l'eau (MFFP, 2016b). De ce fait, il contenait de nombreuses normes pour encadrer la voirie forestière qui était déjà reconnue pour avoir des impacts importants sur cette ressource (Grégoire et al, 1983). En 1996, ce règlement a été grandement modifié et davantage d'efforts ont été portés sur les traverses de cours d'eau pour réduire les impacts sur les milieux aquatiques. Des 150 normes présentes dans cette version refondue, plus de la moitié étaient directement ou indirectement liées aux milieux aquatiques (MFFP, 2016b). Par la suite, en 2013, le gouvernement du Québec a mis en place un nouveau régime forestier via la *Loi sur l'aménagement durable des forêts* (LADTF). Afin d'appliquer cette loi, le *Règlement sur l'aménagement durable des forêts* (RADF) a été créé et son entrée en vigueur se fera le 1er avril 2018. Par conséquent, tous les chemins forestiers construits de 1988 au 1er avril 2018 devraient être conformes au RNI.

Afin d'assurer la protection des milieux aquatiques, le RNI a comme objectifs spécifiques la réduction de l'apport de sédiments dans les cours d'eau (MRN, 1997a). Puisque chaque ponceau est à l'intersection d'un chemin et d'un cours d'eau, chacun d'entre eux représente un risque important

Rapport-Gratuit.com

d'apport de sédiments. D'abord, puisque les ponceaux sont situés dans les dépressions naturelles du terrain, les sédiments érodés du chemin, de l'emprise du chemin ou des fossés à proximité du ponceau ont tendance à rejoindre le cours d'eau par gravité. Pour limiter ce phénomène, il est obligatoire de maintenir une bande riveraine de 20 mètres de part et d'autre des cours d'eau permanents pour retenir les sédiments (RNI, article 2). De plus, les eaux des fossés doivent être détournées vers la végétation au moins 20 mètres avant le cours d'eau (RNI, article 40). Ensuite, pour éviter que le remblai du ponceau soit érodé, il est obligatoire que le talus de ce remblai soit stabilisé avec une membrane géotextile recouverte d'un enrochement ou avec l'aide d'un mur de soutènement (RNI, article 18). Enfin, le ponceau doit être dimensionné de manière à réduire au maximum la largeur du cours d'eau de 20% ou d'au plus 50% lorsque les calculs sont faits pour déterminer le débit de conception (RNI, article 26). Le dimensionnement adéquat permet de réduire les risques de débordement en cas de crue en eau libre, les risques d'érosion du lit et des berges du cours d'eau et les risques de blocage par des débris (Keller et Ketcheson, 2015). Malgré toutes ces mesures, une étude menée par Dubé et al. (2006) a permis de démontrer que la construction de ponceaux aménagés selon les directives du RNI pouvait produire de la sédimentation en aval sur une distance de 200 m pour une période de plus de 3 ans.

Les sédiments sont reconnus pour avoir des impacts significatifs sur les organismes aquatiques et notamment, sur les poissons (St-Onge et al., 2001). Au Québec, l'omble de fontaine et le doré jaune sont les espèces les plus convoitées pour la pêche récréative et elles ont d'importantes retombées économiques (MPO, 2010). De multiples études ont été réalisées en Amérique du nord pour étudier l'effet des sédiments sur la reproduction de l'omble de fontaine. Dans son cycle de reproduction, l'omble de fontaine pond ses œufs à la fin de l'été ou à l'automne dans une frayère où elle y a préalablement creusé un nid (MFFP, 2016e). Les caractéristiques d'une frayère optimale sont une vitesse d'écoulement de 0,4 à 0,9 m/s, une profondeur d'eau de 10 à 30 cm, une température de 2 à 10 °C et un substrat en gravier de 0,9 à 5 cm de diamètre (MRN, 1997b). Étant donné que les œufs et les larves sont présents jusqu'à 200 jours dans la frayère, ils sont très vulnérables aux modifications pouvant y survenir (Arvisais, 2012). Par exemple, le colmatage du substrat de fraie par les sédiments fins est reconnu largement par la communauté scientifique pour compromette la survie des œufs et des larves (Hausle et Coble, 1976; Argent et Flebbe, 1999). En effet, le colmatage par les sédiments fins diminue la circulation d'eau autour des œufs ce qui réduit les apports d'oxygène essentiels à leur survie et l'évacuation des déchets métaboliques toxiques (Kemp et al., 2010; St-

Onge et al., 2001). Même avec un apport constant d'eau oxygénée à travers le substrat d'un incubateur, une étude menée en laboratoire a démontré que l'ensevelissement des œufs et des larves par des sédiments fins a provoqué un taux de mortalité élevé (Franssen et al., 2012). Du côté du doré jaune, il dépose ses œufs au printemps dans une frayère aussi bien en lac qu'en rivière (Scott et Crossman, 1974, dans Arvisais, 2012). La frayère type du doré est là où la température de l'eau est entre 6 et 11 °C, la profondeur entre 0,2 et 1,8 m, les roches ont un diamètre entre 5 et 20 cm et la vitesse d'écoulement est entre 0,5 à 1,5 m/s (FFQ, 1996). Puisque ses œufs sont adhésifs, il n'a qu'à les déposer sur le substrat sans creuser de nid (MFFP, 2016c). L'apport de sédiments sur les sites de fraie pourrait empêcher l'adhérence des œufs au substrat. Ceux-ci pourraient alors être emportés en aval dans des sites non optimaux ce qui entraînerait des mortalités (Derek et Farell. 2013). Cependant, les œufs et les larves de doré seraient moins vulnérables à l'ensevelissement par les sédiments que ceux de l'omble de fontaine puisqu'ils demeurent beaucoup moins longtemps sur la frayère, soit au plus une vingtaine de jours (Scott et Crossman, 1974, dans Arvisais, 2012).

Mis-à-part les effets néfastes des sédiments, les ponceaux peuvent aussi empêcher la migration des poissons vers des sites essentiels à leurs besoins vitaux comme la reproduction (MPO, 2015). Les problèmes fréquemment observés pour la circulation du poisson dans les ponceaux sont : une profondeur d'eau trop faible pour la nage, des vitesses d'écoulement trop élevées et une sortie perchée (MPO, 2015). Une étude réalisée au Québec a démontré que les ponceaux forestiers isolaient génétiquement des populations d'omble de fontaine parce qu'ils agissaient comme barrière à même titre que les chutes naturelles (Torterotot et al., 2014). Une autre étude québécoise a quant à elle démontré que la fragmentation des habitats aquatiques avait des effets beaucoup plus marqués sur la densité des populations d'omble de fontaine amont versus aval des ponceaux que les impacts à court terme liés à leur construction (Pépino et al., 2012). Pour pallier au problème de libre circulation du poisson, le RNI oblige de mettre en place des mesures de mitigation lorsque le ponceau est installé dans un habitat du poisson dont la pente est supérieure à 1% ou de 0,5% lorsque le ponceau a une longueur de plus de 25 m (RNI, article 29). L'installation d'un ponceau à diamètre plus élevé, l'installation d'un pont, l'installation d'un ponceau à arche ou la pose de déflecteurs sont les mesures de mitigation acceptées (RNI, article 29).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Bien qu'il y ait de nombreuses mesures dans le RNI qui ont pour effets de réduire significativement les impacts des ponceaux sur les milieux aquatiques, celles-ci s'appliquent uniquement lors de la construction de nouveaux chemins ou de l'amélioration de chemins existants (RNI, articles 9, 18, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 38, 39, 40). Par conséquent, les ponceaux qui ont été construits avant l'entrée en vigueur du RNI pourraient avoir eu des impacts négatifs sur les milieux aquatiques dans le passé et ces impacts pourraient perdurer encore aujourd'hui. De plus, il n'y a aucune directive actuellement dans le RNI qui oblige quiconque à entretenir les ponceaux sur les chemins forestiers qui ne sont pas utilisés régulièrement (RNI, article 32). Puisqu'il est reconnu que le manque d'entretien provoque la défaillance des ponceaux à plus ou moins long terme, il y a de fortes probabilités que les ponceaux situés sur les chemins peu ou pas utilisés seront nuisibles aux habitats aquatiques à un moment donné (Keller et Ketcheson, 2015). Mis-à-part la défaillance causée par manque d'entretien, les ponceaux ont une durée de vie maximale en fonction des matériaux qui les constituent. Cependant, la détermination de la durée de vie utile des ponceaux est une science complexe puisqu'il est difficile de déterminer quel niveau de détérioration met en péril l'intégrité structurale de l'ouvrage à des fins de remplacement préventif (NCHRP, 2015). De ce fait, la fin de vie utile est déterminée par l'expérience des gestionnaires du réseau routier en fonction du niveau de risque acceptable pour le public et des conséquences en cas de défaillance (MTQ, 2012). Dans le cas des chemins fortement utilisés, où les véhicules circulent à haute vitesse, c'est la sécurité des usagers qui est de première importance et le risque doit être réduit au minimum (MTQ, 2012). Par contre, dans le cas des chemins de plus petite envergure, peu ou pas utilisés, les ponceaux défaillants sont moins dangereux pour les usagers de la route car la circulation des véhicules y est rare et se fait généralement plus lentement (Mélançon, 2009). Par conséquent, la défaillance des ponceaux sur les chemins à faible utilisation a surtout des conséquences sur les milieux aquatiques et sur l'accessibilité au territoire. Dans la littérature portant sur la durabilité des traverses de cours d'eau, les méthodes pour déterminer la durée de vie utile des matériaux sont dites conservatrices pour assurer la sécurité du public (NCHRP, 2015). La durée de vie réelle menant à une défaillance pourrait donc être supérieure à ce qui est proposé dans la littérature.

Les ponceaux de bois étaient largement utilisés dans le passé pour traverser les cours d'eau au Québec. Le bois utilisé pour la construction était récolté sur place et le ponceau était ensuite assemblé par des bûcherons ce qui demandait beaucoup de temps de main d'œuvre (Tremblay, P-

S., communication personnelle, 9 mai 2016). La mécanisation de l'industrie forestière a fait baissé la demande pour la main d'œuvre ce qui rendait plus difficile leur construction. Au même moment, la production massive des tuyaux en tôle d'acier ondulée et de plastique permettait de construire des ponceaux de plus en plus rapidement ce qui a réduit l'utilisation du bois. De plus, depuis la refonte du RNI en 1996, il n'était plus possible de construire des ponceaux de bois ayant une portée de plus d'un mètre ce qui a limité leur utilisation pour de très petits cours d'eau (RNI, article 26). Par conséquent, il doit y avoir qu'une quantité marginale de ponceaux de bois construits annuellement de nos jours. Enfin, ils auraient une durée variable dépendamment des essences de bois utilisées. Par exemple, celle-ci serait de 20 ans et plus pour le cèdre rouge de l'ouest (espèce qui ne pousse pas localement au Québec), de 8 à 10 ans pour le sapin de Douglas, de 4 à 6 ans pour l'épinette, la pruche et le sapin baumier et moins de 4 ans pour le bois franc (FNLR, 2013). La pratique usuelle au Québec était d'utiliser des essences à faible valeur économique pour leur construction telles que l'épinette, le sapin et le bouleau blanc (P.-S. Tremblay, communication personnelle, 9 mai 2016). Ainsi, leur durée de vie utile pourrait être estimée de 4 à 6 ans.

Tel que discuté précédemment, la rapidité d'installation et le coût relativement faible des tuyaux en tôle d'acier ondulée galvanisée (TTOG) a grandement favorisé leur utilisation. Leur durabilité a été largement étudiée en Amérique du Nord. Il est reconnu que le principal facteur de leur dégradation est la corrosion (MTQ, 2012; NCHRP, 2015). Il a été démontré que leur durabilité est grandement affectée par la résistivité électrique, le pH, le niveau d'abrasion et l'épaisseur de la tôle (CSPI, 2007). La durée de vie diminue lorsque le pH et la résistivité électrique sont faibles dans l'eau ou dans le sol environnant. De plus, les vitesses d'écoulement élevées dans le tuyau, combinées à une charge sédimentaire importante, peuvent accélérer l'usure par abrasion et la corrosion de l'acier. La méthode la plus largement utilisée, soit la « méthode californienne », se base sur l'âge atteint à la première perforation pour déterminer la fin de vie (annexe 1). On remarque dans cet abaque que la durée de vie peut être très variable en fonction de l'environnement dans lequel est installé le tuyau, soit de quatre à une centaine d'années. Cependant, celle-ci serait inférieure à 40 ans selon le *Ministère des transports du Québec* (MTQ) et il serait recommandé de les remplacer préventivement aux 30 ans (MTQ, 1997 dans Bélanger et Hatin, 2004). Dans les forêts québécoises, la règle du pouce donnée par les fabricants de TTOG est que ceux-ci auraient une durée de vie utile d'environ 25 ans lorsqu'installés correctement (D. Turner, communication personnelle, 16 décembre 2015).

Par la suite, les tuyaux en polyéthylène ont fait leur apparition vers les années 2000 (D. Turner, communication personnelle, 16 décembre 2015) et possiblement même avant dans certains secteurs (P.-S. Tremblay, communication personnelle, 9 mai 2016). Ils sont actuellement utilisés pour les petits ponceaux car ceux de gros diamètre sont plus dispendieux que ceux en TTOG. Ils ont la propriété d'être résistants à la corrosion, à l'abrasion, aux produits chimiques et à l'attaque biologique (PPI, document non daté). De plus, ils sont relativement flexibles, ce qui leur permet de se déformer sans se briser. La durée de vie estimée de ces tuyaux serait de 50 à 100 ans (PPI, document non daté). Dans le contexte actuel de développement du réseau routier en forêt publique québécoise au cours des 50 dernières années, il y aurait donc majoritairement des ponceaux de bois endommagés sur les vieux chemins forestiers non entretenus étant donné leur courte durée de vie, des ponceaux en TTOG plus ou moins détériorés sur une grande variété de chemins et des ponceaux en plastique probablement en bon état sur les chemins construits plus récemment.

Puisque l'état des ponceaux est intimement lié au risque sur la sécurité des usagers ou sur celui d'avoir des impacts négatifs sur les milieux aquatiques, il est important de savoir où se situent les ponceaux sur le territoire québécois et dans quel état ils sont. Depuis que le gouvernement du Québec a entrepris de faire l'inventaire de ses forêts, il fait au même moment l'inventaire et la mise à jour des chemins forestiers présents sur le territoire (MFFP, 2016d). L'emplacement et les caractéristiques des nouveaux chemins sont envoyés aux bureaux régionaux du MFFP tandis que la mise à jour des chemins se fait par photo interprétation ou par inventaire terrain (A. Oliver, communication personnelle, 9 septembre 2015). La base de données de chemins forestiers la plus récente se nomme *Routard* et elle est incorporée gratuitement dans le produit *AQreseau+* disponible via *Adresses Québec*, la géobase officielle du Québec. Cette base de données contient des informations de base sur les chemins telles que leur localisation, leur classe et l'année de classification. Ces informations sont rudimentaires mais elles permettent tout de même d'avoir une idée grossière de l'état du chemin si les informations ont été mises à jour récemment. Malheureusement, il n'existe actuellement pas de base de données semblable pour les ponceaux situés sur ces chemins. L'emplacement des nouveaux ponceaux est transmis aux bureaux régionaux à des fins de contrôle réglementaire mais ces données ne sont pas regroupées dans une base de données centrale et il n'y a pas nécessairement de suivi dans le temps de l'état de ces

infrastructures (D. Julien, communication personnelle, 2 décembre 2016). De plus, il n'y a aucune information de disponible au MFFP ou dans les bureaux régionaux sur les ponceaux qui ont été installés anciennement. Pourtant, l'état du réseau routier, et particulièrement des traverses de cours d'eau, semble être problématique selon quelques initiatives locales de caractérisation par les gestionnaires fauniques. Par exemple, la situation serait très préoccupante sur les chemins importants des zones d'exploitation contrôlées (ZEC) des Hautes-Laurentides (Bélanger et Hatin, 2004) et celles de l'Outaouais (A. R. ZECO, 2004). De plus, dans les pourvoiries des Hautes-Laurentides, les ponceaux situés sur les chemins forestiers en perdition causeraient de nombreux problèmes de libre circulation du poisson (Trottier et Charrette, 2011). Plusieurs inventaires de traverses de cours d'eau ont été fait par le passé au sein des ZEC et des pourvoiries mais ceux-ci avaient des objectifs différents et très locaux ce qui ne permet pas de dresser un portrait global de l'état des infrastructures. L'absence de connaissances approfondies et documentées sur le réseau routier forestier québécois a donc motivé l'élaboration d'un projet de recherche. Le but visé par le projet de recherche est d'acquérir des connaissances sur le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins afin de mieux comprendre l'état actuel et la durabilité des traverses de cours d'eau qui s'y trouvent. Ces connaissances permettront d'avoir l'heure juste de la situation et d'élaborer des recommandations pour la gestion du réseau routier qui a toujours été faite au cas par cas jusqu'à présent (A. R. ZECO, 2004).

1.2 Objectifs de recherche

Dresser un portrait pour différents secteurs de l'état des traverses de cours d'eau d'une sélection de chemins forestiers en forêt publique québécoise.

1) Estimer le niveau de fréquentation et d'entretien d'une sélection de chemins en forêt publique québécoise.
2) Estimer la quantité, la localisation et l'état des traverses de cours d'eau situées sur une sélection de chemins en forêt publique québécoise.
3) Estimer la durée de vie des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en acier.

1.3 Hypothèses de recherche

1) La majorité des chemins forestiers en forêt publique sont non-entretenus et peu fréquentés.
    - Les bases de données spatiales gouvernementales actuellement disponibles sont trop imprécises et incomplètes pour permettre d'estimer le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers avec précision.
2) Les traverses de cours d'eau situées sur les chemins non-entretenus et peu fréquentés sont majoritairement en mauvais état.
    - Les bases de données spatiales gouvernementales actuellement disponibles sont trop imprécises et incomplètes pour permettre d'estimer la quantité et l'état des traverses de cours d'eau avec précision.
3) La durée de vie des ponceaux de bois est plus courte que ceux en acier.
4) La durée de vie des ponceaux en plastique sera difficilement évaluable car aucun n'aura atteint la fin de vie utile théorique.

2 Méthodologie

2.1 Sélection des sites d'étude

La sélection des sites d'étude a débuté par la sélection d'unités de paysage régional (UP) qui font partie du système hiérarchique de classification à onze niveaux crée par le *Ministère des ressources naturelles du Québec* (MRN). 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). Les UP se distinguent les unes des autres par diverses caractéristiques telles que la géologie, les dépôts de surface, le relief, l'altitude, l'hydrographie et le climat. Six UP ont été sélectionnées de manière à couvrir diverses régions du territoire québécois ce qui a permis un échantillonnage de secteurs soumis potentiellement à des historiques forestiers différents et à des conditions hydro climatiques différentes (Tableau 1, Figure 1). Les UP choisies étaient composées de dépôt de surface d'origine glaciaire, tels que le till indifférencié, et se distinguaient par leur relief composé de coteaux, collines, hautes collines et de monts.

Tableau 1 - Caractéristiques physiques des UP sélectionnées

UP	Nom	Superficie (km^2)	Altitude moyenne	Pente moyenne	Dépôt de surface dominant	Précipitation annuelle moyenne
46	Lac Notawassi	4142	364 m	8%	Till indifférencié (25 cm à 1 m)	1000 mm
28	Saint-Michel-des-Saints	4271	431 m	14%	Till indifférencié épais (> 1 m)	900 à 1100 mm
53	Lac Blanc	6234	367 m	12%	Till indifférencié épais (> 1 m)	900 à 1000 mm
92	Lac Batiscan et lac des Martres	6448	640 m	23%	Till indifférencié épais (> 1 m)	900 à 1600 mm
66	Lac des Aigles	2008	347 m	10%	Till indifférencié épais (> 1 m)	1000 à 1100 mm
108	Lac Casault	2210	406 m	10%	Dépôt de pente et d'altération	1100 à 1300 mm

Puisque les UP couvraient d'immenses territoires (4200 km^2 en moyenne pour celles sélectionnées), des secteurs plus petits ont été sélectionnés à l'intérieur de celles-ci afin de permettre la réalisation d'un inventaire complet et répété sur le terrain. Dans chaque UP sélectionnée, deux ou trois secteurs de 8 à 28 km^2 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 et de traverses de cours d'eau. La sélection des secteurs a aussi été faite de manière à

couvrir trois différents types de territoires fauniques structurés où il y a des activités de récolte forestière : ZEC, réserves fauniques et pourvoiries à droits exclusifs. Ces territoires couvraient de 40% à 91% de la superficie des UP sélectionnées (Tableau 2). Les restrictions budgétaires liées au financement du projet de recherche sont les principales raisons expliquant qu'aucun inventaire n'a été réalisé sur les territoires libres qui représentaient de 8 à 55% de la superficie des UP sélectionnées. L'absence de récolte forestière récente dans les parcs nationaux explique leur exclusion du projet. Enfin, aucun inventaire n'a été fait sur les terres privées puisque le projet visait uniquement la forêt publique.

Tableau 2 - Type de territoires dans les UP sélectionnées

UP	Superficie (km^2)	Territoires fauniques structurés	Territoires libres	Autres territoires
46	4142	91%	7%	2%
28	4271	55%	14%	30%
53	6234	40%	55%	4%
92	6448	53%	8%	38%
66	2008	62%	8%	30%
108	2210	66%	30%	4%

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. Tous les types de chemins forestiers ont été inventoriés, peu importe leur état, leur niveau d'entretien et leur niveau de fréquentation. Cette approche exhaustive a rendu possible la description non-biaisée de l'état du réseau routier en milieu forestier, ce qui a rarement été fait au Québec puisque ce sont habituellement uniquement les chemins principaux qui font l'objet d'inventaires. 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 et les matériaux utilisés. La Figure 1 montre la localisation des UP 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. Une carte supplémentaire illustrant la répartition des différents types de territoires à l'intérieur des UP est disponible à l'annexe 2.

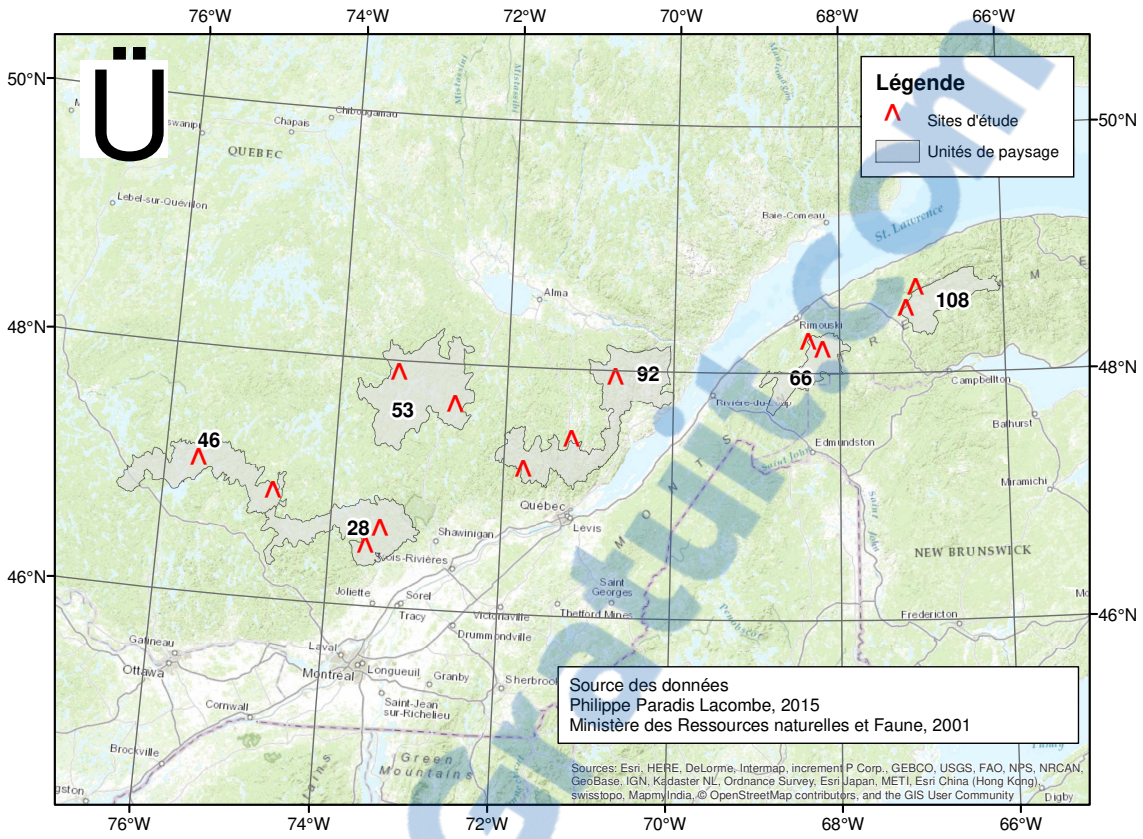


Figure 1 - Carte des sites d'étude

2.2 Estimation du niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers

2.2.1 Analyse des bases de données gouvernementales sur les chemins

Depuis 1970, le réseau routier forestier québécois a été caractérisé grâce à trois inventaires cartographiques par photo-interprétation ou par des relevés terrain grâce aux programmes d'inventaire écoforestier décennaux du Gouvernement du Québec (Tableau 3). Le quatrième programme a été amorcé en 2001 et il est toujours en cours de réalisation. Cependant, ce dernier a été complété au plus tard en 2012 dans les six UP sélectionnées pour l'étude (MFFP, 2017). Quant au cinquième, il a débuté en 2015. Il est important de comprendre que les inventaires écoforestiers ne se font pas simultanément sur tout le territoire. Par conséquent, les données issues d'un même programme d'inventaire peuvent avoir une étendue temporelle de plus de 10 ans à travers la province. À cet effet, les annexes 3 et 4 présentent l'année de prise de vue des photos aériennes utilisées pour réaliser l'inventaire écoforestier par photo-interprétation dans les UP.

Rapport-Gratuit.com

Tableau 3 – Programmes d'inventaire écoforestiers du Gouvernement du Québec

Programme	Période d'inventaire	Format des données sur les chemins
Premier	1970 à 1983	Matriciel
Deuxième	1981 à 1994	Matriciel
Troisième	1991 à 2003	Vectoriel
Quatrième	En cours depuis 2001	Vectoriel
Cinquième	En cours depuis 2015	Vectoriel

La cartographie des chemins du 1er et du 2e programme d'inventaire était uniquement disponible sous format matriciel. Il s'agissait en fait des cartes écoforestières en format papier qui ont été numérisées puis géoréférencées pour être visualisées sur un système d'information géographique (SIG). Ces cartes en noir et blanc contiennent les chemins mais aussi tous les peuplements forestiers ce qui les rend difficiles à interpréter. De plus, le format matriciel est en pratique inutilisable pour caractériser le réseau routier sur de grands territoires étant donné la charge de travail manuel requise pour convertir les tronçons en format vectoriel. À l'opposé, les chemins du 3e et du 4e programme sont disponibles sous format vectoriel ce qui permet de réaliser rapidement des analyses sur un SIG.

Sur les cartes écoforestières du 1er et du 2e programme d'inventaire, le réseau routier était tout simplement réparti en 3 catégories dans la légende: primaire, secondaire et tertiaire (annexe 5). Quant aux cartes du 3e programme, les mêmes catégories s'y retrouvaient mais il y avait en plus les chemins d'hiver et les routes forestières numérotées du ministère des forêts. Les définitions des différentes catégories de chemin du 3e programme sont disponibles dans le document *Normes de cartographie écoforestière* (MRNF, 2009) et sont présentées ci-dessous :

Chemins primaires

> Ces chemins constituent les grandes voies permanentes d'accès à la forêt. Dans certains cas, la chaussée peut être asphaltée. Toutefois, elle est généralement couverte d'une couche de gravier de 30 cm d'épaisseur. La chaussée mesure plus de 8 m de largeur, l'emprise plus de 30 m et l'épaulement environ 1 m. Les chemins primaires sont bordés de fossés assez profonds, dont le fond mesure au moins 1 m de largeur. Les chemins primaires ont une inclinaison maximale de 6 % dans les terrains vallonneux et de 11 % dans les terrains montagneux. Les courbes ont entre 9° et 13°. Ces voies peuvent supporter de lourdes charges, tant en hiver qu'en été, et la circulation y est rapide. L'accès peut cependant être limité pendant le dégel.

Chemins secondaires

> Ces chemins sont carrossables. Cependant, les véhicules lourds doivent y rouler au ralenti, en raison de l'étroitesse des voies et des courbes prononcées (entre 13° et 32°). La chaussée, qui est couverte d'une mince couche de gravier, mesure environ 6 m de largeur. Les chemins secondaires permettent le croisement de deux véhicules. Les pentes présentent une inclinaison maximale de 10% en terrain vallonneux et de 14 % en terrain montagneux. Les fossés sont pratiquement inexistants.

Chemins tertiaires

> Ces chemins sont carrossables. Par contre, la circulation s'y fait au ralenti. La largeur maximale de la chaussée n'étant que de 3 ou 4 m, le croisement de deux véhicules y est difficile. Cette catégorie comprend les chemins secondaires abandonnés, les pistes où seuls les véhicules à quatre roues motrices peuvent circuler, les sentiers praticables en véhicule tout-terrain (vtt) et les principaux chemins aménagés pour le transport de la matière ligneuse dans les aires d'intervention.

Chemins d'hiver

> Ces chemins, qui ne sont carrossables qu'en hiver, sont rudimentaires et ne comportent généralement aucune infrastructure importante.

Du côté de la base de données du 4e programme d'inventaire, des changements majeurs ont été apportés dans la caractérisation des chemins comparativement aux bases de données antérieures. En effet, les chemins y sont caractérisés par leur classe qui est déterminée par leurs caractéristiques physiques. Les différentes classes utilisées pour y décrire les chemins sont : Hors norme, Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4, Classe 5, Non classé, Hiver, Inconnu et Non forestier (MERN, 2016). Les chemins hors norme sont les plus larges et la vitesse de circulation y est la plus rapide (70 km/h). La largeur du chemin ainsi que les vitesses de circulation diminuent des classes 1 vers 5. De plus, la qualité des matériaux utilisés pour la fondation et la couche de roulement diminue aussi dans le même sens. Les caractéristiques des chemins de chaque classe, sauf pour ce qui est des chemins non classés, inconnus et non forestiers sont disponibles à l'annexe 6. Dans cette annexe, les chemins d'hivers y sont appelés *chemins sans mise en forme*. Les chemins non classés sont les chemins « qui ne répondent pas aux critères des classes HN, 01 à 05, et qui ne sont pas des

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

chemins d'hiver. Ces tronçons sont non carrossables (donc ils sont utilisables seulement par un véhicule à quatre roues motrices), impraticables ou d'un état inconnu. » (MERN, 2016). Les chemins inconnus sont des chemins « dont la classe est inconnue » (MERN, 2016). Enfin, les chemins non forestiers traversent des territoires forestiers mais ne sont pas des chemins forestiers puisqu'ils sont gérés par d'autres instances gouvernementales, par exemple, les autoroutes du Ministère des transports, de la mobilité durable et de l'électrification des transports (MTMDET) (MERN, 2016). De 2001 à 2012, dans la base de données du 4e programme, il n'y avait pas de chemins de classe 5 (annexe 7), cette classe semble seulement utilisée depuis 2013 (MRN, 2013) pour caractériser des chemins tertiaires ayant une très courte durée d'utilisation (1 à 3 ans).

2.2.2 Détermination de l'âge des chemins forestiers

Afin de déterminer l'âge des chemins forestiers inventoriés dans les secteurs d'étude, les cartes écoforestières, des photos aériennes et des images satellites Landsat ont été utilisées. Les cartes écoforestières fournissent des informations sur les peuplements forestiers et sur les dernières interventions qui ont été effectuées sur ceux-ci. Ces cartes sont produites suite aux inventaires écoforestiers du Gouvernement du Québec. Dans certains cas, l'année de récolte du peuplement peut corresponde à l'année de construction des chemins. Toutefois, dans d'autres cas, les chemins pouvaient avoir été construits bien avant les dernières interventions indiquées dans les cartes écoforestières. De plus, les chemins forestiers sont parfois construits un an ou deux avant la récolte ce qui rend imprécise l'utilisation de ces cartes pour déterminer l'âge des chemins. La meilleure méthode consistait à inspecter visuellement les images satellites Landsat pour les secteurs étudiés. Ces images sont produites une fois aux deux semaines de façon continue ce qui permet de dater précisément la construction d'un chemin forestier. Ces images ont une faible résolution mais elles permettent tout de même de voir facilement les chemins forestiers fraîchement construits. Cependant, les chemins forestiers refermés par la végétation ne sont pas visibles à l'aide de ces images. Les images satellites Landsat sont disponibles depuis 1982 alors il n'a pas été possible de déterminer l'année de construction des chemins construits avant 1982 à l'aide de cet outil. Dans ces cas, les photos aériennes disponibles ont été utilisées pour estimer l'âge des chemins plus âgés. Puisque plusieurs années peuvent séparer deux séries de photos aériennes, l'âge minimal et maximal d'un chemin a pu être déterminé mais pas l'année de construction précise. La détermination de l'âge des chemins forestiers a ensuite permis d'analyser plusieurs éléments comme les types de matériaux utilisés pour la construction des traverses de cours d'eau et la durabilité de ces dernières.

2.2.3 Caractérisation du niveau de fréquentation et d'entretien des chemins lors des inventaires terrain

Au départ, il était prévu d'utiliser uniquement la base de données de chemin la plus récente pour identifier les chemins à inventorier dans les secteurs d'étude, soit celle du 4e programme. Toutefois, lors des premières sorties de terrain, il s'est rapidement avéré que ce n'était pas tous les chemins qui étaient cartographiés dans cette base de données. Après une analyse rapide des diverses bases de données disponibles dès les débuts des inventaires, il a été découvert que plusieurs chemins non cartographiés dans le 4e programme mais retrouvés sur le terrain étaient en fait des chemins du 3e programme disparus ou éliminés lors de la mise à jour de la cartographie. Par conséquent, ce sont essentiellement les bases de données spatiales du 3e et du 4e inventaire qui ont été consultées pour repérer les chemins à l'intérieur des secteurs d'étude. Des cartes personnalisées ont ensuite été créées puis transférées sur une tablette électronique munie d'un GPS afin d'orienter les déplacements en forêt. 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.

La caractérisation des chemins forestiers, dans les secteurs d'étude, a été faite selon une liste précise de critères (Tableau 4). Chaque tronçon uniforme de chemin visité a été caractérisé entre chacune de ses extrémités, de ses intersections ou lors d'un changement significatif dans ses caractéristiques physiques. Ces données ont été recueillies afin de pouvoir corréler les informations contenues dans les bases de données gouvernementales au niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers.

Tableau 4 - Critères pour caractériser les chemins forestiers

Critères	Valeurs possibles
Entretien	Entretenu, non entretenu, chemin récent
Fréquentation	Fréquenté, peu fréquenté, abandonné, chemin récent
Vitesse de circulation maximale	70 km/h, 60 km/h, 50 km/h, 40 km/h, <40 km/h, VTT, marche
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. Sur les chemins non nivelés, il y avait parfois eu du débroussaillage sur les côtés pour libérer le passage

mais aucun entretien évident des fossés, des traverses de cours d'eau et des ponceaux de drainage n'a été observé. Par conséquent, les chemins uniquement débroussaillés n'ont pas été considérés entretenus. Ensuite, le niveau de fréquentation était caractérisé 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 régulier par nivelage (Figure 2a). 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 2b). Enfin, sur les chemins abandonnés, la végétation recouvrait la totalité du chemin y rendant souvent impossible la circulation des véhicules (Figure 2c). On y retrouvait généralement des arbres de petites dimensions entre les anciennes roulières et parfois même des arbres matures sur les très vieux chemins. Enfin, des chemins fraîchement construits ont été retrouvés sur le terrain (Figure 2d). Ces chemins ont été classés indéterminés car il n'était pas possible de statuer sur leur niveau de fréquentation grâce à la présence de végétation. De plus, leur niveau d'entretien n'a pu être caractérisé puisque ces chemins étaient trop récents pour en avoir eu besoin. La vitesse de circulation maximale estimée et la largeur de la surface de roulement ont été notées pour effectuer le classement des chemins au besoin.

a) Chemin fréquenté b) Chemin peu fréquenté c) Chemin abandonné d) Chemin récent

Figure 2 – Exemples des différents niveaux de fréquentation des chemins forestiers

Une relation étroite existait entre les critères d'entretien et de fréquentation dans l'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 en détail.

2.2.4 Estimation du niveau de fréquentation et d'entretien des chemins dans les unités de paysage régional

Par la suite, le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins observé dans les secteurs d'étude lors des inventaires terrain a été utilisé conjointement avec les informations contenues dans les bases de données gouvernementales pour caractériser le réseau routier à large échelle dans chacune des UP sélectionnées. En d'autres mots, le niveau de fréquentation des chemins observé dans les bassins versants inventoriés a été extrapolé à l'échelle des UP. Pour ce faire, les proportions de chemins fréquentés, peu fréquentés et abandonnés ont été déterminées pour les chemins du 4e programme et pour les chemins du 3e programme absents du 4e et pour chacun des territoires fauniques structurés (ZEC, réserve faunique et pourvoirie à droits exclusifs). Tel que discuté plus haut, il a été observé fréquemment que certains chemins contenus dans la base de données du 3e programme ne se retrouvaient pas dans celle du 4e programme. Ainsi, il n'était pas possible d'utiliser uniquement la base de données du 4e programme pour répertorier et caractériser l'ensemble des chemins dans les UP. De plus, les informations contenues dans ces bases de données ne permettaient pas de savoir quels tronçons de chemin du 3e programme n'avaient pas été cartographiés dans le 4e programme. Ainsi, pour identifier les chemins ayant été éliminés de la cartographie, des analyses spatiales ont dû être menées à l'aide d'un SIG. Pour ce faire, plusieurs outils disponibles dans le logiciel ArcMap d'ESRI ont été utilisés. Les étapes suivantes ont permis d'isoler les chemins uniquement cartographiés dans le 3e programme, cartographiés à la fois dans le 3e et dans le 4e programme et cartographiés uniquement dans le 4e programme d'inventaire.

Tableau 5 - Étapes suivies dans ArcMap pour séparer les chemins uniquement présents dans le 3e programme, présents dans le 3e et dans le 4e programme et uniquement présents dans le 4e programme

Étape	Description
1	Utiliser l'outil « Découper » pour conserver uniquement les chemins contenus à l'intérieur des UP.
2	Utiliser l'outil « Généraliser » avec une tolérance de 2 m sur les couches de chemins pour simplifier la géométrie et accélérer la vitesse de traitement.
3	Utiliser l'outil « Densifier » avec la méthode de densification « Distance » de 100 m sur les couches de chemins pour créer des segments de lignes d'une longueur maximale de 100 m.
4	Utiliser l'outil « Fractionner des lignes au sommet » sur les couches de chemins pour diviser les chemins en entités d'une longueur maximale de 100 m.
5	Appliquer l'outil « Intersection » entre les couches de chemins du 3e et du 4e programme. Cette opération permet d'identifier les chemins présents à la fois dans le 3e et dans le 4e programme.
6	Appliquer l'outil « Effacer » avec chacune des couches du 3e et du 4e programme en entrée et la couche provenant de l'intersection comme « Entité d'effacement ». Cette opération permettra de conserver les chemins uniquement présents dans le 3e programme et les chemins uniquement présents dans le 4e programme.
7	Appliquer l'outil « Annuler le fractionnement d'une ligne » sur les trois couches ainsi créées de chemin afin de réassembler les segments de ligne ensemble.

La Figure 3 présente un exemple des résultats obtenus suite à cette analyse spatiale sur un petit territoire.

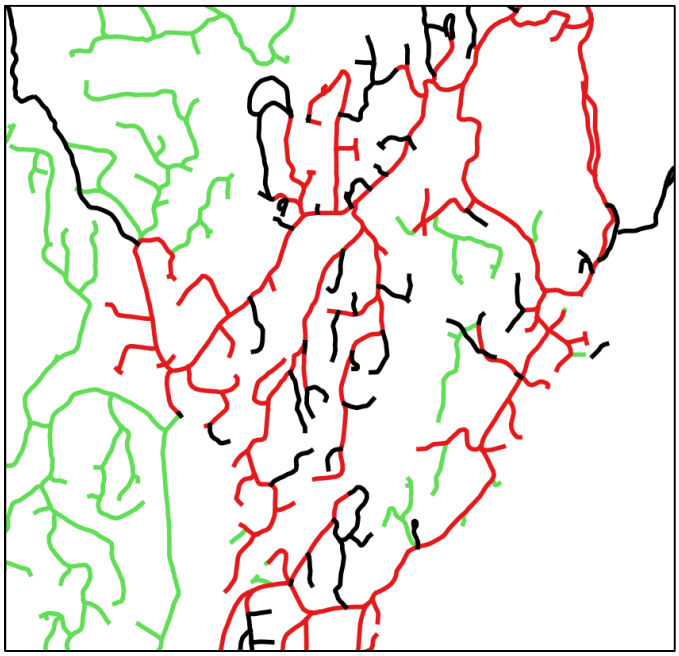


Figure 3 – Identification des chemins uniquement présents dans le 3e programme (noir), présents dans le 3e et dans le 4e programme (rouge) et uniquement présents dans le 4e programme (vert).

L'identification des chemins propres à chaque programme d'inventaire a ensuite permis de calculer la quantité totale de chemins présents dans les ZEC, les réserves fauniques, les pourvoiries à droits exclusifs et les territoires libres pour chacune des UP étudiées. Le nombre de kilomètre de chemins

du 4e programme (chemins en vert et en rouge) a donc été additionné au nombre de kilomètre de chemins du 3e programme qui ont été éliminés du 4e (chemins en noir). Par la suite, le niveau de fréquentation des chemins observé dans les secteurs d'étude pour chacun des territoires fauniques structurés, soient les ZEC, les réserves fauniques et les pourvoiries à droits exclusifs a été extrapolé à l'échelle des UP. Cet exercice a été fait pour quatre catégories de chemins forestiers :

1) Les chemins de classe HN, 01, 02 et 03.
2) Les chemins de classe 04 et 05.
3) Les chemins NC.
4) Les chemins du 3e programme absents du 4e.

Les chemins d'hiver, les chemins non forestiers et les chemins de classe inconnue ont été exclus des analyses. Lors des inventaires, très peu de chemins de la catégorie 1 ont été inventoriés mais puisque ceux-ci sont des chemins importants et qu'ils constituent les voies d'accès principales au milieu forestier, l'hypothèse que ces chemins étaient fréquentés et entretenus a été émise. Pour ce qui est des chemins des autres catégories, leur niveau de fréquentation et d'entretien observé lors des inventaires a été utilisé. Étant donné qu'aucun inventaire sur les territoires libres n'a été effectué, le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins sur ces territoires n'a pu être déterminé précisément avec les observations terrain mais il a tout de même été estimé à l'aide du niveau de fréquentation moyen observé dans les territoires fauniques structurés.

2.3 Estimation de la quantité et de l'état des traverses de cours d'eau

Au même moment que se déroulait l'inventaire des chemins forestiers, une attention particulière était portée à la présence de traverses de cours d'eau. Ces traverses étaient bien évidentes sur les gros cours d'eau des chemins fréquentés mais elles étaient beaucoup moins visibles sur les petits cours d'eau des chemins peu fréquentés ou abandonnés, là où la végétation avait grandement repoussé au fil des ans. Par conséquent, la recherche des traverses de cours d'eau se faisait habituellement à pied pour être certain qu'aucune d'entre elles ne soit laissée derrière sans être inspectée. Plusieurs caractéristiques sur les traverses étaient notées aux fins de l'inventaire. Notamment, les dimensions, les matériaux, la localisation, le degré d'obstruction, les défauts, la présence de castor, etc., étaient

enregistrés dans un formulaire électronique. L'une des caractéristiques importantes à déterminer était l'état structural des traverses afin de pouvoir dresser un portrait de l'état du réseau routier à large échelle. L'état structural des traverses de cours d'eau a été déterminé sur le terrain grâce à une inspection visuelle. Les traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers se prêtaient bien à ce type d'inspection puisqu'elles étaient généralement de courte longueur ce qui permettait de voir d'un bout à l'autre du tuyau. De ce fait, la lumière provenant des deux extrémités permettait généralement de bien voir les défauts à l'intérieur du tuyau. Lorsque le tuyau était assez gros et que le niveau d'eau était bas, l'inspection se faisait de l'intérieur de celui-ci. Cependant, lorsque le tuyau était petit ou que le niveau d'eau était trop élevé, l'inspection se faisait à partir de ses extrémités. Une lampe de poche était utilisée pour éclairer l'intérieur du tuyau lorsque la luminosité était faible. Afin de déterminer l'état des traverses, celles-ci étaient scrutées minutieusement afin que tous leurs défauts soient repérés. Par la suite, ceux-ci étaient notés et photographiés pour bien documenter l'inspection. Le *Manuel d'inspection des ponceaux* du MTMDET (MTQ, 2012) et la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les ZECs* (Latrémouille et al., 2014) ont été utilisés pour produire la liste des défauts communs propres aux divers matériaux des traverses (Tableau 6). Quelques défauts supplémentaires ont été ajoutés spécifiquement pour les traverses en bois qui n'étaient pas traités dans les deux documents cités plus haut. Enfin, dans de très rares cas, certaines traverses étaient fabriquées artisanalement avec d'autres matériaux comme le béton ou des plaques d'acier. Ces traverses ont été analysées au cas par cas.

Tableau 6 - Défauts recherchés lors de l'inspection des traverses de cours d'eau

Défaut	Matériel	Référence
Déformation latérale / déformation linéaire	TTOG, plastique	MTQ, 2012 / Latrémouille et al., 2014
Déformation locale / tuyau écrasé	TTOG, plastique	MTQ, 2012 / Latrémouille et al. 2014
Aplatissement transversal / tuyau ovalisé	TTOG, plastique	MTQ, 2012 / Latrémouille et al. 2014
Corrosion / rouille	TTOG	MTQ, 2012 / Latrémouille et al. 2014
Perforation	TTOG, plastique	Latrémouille et al. 2014
Relâchement de l'assemblage	TTOG, plastique	MTQ, 2012
Abrasion	Plastique	MTQ, 2012
Fissuration de la paroi	TTOG, plastique	MTQ, 2012
Défauts propres aux traverses en bois		
Pourriture	Bois	Aucune
Billes tombées	Bois	Aucune
Culées instables	Bois	Aucune

Dans le *Manuel d'inspection des ponceaux*, il n'y avait pas d'indicateur global de l'état des traverses de cours d'eau. Une cote était donnée à chacun des défauts décrits dans le manuel en fonction de leur gravité mais ceux-ci n'étaient pas synthétisés pour définir l'état structural global de la traverse. Toutefois, dans la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les ZECs,* il y avait une description fournie pour déterminer l'état structural des traverses. L'état des infrastructures y était décrit en cinq classes dont une permettait de définir une traverse qui n'avait pas pu être inspectée, la classe « inconnu ». En effet, il arrivait que les traverses semblaient être en bon état vu de l'extérieur mais que le niveau d'eau ou des obstructions empêchaient d'observer de potentiels défauts à l'intérieur. Les quatre autres classes permettant de définir l'état structural étaient : bon, acceptable, médiocre et critique.

Toutefois, puisque cette classification avait été créée principalement pour l'inventaire de la portion fréquentée du réseau routier, il arrivait que certaines traverses étaient en état critique mais que celles-ci étaient toujours présentes sous les chemins sans occasionner de dommages à la surface de roulement. Par exemple, il pouvait s'agir d'une traverse en TTOG dont le radier avait été totalement perforé à cause de la corrosion mais que le remblai tenait toujours en place sur le tuyau lourdement endommagé. Ces traverses avaient assurément atteint l'état critique, soit leur fin de vie utile, mais elles se n'étaient toujours pas affaissées sous le poids de la route et des véhicules. Ces traverses étaient donc non sécuritaires et très hasardeuses mais toujours « utilisables ». Puisque les chemins fréquentés soutiennent une forte circulation automobile, les traverses endommagées qui s'affaissent et qui limitent la circulation ne sont pas tolérables. Par conséquent, celles-ci sont habituellement remplacées dès que possible, ou de manière préventive, pour assurer la sécurité des usagers et pour permettre de rétablir la circulation automobile. Par contre, sur les chemins peu fréquentés, qui sont utilisés principalement en VTT ou sur les chemins abandonnés, ces traverses ne sont habituellement pas remplacées étant donné le faible volume de circulation. Dans ces cas, les traverses pouvaient atteindre un état de dégradation encore plus avancé et être totalement inutilisables. Ainsi, une nouvelle classe d'état a été définie pour caractériser ces situations communes sur les chemins forestiers abandonnés, il s'agissait de l'état non fonctionnel. Il existe une particularité commune entre les traverses dans un état critique et celles dans un état non fonctionnel qui est l'atteinte de la fin de vie utile. Cependant, il y a une subtilité entre le niveau de dégradation de ces deux classes et celle-ci devait être mieux caractérisée. Le Tableau 7 présente les différentes

Rapport-Gratuit.com

classes d'état structural utilisées pour caractériser les traverses inspectées lors des inventaires. La description de toutes les classes, mis-à-part la classe non fonctionnel, ont été directement extraites de la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours dans les ZECs*.

Tableau 7 – Description des classes d'état structural des traverses de cours d'eau (Adapté de Latrémouille et al., 2014)

État structural	Description
Bon	Ponceau neuf ou sain, aucune perforation ou bosse.
Acceptable	Ponceau avec quelques défauts mineurs mais qui ne compromettent pas ses fonctions.
Médiocre	Ponceau avec quelques défauts majeurs qui nuisent à son bon fonctionnement.
Critique	Vie utile terminée : la condition actuelle du ponceau ne lui permet plus de remplir adéquatement ses fonctions de drainage et/ou de support à la route.
Non fonctionnel	Traverse de cours d'eau ayant atteint sa fin de vie utile qui est totalement détruite. Le remblai a été emporté par les eaux.
Inconnu	Lorsqu'il est impossible de déterminer l'état ou que la composition est inconnue, inscrire cette valeur.

La description fournie pour chacune de ces classes d'état structural était adéquate à des fins de gestion du réseau routier mais trop subjective dans un objectif d'estimation de la durée de vie. Par exemple, aucune définition de défaut mineur et de défaut majeur dans les classes acceptable et médiocre n'était fournie ce qui laissait place à interprétation. Par conséquent, une grille a été créée afin de mieux définir l'état des traverses en fonction des défauts observés pour cette étude (Tableau 8). Cet ajout à la *Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les ZECs* a donc permis de la bonifier légèrement en lui donnant un caractère plus objectif. Puisque l'état bon est défini par un « ponceau neuf ou sain, aucune perforation ou bosse », aucun défaut ne devait être observé pour que l'état bon soit attribué. À l'opposé, dans le cas de l'état non fonctionnel, les traverses étaient si endommagées, voire détruites, que les défauts ne pouvaient pas être déterminés précisément.

Tableau 8 - État structural des traverses en fonction des défauts observés

Défaut	État structural des traverses				
	Bon	**Acceptable (défauts mineurs)**	**Médiocre (défauts majeurs)**	**Critique (vie utile terminée)**	**Non fonctionnel (traverse complètement détruite)**
Déformation latérale / déformation linéaire	Ne s'applique pas.	Le tuyau a une déformation longitudinale légère qui ne crée pas de déformation locale.	Le tuyau a une déformation longitudinale significative qui crée une déformation locale et qui réduit l'aire d'écoulement.	Le tuyau a une déformation longitudinale majeure qui cause une déformation locale importante, voire une perforation ou une fissuration. L'aire d'écoulement est réduite.	La traverse est dans un état si dégradé que les mécanismes menant à sa défaillance ne sont pas toujours identifiables. Dans certains cas, les causes de défaillance sont naturelles et non reliées à la détérioration des matériaux.
Déformation locale / tuyau écrasé	Ne s'applique pas.	Le tuyau a une ou plusieurs petites bosses qui ne réduisent pas de plus de 10% sa section d'écoulement.	Le tuyau a une ou plusieurs bosses qui réduisent sa section d'écoulement de 10 à 25%.	Le tuyau a une ou plusieurs bosses qui réduisent sa section d'écoulement de 25% et plus.	
Aplatissement transversal / tuyau ovalisé	Ne s'applique pas.	Le tuyau est ovalisé mais sa section d'écoulement n'est pas réduite de plus de 10%.	Le tuyau est ovalisé et sa section d'écoulement est réduite de 10 à 25%.	Le tuyau est ovalisé et sa section d'écoulement est réduite de plus de 25%.	
Corrosion / rouille	Ne s'applique pas.	Le tuyau est attaqué par la corrosion mais celui-ci n'est pas perforé.	Le tuyau est attaqué par la corrosion en profondeur et celui-ci est perforé localement.	Le tuyau est lourdement attaqué par la corrosion. Les zones perforées couvrent une grande surface et sont continues.	
Perforation	Ne s'applique pas.	Ne s'applique pas.	Le tuyau a une ou quelques petites perforations qui ne laissent pas les matériaux de remblai s'infiltrer au travers de la paroi.	Le tuyau a une ou quelques grandes perforations qui laissent les matériaux de remblai s'infiltrer à travers la paroi.	
Relâchement d'un assemblage	Ne s'applique pas.	Ne s'applique pas.	Ne s'applique pas.	Les deux sections de tuyau ne sont plus jointes par le manchon de manière étanche. Il y a infiltration du remblai à travers la paroi ou infiltration d'eau dans la fondation.	
Abrasion	Ne s'applique pas.	Abrasion mineure des matériaux.	Abrasion significative des matériaux qui cause des perforations locales.	Abrasion majeure qui cause des perforations continues dans les matériaux.	
Fissuration de la paroi	Ne s'applique pas.	Ne s'applique pas.	Le tuyau a une fissure mineure qui ne laisse pas les matériaux de remblai s'infiltrer.	Le tuyau a une fissure majeure qui provoque l'infiltration des matériaux de remblai.	
Pourriture	Ne s'applique pas.	Certaines pièces de bois montrent des signes locaux de pourriture qui n'affectent pas la solidité de l'ouvrage.	Une ou plusieurs pièces de bois sont grandement endommagées par la pourriture et elles réduisent la solidité de l'ouvrage.	La plupart des pièces de bois sont lourdement endommagées par la pourriture. Certaines d'entre-elles ont rompues.	
Billes tombées	Ne s'applique pas.	Ne s'applique pas.	Une ou quelques billes sont tombées aux extrémités de l'ouvrage.	Une ou quelques billes sont tombées à l'intérieur de l'ouvrage ce qui provoque l'infiltration des matériaux de remblai et l'obstruction de la section d'écoulement.	
Culées instables	Ne s'applique pas.	Ne s'applique pas.	Ne s'applique pas.	L'une des deux culées s'est déplacée de son emplacement d'origine et est instable.	

Ainsi, la classe d'état structural attribuée à chacune des traverses inspectées correspondait au pire état défini en fonction des divers défauts observés. Par exemple, pour une traverse en TTOG ayant de la rouille de surface (état acceptable) et une bosse qui réduisait sa section d'écoulement de 20% (état médiocre), l'état médiocre lui était attribué. L'obstruction des traverses par des débris, par des sédiments ou par le castor n'entraient pas dans les critères pour déterminer l'état des traverses. L'obstruction a été caractérisée séparément puisqu'une traverse obstruée pouvait être encore en très bon état et fonctionnelle si l'obstruction était enlevée. La qualité de l'enrochement de protection aux extrémités du tuyau ainsi que la présence d'une toile géotextile ont aussi été caractérisées séparément et n'entraient pas dans la détermination de l'état structural.

Lors des inventaires terrain, certaines situations récurrentes ont été observées qui ne permettaient pas d'inspecter les traverses de cours d'eau mais qui permettait tout de même de leur attribuer fidèlement un état structural. Premièrement, il arrivait que des traverses soient complètement ensevelies sous un barrage de castor ou sous l'étang d'eau créé par ce dernier (traverse enfouie castor). Dans ces cas, aucune partie de la traverse n'était visible et il était impossible de déterminer la nature des matériaux. Étant donné le niveau de dégradation avancé de ces traverses et l'impossibilité de circuler sur le chemin, l'état non fonctionnel leur a été attribué. Deuxièmement, sur les très vieux chemins abandonnés, il arrivait que le chemin soit littéralement coupé à l'intersection du cours d'eau. Dans ces cas, les berges plus abruptes dans le secteur du chemin laissaient croire qu'il y avait déjà eu une traverse de cours d'eau mais que celle-ci avait été emportée par les eaux (traverse disparue). L'état non fonctionnel a aussi été attribué à ces traverses. Enfin, un cas particulier qui a souvent été observé, était celui des traverses manquantes. Les traverses manquantes étaient des situations où un petit cours d'eau, souvent intermittent, traversait sur le chemin sans qu'aucune infrastructure n'ait été installée pour le faire passer sous la route. Cela arrivait fréquemment sur les vieux chemins construits sans fossés de drainage nommés « outslope road » en anglais. Dans d'autres cas, lorsqu'un fossé de drainage était présent, les endroits ou des cours d'eau intermittents étaient déviés dans les fossés ont aussi été caractérisés de traverses manquantes. Puisqu'il n'y avait pas de traverse d'installée, aucun état structural n'a été attribué à ces cas mais ils ont tout de même été caractérisés de manière à pouvoir quantifier ces situations.

Après avoir déterminé l'état des traverses lors des inventaires sur le terrain, la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales a été utilisée comme paramètre pour estimer l'état des traverses à l'échelle des UP. Plus précisément, la présence des chemins dans les bases de données a été utilisée comme indicateur de l'âge des traverses et de leur entretien et ainsi, de leur état probable. Tout comme pour estimer la fréquentation et l'entretien des chemins forestiers, les proportions de traverses dans un état bon, acceptable, médiocre, critique et non fonctionnel ont été calculées pour les chemins présents uniquement dans le 3e programme, présents dans le 3e et dans le 4e programme et présents uniquement dans le 4e programme. Ensuite, ces proportions calculées ont été multipliées par le nombre de traverses estimé sur chacun de ces types de chemins. La quantité de traverses de cours d'eau a été estimée en calculant le nombre de traverses par kilomètre de chemin inventorié dans chacune des UP. Par la suite, ce nombre de traverse par kilomètre de chemin a été multiplié par l'étendue totale de chemins présents dans les UP. L'étendue totale de chemins dans les UP a été déterminée en additionnant l'étendue des chemins uniquement présents dans le 3e programme d'inventaire et l'étendue des chemins dans la base de données du 4e programme.

2.4 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 précédemment, les photos aériennes disponibles, les images satellites Landsat et les cartes écoforestières ont été utilisées pour trouver l'année de construction exacte des chemins où se trouvaient ces structures. Sur les chemins secondaires et tertiaires où l'utilisation intensive pour la récolte du bois a parfois été de courte durée, l'absence de travaux de réfection et le non entretien dans les années qui ont suivi la récolte permettait d'avoir une grande confiance dans l'estimation de l'âge des traverses. En revanche, il a été beaucoup plus difficile de retracer l'âge des traverses de cours d'eau sur les chemins principaux fortement fréquentés. En effet, ces chemins ont été entretenus au fil des années et certaines traverses s'y trouvant ont été remplacées lorsqu'elles atteignaient leur fin de vie utile. Dans ces cas, l'année de construction du chemin ne correspondait pas à l'année d'installation de la traverse. En cas de doute, l'âge de certaines traverses n'était pas déterminé pour assurer la qualité des résultats. Cependant, il est arrivé, dans certains secteurs, de constater que des tronçons de chemin avaient été entièrement 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 fixé à une valeur correspondant au moment de l'exécution de la réfection. Par la suite, afin d'estimer la durée de vie des traverses en bois, en plastique et en TTOG, l'âge de ces infrastructures a été comparé à leur état structural. Enfin, les différents défauts observés sur les traverses de cours d'eau ont été analysés dans le but d'identifier les principales causes de détériorations selon les divers matériaux.

3 Résultats

3.1 Niveau de fréquentation et d'entretien des chemins

Tel que discuté dans la méthodologie, la délimitation de secteurs d'étude sur la base territoriale de bassins versants a permis un échantillonnage d'une grande diversité de chemins sans égard à leur état, leur niveau d'entretien et leur niveau de fréquentation. En effet, des chemins utilisés à différents niveaux (fréquentés, peu fréquentés et abandonnés) y ont été retrouvés. Lors des inventaires terrains, la majorité des tronçons de chemins ayant été préalablement identifiés dans les bases de données des 3e et 4e programmes ont été inventoriés, de plus que quelques chemins absents de celles-ci, mais retrouvés sur le terrain. Puisqu'uniquement la base de donnée de chemins la plus récente était utilisée au début des inventaires terrains, certains chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e programme n'ont pas été inventoriés. Toutefois, ceux-ci étaient par la suite systématiquement inventoriés. De plus, certains chemins n'ont été découverts qu'après les travaux d'inventaires grâce à l'observation de photos aériennes des années antérieures. L'analyse temporelle de la présence passée et de la disparition sous le couvert forestier de ces chemins a permis de les classer majoritairement comme des tronçons de chemins ayant été abandonnés depuis fort longtemps. Cependant, les traverses de cours d'eau s'y trouvant n'ont pas pu être caractérisées. Les chemins n'ayant pas été visités sur le terrain, pour les différentes raisons évoquées plus haut, représentaient 24 % des 527 km de chemins retracés dans les secteurs d'étude.

Une comparaison de chaque tronçon de chemin de la base de données du 3e et du 4e programme d'inventaire a d'abord été faite pour chacune des UP. Cinq cas ont été observés : i) le chemin n'était pas cartographié puisque sa date de construction était consécutive à la plus récente mise à jour cartographique, donc il s'agissait d'un chemin récent ii) le chemin était présent uniquement dans la base de données du 4e programme d'inventaire, iii) le chemin était présent dans la base de données du 3e programme d'inventaire et dans le 4e iv) le chemin était présent dans la base de données du 3e programme d'inventaire mais absent du 4e ou, v) le chemin n'était présent ni dans la base de données du 3e programme d'inventaire, ni dans celle du 4e , et ce n'était pas un chemin récent (Tableau 9).

Tableau 9 – Présence des chemins dans les bases de données gouvernementales dans les différentes UP

UP	Étendue (km)	Chemins récents	Présents uniquement dans le 4e	Présents dans le 3e et dans le 4e	Présents dans le 3e mais absents du 4e	Absents du 3e et du 4e
46	81	7%	33%	57%	0%	3%
28	95	6%	33%	27%	24%	11%
53	55	10%	63%	0%	26%	0%
92	119	0%	2%	53%	37%	7%
66	76	3%	16%	51%	20%	9%
108	101	1%	30%	27%	0%	41%
Total	527	4%	26%	38%	18%	13%

On observe premièrement que de 0% à 10% des chemins n'étaient pas cartographiés puisqu'ils avaient été construits récemment. Les nouveaux chemins doivent être intégrés à la base de données du MFFP mais il y a normalement un délai entre la construction et l'envoi de la mise à jour au bureau central du MFFP par les bureaux d'unité de gestion situés en région. Deuxièmement, on observe que la plus récente base de données gouvernementale, soit celle du 4e programme, ne contenait pas tous les chemins ayant été retrouvés dans les secteurs d'étude et que de grandes variations apparaissaient entre les UP. On y retrouvait uniquement entre 55% et 90% du total de chemins forestiers. Ces chiffres démontrent que l'étendue des chemins forestiers est parfois largement sous-estimée par la base de données du 4e programme. Une proportion non négligeable de chemins, sans compter les chemins récents, semble n'avoir jamais été cartographiée de manière vectorielle, soit 13% au total, tandis qu'une autre a disparue entre le 3e et le 4e programme d'inventaire. En effet, certains chemins cartographiés dans le 3e programme n'ont pas été intégrés au 4e programme lors de la mise à jour ou ils ont été supprimés de la base de données. Dans plusieurs cas, nous soupçonnons que les chemins non utilisés refermés par la végétation ont été effacés des bases de données puisque cette situation a souvent été observée sur le terrain. Des différences régionales marquées étaient clairement visibles au sujet de la disparition des chemins du 3e programme, ce qui laisse croire que la cartographie et la mise à jour cartographique des chemins a été appliquée de manière non uniforme entre les différentes unités de gestion du MFFP. Dans l'UP 46, de nombreux vieux chemins refermés présents dans le 4e programme ont été inventoriés ce qui indique que les chemins dégradés et non utilisés du 3e programme de ce secteur ont probablement été intégrés au 4e. La situation est différente dans l'UP 108 où tous les chemins présents dans le 3e programme se retrouvent aussi dans le 4e programme, mais où énormément de chemins n'ont jamais été

cartographiés (41%). En effet, on observe que de 3% à 41% des chemins n'avaient jamais été cartographiés dans les deux dernières bases de données. Ces chemins ont soit été retrouvés lors des inventaires de terrain ou lors de l'analyse de photos aériennes en noir et blanc des années 60 à 90. Pour la portion de ces chemins découverte lors des inventaires de terrain, il s'agissait la plupart du temps de chemins de petite envergure très âgés puisque des arbres de grande dimension avaient repoussé sur la surface de roulement. Cependant, il ne s'agissait pas de chemins d'hiver et certains étaient même toujours utilisés par des VTT. Enfin, de 2% à 63% des chemins étaient présents uniquement dans le 4e programme. Nous croyons que ces chemins ont été construits après l'inventaire du 3e programme et qu'ils seraient relativement jeunes. Par exemple, la proportion de chemins présents uniquement dans le 4e programme était élevée dans l'UP 53. L'un des deux secteurs inventoriés dans cette UP avait fait l'objet de récoltes au début des années 2000 et aucun chemin construit avant ce chantier n'a été retrouvé avec l'aide des photos aériennes et des images satellites.

Par la suite, la fréquentation des chemins a été analysée par UP pour voir s'il y avait des différences régionales dans le niveau de fréquentation. Le Tableau 10 présente le niveau de fréquentation des 527 km de chemins retracés dans les secteurs d'étude.

Tableau 10 - Niveau de fréquentation des chemins dans les secteurs d'étude des différentes UP

UP	Étendue (km)	Fréquentés	Peu fréquentés	Abandonnés	Indéterminés
46	81	8%	30%	56%	7%
28	95	16%	37%	43%	5%
53	55	21%	44%	32%	3%
92	119	17%	28%	54%	0%
66	76	25%	45%	29%	1%
108	101	15%	18%	65%	1%
Total	527	17%	32%	48%	3%

D'abord, on remarque que près de la moitié des chemins caractérisés dans les secteurs d'études étaient abandonnés, il s'agissait de 48% des chemins au total. Cette proportion variait de 29% à 65% dans les différentes UP. Par la suite, on observe que de 18% à 45% des chemins étaient peu fréquentés. En moindre partie, de 8% à 25% des chemins étaient fréquentés. Enfin, seulement 3% des chemins au total avaient été récemment construits pour des activités forestières (récolte, travaux sylvicoles, etc.). La fréquentation des chemins récents n'a pas pu être déterminée car ceux-ci

n'avaient pas encore de végétation établie pour voir l'effet du passage des véhicules. Lors des inventaires, l'entretien des chemins avait été caractérisé. Toutefois, il s'est avéré que presque uniquement les chemins fréquentés étaient entretenus. Évidemment, les chemins abandonnés n'étaient pas entretenus et les chemins peu fréquentés étaient généralement non entretenus aussi. Quelques rares exceptions ont été observées sur les chemins fréquentés et les chemins peu fréquentés mais pas assez souvent pour que ces situations soient analysées en profondeur. Par exemple, il est arrivé qu'un chemin fréquenté ne soit pas entretenu mais il s'agissait d'un sentier régional de VTT. De plus, il est arrivé qu'un chemin peu fréquenté soit entretenu mais il s'agissait d'un chemin menant à un chalet de villégiature dont les propriétaires en prenaient grandement soin. En résumé, il y avait une grande variabilité dans le niveau de fréquentation des chemins entre les UP. Toutefois, puisqu'il serait étonnant que seuls la localisation géographique et les caractéristiques physiques du territoire influencent le niveau de fréquentation des chemins, d'autres paramètres ont été étudiés pour tenter d'expliquer la variabilité observée.

Les BV qui délimitaient les secteurs d'étude ne couvraient généralement qu'un seul territoire faunique à la fois. Par conséquent, puisqu'il y avait de deux à trois BV par UP (annexe 2), la variabilité dans la fréquentation des chemins entre les UP pourrait être à l'origine d'une différence de fréquentation dans les différents territoires fauniques. Ainsi, le niveau de fréquentation des chemins a été analysé pour chacun des types de territoires fauniques (Tableau 11).

Tableau 11 - Fréquentation des chemins selon les types de territoire faunique

Territoire faunique	Étendue (km)	Fréquentés	Peu fréquentés	Abandonnés	Indéterminés
Pourvoiries à droits exclusifs	158	12%	25%	59%	3%
Réserves fauniques	208	17%	29%	47%	7%
ZEC	162	20%	40%	39%	0%

Tel que démontré au Tableau 11, le niveau de fréquentation des chemins variait passablement en fonction du type de territoire faunique. La proportion de chemins abandonnés était la plus élevée dans les pourvoiries à droits exclusifs (59%) suivie par les réserves fauniques (47%) et les ZEC (39%). Ceci pourrait expliquer partiellement la variabilité observée entre les UP (Tableau 10). Les chemins étaient moins fréquentés dans les pourvoiries à droits exclusifs que dans les autres territoires. Cela n'est pas surprenant puisque l'emplacement des bâtiments, des sites de pêche, des secteurs de chasse et des lieux de villégiature sont choisis par les pourvoyeurs. Ainsi, ils peuvent

localiser ces sites en fonction du réseau routier existant et de manière stratégique, afin d'utiliser un minimum de chemins. De cette façon, ils économisent temps et argent en entretenant qu'une portion stratégique du réseau routier (Leblond, J., communication personnelle, 7 décembre 2016). À l'opposé, dans les ZEC, l'entièreté du territoire est accessible pour les chasseurs et les pêcheurs ce qui les amène à utiliser l'ensemble des chemins. De plus, dans les ZEC, il y a une abondance de chalets de villégiature et de terrains de camping longue durée ce qui soutient une forte occupation humaine tout au long de la saison et ainsi, augmente la circulation sur les chemins (Sirard, S., communication personnelle, 7 décembre 2016). Entre les deux, on retrouve les réserves fauniques de la SÉPAQ dont les chemins sont plus fréquentés que ceux dans les pourvoiries à droits exclusifs mais moins que ceux dans les ZEC. Cela pourrait s'expliquer premièrement par l'absence de baux de villégiature et la rare présence de campings longue durée sur ces territoires. Deuxièmement, il y aurait des activités forestières plus intensives dans les réserves fauniques que dans les pourvoiries et donc, plus de circulation pour la récolte du bois et des travaux sylvicoles. Troisièmement, les réserves fauniques offrent une gamme d'activités très variée. Cette offre requiert l'utilisation de l'ensemble du territoire pour combler les besoins de la clientèle comparativement aux pourvoiries qui ont parfois une spécialité dans un type d'activité (chasse, pêche, etc.). Enfin, il n'y a aucune restriction ou de frais liés à la circulation en véhicule dans les réserves fauniques ce qui peut amener des personnes à circuler librement sur le territoire (Lamarre, J.F., communication personnelle, 7 décembre 2016). En résumé, il a été observé que le type de territoire faunique a une influence sur le taux de fréquentation des chemins. L'influence de ce paramètre pourrait s'expliquer premièrement du fait que les gestionnaires fauniques ont des stratégies différentes d'exploitation du territoire ce qui les amène à utiliser en partie ou en totalité la superficie à leur disposition. Cette particularité aurait donc comme conséquence d'augmenter la fréquentation de certains chemins stratégiques et de réduire celle des autres chemins accessoires. Deuxièmement, il pourrait y avoir une différence dans l'achalandage de ces trois types de territoires, ce qui aurait pour conséquence de diminuer ou d'augmenter la fréquentation de l'ensemble des chemins présents. Cependant, bien que le type de territoire faunique semble avoir une influence notable sur la variabilité de la fréquentation des chemins entre les UP, il existe aussi une grande variabilité à l'intérieur même de ces territoires qui se doit d'être expliquée.

Rapport-Gratuit.com

Manifestement, d'autres caractéristiques seraient susceptibles d'influencer grandement le niveau de fréquentation des chemins. L'une de ces caractéristiques serait sans doute la carrossabilité des chemins. Effectivement, les chemins en mauvais état devraient logiquement être moins utilisés que les chemins en bon état étant donné le temps de parcours plus long, la nécessité d'utiliser un véhicule à quatre roues motrices, voire un VTT, et l'augmentation du risque de bris des véhicules. L'état des chemins forestiers est très variable spatialement et temporellement. Puisque la surface de roulement de ces chemins n'est pas scellée et qu'ils ne sont pas toujours construits avec des matériaux adéquats, ceux-ci se dégradent parfois très rapidement à cause de forts achalandages ou d'intempéries. Pour être préservés dans une bonne condition, ces chemins doivent donc être entretenus sur une base régulière. Ainsi, les chemins entretenus peuvent demeurer en bon état à perpétuité tandis que les chemins non entretenus, peuvent voir leur état se dégrader dramatiquement sur une courte période de temps. Ainsi, l'âge des chemins non entretenus pourrait s'avérer un bon indicateur de leur état. Toutefois, l'âge des chemins forestiers n'était pas inscrit dans la base de données du 3e programme d'inventaire écoforestier et très rarement disponible pour les chemins du 4e programme. Le cas échéant, celle-ci était souvent erronée. De ce fait, n'ayant pas d'information sur l'année de construction des chemins, il a fallu trouver un moyen pour estimer leur âge.

Afin de déterminer l'âge des chemins issus des bases de données gouvernementales ou le cas échéant, de l'estimer le plus précisément possible, les images satellites Landsat ont été utilisées tel que discuté dans la méthodologie. À titre de rappel, puisque ces images sont disponibles uniquement depuis 1982, des photographies aériennes en noir et blanc ont été consultées pour les chemins construits avant cette période. Les images Landsat sont disponibles bimensuellement toute l'année tandis qu'il existe des séries de photos aériennes de manière ponctuelle pour certaines années seulement. Par conséquent, l'âge des chemins ayant moins de 35 ans a pu être déterminé précisément tandis que l'âge des chemins de 36 ans et plus a seulement été estimé avec un âge « minimal ». Les images satellites et les photographies ont permis de retracer avec succès l'âge de la plupart des chemins dans les secteurs d'étude. Ceux-ci ont ensuite été classés selon leur appartenance aux bases de données gouvernementales et dans cinq classes d'âge : 10 ans et moins, 11 à 20 ans, 21 à 30 ans, 31 à 40 ans et plus de 40 ans (Tableau 12). Lorsque l'âge n'a pu être déterminé, ceux-ci ont été classés indéterminés.

Tableau 12 – Âge des chemins en fonction de leur appartenance aux bases de données gouvernementales

Classe d'âge	Étendue (km)	10 ans et moins	11 à 20 ans	21 à 30 ans	31 à 40 ans	Plus de 40 ans	Indéterminé
Chemins récents	21	84%	9%	0%	0%	0%	7%
Présents uniquement dans le 4e	137	28%	43%	17%	5%	6%	2%
Présents dans le 3e et dans le 4e	202	0%	0%	46%	8%	30%	16%
Présents dans le 3e mais absents du 4e	97	0%	0%	30%	35%	23%	11%
Absents du 3e et du 4e	70	0%	0%	8%	4%	81%	8%

D'abord, on remarque au Tableau 12 que les chemins absents du 3e et du 4e programme étaient tous âgés de plus de 21 ans et que la grande majorité avait plus de 40 ans (81%). Au niveau des chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e, ils avaient aussi tous plus de 21 ans mais ceux-ci étaient répartis plus uniformément dans les classes 21 à 30 ans (30%), 31 à 40 ans (35%) et plus de 40 ans (23 %). Du côté des chemins présents dans le 3e et le 4e programme, ils avaient aussi tous plus de 21 ans mais il y en avait un peu moins dans la classe 31 à 40 ans (10%) et un peu plus dans la classe 21 à 30 ans (46%). C'est lorsque que les chemins étaient uniquement cartographiés dans le 4e programme qu'il y avait un changement dans la tendance de l'âge des chemins. En effet, ces chemins avaient pour la plupart un âge inférieur à 30 ans. Enfin, presque la totalité des chemins récemment construits avaient 10 ans et moins (88%) tandis qu'une petite portion (9%) était dans la classe 11 à 20 ans. En résumé, les chemins rencontrés sur le terrain, qui n'étaient pas présents dans les bases de données au moment de l'inventaire, étaient soient de vieux chemins, pour la plupart abandonnés, qui n'avaient jamais été cartographiés ou des chemins récents qui n'avaient pas encore été ajoutés à la base de données. Les chemins récents dans la classe 11 à 20 ans seraient donc dû à des retards, voire un oubli, dans la mise à jour de la cartographie. Les chemins qui étaient cartographiés dans le 3e programme, étaient tous au moins âgés de 21 ans. Ceci est tout à fait cohérent avec la période d'inventaire écoforestier du 3e programme qui a eu lieu entre 1990 et 1996 dans les secteurs d'étude (annexe 3). Enfin, les chemins présents uniquement dans le 4e programme étaient généralement des chemins construits récemment après le 3e programme d'inventaire écoforestier sauf quelques exceptions dues à des erreurs cartographiques.

Il a été démontré dans les dernières sections qu'il y avait une variabilité du niveau de fréquentation des chemins dans les UP et que cela pourrait s'expliquer en partie par le type de territoire faunique.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

De plus, il a été démontré que la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales permettait d'estimer l'âge des chemins. Ainsi, la fréquentation des chemins a été analysée une fois de plus mais cette fois ci en fonction du type de territoire faunique et de la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales, qui est un indicateur de leur âge. D'abord, la fréquentation des chemins qui étaient présents dans le 3e programme mais absents du 4e a été analysée (Tableau 13).

Tableau 13 - Fréquentation des chemins du 3e programme absents du 4e dans les territoires fauniques

Territoire faunique	Étendue (km)	Fréquentés	Peu fréquentés	Abandonnés
Pourvoiries à droits exclusifs	48	0%	20%	80%
Réserves fauniques	9	0%	11%	89%
ZEC	40	10%	26%	64%
Total	97	5%	21%	74%

On remarque dans ce tableau que la majorité des chemins du 3e programme qui n'ont pas été intégrés à la base de données du 4e programme étaient abandonnés, soit de 64% à 89%, ce qui appuie l'hypothèse que ceux-ci seraient dans plusieurs cas des chemins en mauvais état, non utilisés et refermés par la végétation. Cependant, de 11% à 26% de ces chemins étaient peu fréquentés et même que jusqu'à 10% d'entre eux étaient fréquentés dans les ZEC. Dans le cas de ces chemins qui étaient peu fréquentés, ils avaient une mise en forme marquée. Ceux-ci semblent avoir été supprimés de la base de données puisqu'ils étaient sous un couvert forestier et utilisés uniquement par des VTT, donc, peu ou pas visibles à l'aide de photos aériennes. Dans le cas des chemins qui étaient fréquentés, il s'agissait tous de tronçons de chemin manquants dans un tronçon continu plus grand ce qui ressemble fortement à une erreur dans la base de données plutôt qu'à une suppression volontaire. Tout comme observé au Tableau 11, le niveau de fréquentation dans les ZEC était le plus élevé. Cependant, contrairement aux résultats de ce même tableau, le niveau d'abandon était plus élevé dans les réserves fauniques mais cela pourrait s'expliquer par le petit échantillon recueilli sur ces territoires (seulement 9 km de chemins).

Dans le même ordre d'idées, puisque beaucoup de chemins, excepté ceux qui avait été construits récemment, étaient absents des bases de données gouvernementales du 3e et du 4e programme, la fréquentation de ceux-ci a été étudiée en fonction des différents territoires fauniques (Tableau 14).

Tableau 14 - Fréquentation des chemins absents du 3e et du 4e programme d'inventaire dans les territoires fauniques

Territoire faunique	Étendue (km)	Fréquentés	Peu fréquentés	Abandonnés
Pourvoiries à droits exclusifs	3	0%	0%	100%
Réserves fauniques	39	0%	5%	95%
ZEC	28	0%	16%	84%
Total	70	0%	9%	91%

Tout comme les chemins du 3e programme qui n'ont pas été intégrés à la base de données du 4e programme, les chemins totalement absents de ces deux bases de données étaient majoritairement abandonnés. Quelques-uns étaient peu fréquentés mais aucun n'était fréquenté.

Par la suite, la classification des chemins dans le 4e programme a été comparée avec le niveau de fréquentation observé sur le terrain afin de vérifier si l'attribut indiquant la classe du chemin, fourni dans la base de données du 4e programme, serait un bon indicateur de sa fréquentation. Puisque les chemins des secteurs d'étude cartographiés dans le 4e programme étaient presque tous de classe 4 (39%) ou non classés (51%), ce sont ces deux classes qui ont été comparées au niveau de la fréquentation (Tableau 15). Ce tableau contient donc les chemins uniquement présents dans le 4e programme et les chemins présents dans le 3e et dans le 4e programme.

Tableau 15 - Fréquentation des chemins identifiés dans le 4e programme de classe 4 et non classés en fonction du type de territoire faunique

Territoire faunique	Classe 4				Non classé			
	Étendue (km)	Fréqu.	Peu fréqu.	Aban.	Étendue (km)	Fréqu.	Peu fréqu.	Aban.
Pourvoiries à droits exclusifs	45	26%	39%	35%	53	10%	23%	67%
Réserves fauniques	69	40%	38%	22%	72	5%	42%	53%
ZEC	30	78%	18%	4%	61	8%	72%	21%
Total	144	44%	34%	22%	62	7%	46%	47%

On remarque toujours la même tendance au Tableau 15, soit que le niveau de fréquentation le plus élevé était dans les ZEC et que le plus faible était dans les pourvoiries. Par exemple, les chemins de classe 4 étaient fréquentés en moyenne à 78% dans les ZEC et à 26% dans les pourvoiries. La Figure 4 illustre la grande variabilité de l'utilisation des chemins de classe 4 retrouvés dans les secteurs d'étude.

a) Chemin de classe 4 fréquenté construit avant 1981

b) Chemin de classe 4 peu fréquenté construit en 1988

c) Chemin de classe 4 abandonné construit en 2000

Figure 4 - Exemple de chemins de classe 4 ayant différents niveaux de fréquentation

Cette grande variabilité dans le niveau de fréquentation des chemins d'une même classe pourrait s'expliquer par le fait que les chemins sont conçus initialement pour les besoins de la récolte forestière mais qu'ensuite, les besoins des autres usagers peuvent s'avérer différents. Par conséquent, en moyenne, on observe que les chemins de classe 4 étaient fréquentés à 48%, peu fréquentés à 32% et abandonnés, dans 20% des cas. Au niveau des chemins non classés, on remarque que ceux-ci étaient beaucoup moins fréquentés. Ils étaient généralement peu fréquentés (51 %) ou abandonnés (43 %). Toutefois, il y avait une minorité de chemins non classés qui étaient fréquentés (5 %). Ces résultats indiquent que les chemins de classe 4 étaient beaucoup plus utilisés que les chemins non classés. Ces résultats ne sont pas surprenant car les chemins non classés sont par définition en mauvais état étant donné qu'ils sont uniquement carrossables avec des véhicules à quatre roues motrices.

En somme, les résultats indiquent que le type de territoire faunique expliquait en partie le niveau de fréquentation global des chemins (Tableau 11). De plus, les chemins de classe 4 dans la base de données du 4e programme étaient beaucoup plus fréquentés que les chemins non classés. Quant aux chemins du 3e programme qui n'ont pas été intégrés au 4e programme, ceux-ci étaient majoritairement abandonnés ou, en moindre mesure, peu fréquentés. Enfin, les chemins absents de ces deux bases de données qui n'avaient pas été construits récemment étaient surtout abandonnés. Suite à ces observations, les bases de données du 3e et du 4e programme ont pu être utilisées pour

dénombrer et estimer la fréquentation des chemins à plus grande échelle dans les UP. Cependant, les vieux chemins refermés absents de ces deux bases de données, retrouvés lors des inventaires terrains ou par le biais des photos aériennes, n'ont pas été considérés dans le dénombrement puisqu'il n'a pas été possible d'analyser ces photos pour l'ensemble de la superficie des UP. Ces chemins non cartographiés dans le 3e et dans le 4e programme pourraient augmenter, de façon importante, l'étendue des chemins abandonnés dans certains secteurs, comme par exemple, dans l'UP 108 (Tableau 9). Quant aux chemins récents non cartographiés, ils ont aussi été ignorés dans le dénombrement des chemins puisque très peu ont été retrouvés et l'évaluation de leur nombre à grande échelle serait très imprécise. De plus, les chemins d'hiver, les chemins de classe inconnue et les chemins forestiers n'ont pas été considérés. Le Tableau 16 présente les proportions des différents chemins obtenus par l'analyse spatiale des bases de données du 3e et du 4e programme dans les différentes UP.

Tableau 16 – Nombre total de kilomètres de chemin dans les UP

UP	Étendue (km)	Classes HN, 1, 2 et 3	Classe 4 et 5	Non classé	Chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e
46	6736	7%	27%	64%	3%
28	4385	3%	26%	51%	20%
53	9513	8%	57%	2%	33%
92	7150	3%	21%	42%	34%
66	3631	1%	51%	32%	16%
108	4567	3%	57%	29%	11%
Total	35982	5%	40%	34%	22%

Au Tableau 16, les chemins de classe hors norme, 1, 2 et 3 ont été regroupés puisqu'il s'agit de chemins de grande envergure entretenus et fortement utilisés. Ensuite, les chemins de classe 4 et 5 ont aussi été regroupés puisque la classe de chemin 5 est utilisée seulement depuis 2013 et par conséquent, ces chemins étaient peu nombreux. À titre d'exemple, il y avait uniquement 1092 km de chemins de classe 5 dans les six UP (annexe 8) ce qui représentait 7,7% du regroupement « classe 4 et 5 ». On remarque en premier lieu que les chemins primaires (classes HN, 1, 2, 3) ne représentaient que 5% du nombre total de chemins tandis que les chemins moins importants (classes 4, 5, NC) étaient très nombreux et représentaient 74% des chemins. Enfin, les chemins du 3e programme qui n'ont pas été intégrés au 4e programme ou supprimés représentaient 22% des

chemins ce qui démontre la sous-estimation de l'étendue du réseau routier par la base de données du 4e programme.

En émettant l'hypothèse que les chemins de classe HN et 1 à 3 étaient fréquentés à 100% et en pondérant les niveaux de fréquentation des chemins de classe 4 (Tableau 15), non classés (Tableau 15) et présents dans le 3e programme mais absents du 4e (Tableau 13) pour chacun des territoires fauniques structurés, il a été possible d'estimer le niveau de fréquentation des chemins des territoires fauniques dans les UP. Pour les territoires libres situés à l'intérieur des UP, le niveau de fréquentation moyen observé dans les différents territoires fauniques a été utilisé puisqu'aucun inventaire n'a été fait sur ces territoires. Le Tableau 17 présente le niveau fréquentation estimé pour les différentes UP.

Tableau 17 – Fréquentation des chemins dans les UP

UP	Étendue (km)	Fréquentés	Peu fréquentés	Abandonnés
46	6736	27%	42%	31%
28	4385	18%	36%	46%
53	9513	39%	26%	35%
92	7150	19%	36%	45%
66	3631	33%	35%	32%
108	4567	36%	36%	29%
Total	35982	29%	34%	37%

Ces résultats indiquent qu'il y avait une grande variabilité du niveau de fréquentation dans les différentes UP. La portion de chemins fréquentés était au total de 29% et elle variait de 18% à 39%. Quant aux chemins peu fréquentés, la proportion était au total de 34% et elle variait de 26% à 42%. Enfin, il y avait au total 37% des chemins totalement abandonnés et cette proportion variait de 29% à 46%. Le haut taux de fréquentation des chemins dans l'UP 53 pourrait être expliqué par l'absence de chemins non classés dans ce secteur. À l'opposé, dans les UP 28 et 92, la proportion de chemins abandonnés y était très élevée. Dans le cas de l'UP 28, la grande proportion du territoire occupée par une réserve faunique expliquerait le faible taux de fréquentation tandis celui-ci serait faible dans l'UP 92 à cause de la forte proportion de chemins du 3e programme disparus dans le 4e. Enfin, dans l'UP 108, la proportion de chemins abandonnés pourrait y être beaucoup plus élevée étant donné que plusieurs chemins absents du 3e et du 4e programme y ont été retrouvés mais non comptabilisés dans cet exercice.

Au niveau de l'entretien des chemins, il a été observé lors des inventaires terrain que les chemins peu fréquentés étaient généralement non entretenus et qu'évidemment, les chemins abandonnés l'étaient aussi. Toutefois, malgré qu'une proportion importante des chemins fréquentés était entretenue, certains d'entre eux ne l'étaient pas. Globalement, dans les secteurs d'étude, il y avait 35% des chemins fréquentés qui n'étaient pas entretenus. En considérant que les chemins de classe HN, 1, 2, et 3 sont tous entretenus et que les autres chemins fréquentés sont entretenus à 65%, il y aurait dans les UP 21% de chemins entretenus et 79% non entretenus.

3.2 Quantité, localisation et état des traverses de cours d'eau

Lorsque se faisait l'inventaire des chemins forestiers, chaque traverse de cours d'eau retrouvée sur ceux-ci était inspectée visuellement pour déterminer son état. Les traverses de cours d'eau retrouvées dans les secteurs d'étude étaient pour la plupart fabriquées de bois, de plastique ou de tôle d'acier ondulée galvanisée.

Le Tableau 18 présente les différents types de traverses de cours d'eau retrouvées sur les chemins inventoriés. Dans ce tableau, les chemins ont été classés en fonction de leur appartenance aux bases de données gouvernementales puisque cela permettait d'avoir un portrait de l'utilisation des différents types traverses de cours d'eau au fil du temps. En effet, tel que discuté précédemment, l'appartenance des chemins aux bases de données gouvernementales était un indicateur de l'âge des chemins (Tableau 12). De plus, les chemins présents dans le 3e et dans le 4e programme ont été séparés selon leur classe (04 et NC) pour avoir un indice sur leur niveau de fréquentation. À titre de rappel, les chemins de classe 4 étaient fréquentés à 48%, peu fréquentés à 32% et abandonnés à 22% tandis ceux non classés étaient fréquentés à 7%, peu fréquentés à 46% et abandonnés à 47% (Tableau 15).

Tableau 18 - Types de traverse en fonction de la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales

Présence dans les bases de données	Classe	Nombre	Bois	Plastique	TTOG	Traverse disparue	Traverse enfouie castor	Traverse manquante	Autre
Absent 3e et 4e	-	15	47%	0%	7%	0%	0%	47%	0%
Présent 3e mais absent du 4e	-	51	29%	0%	2%	22%	22%	25%	0%
Présents 3e et 4e	04	94	14%	12%	57%	1%	2%	12%	2%
	NC	118	36%	6%	14%	14%	8%	22%	0%
Présents uniquement 4e	04	54	4%	69%	26%	0%	0%	2%	0%
	NC	32	13%	38%	13%	3%	9%	25%	0%
Chemins récents	-	10	0%	70%	30%	0%	0%	0%	0%

On remarque d'abord qu'il y avait principalement des traverses en bois (47%) et des traverses manquantes (47%) sur les chemins absents du 3e et du 4e programme. La forte proportion de traverses en bois pourrait s'expliquer par le fait que ces chemins étaient pour la plupart très vieux (+ de 40 ans, Tableau 12) et abandonnés (Tableau 14). Il y avait aussi une forte proportion de traverses manquantes qui pourrait s'expliquer par la mise en forme de ces chemins. Ceux-ci n'avaient généralement pas de fossés ce qui n'empêchait pas les petits cours d'eau intermittents de couler sur le chemin. La seule traverse en TTOG retrouvée sur ce type de chemin était sur un chemin de service menant à des bâtiments de la SEPAQ. Étant donné que ce chemin n'a pas été construit pour la récolte forestière, cela pourrait expliquer pourquoi il n'était pas répertorié dans les bases de données. Par la suite, sur les chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e, les mêmes types de traverse s'y retrouvaient, soit 29% de traverses en bois et 25% de traverses manquantes. Toutefois, il y avait en plus des traverses disparues (22%) et des traverses enfouies par le castor (22%). De même que les chemins absents du 3e et du 4e programme, il s'agissait ici de vieux chemins (+ de 21 ans, Tableau 12) et pour la plupart abandonnés (Tableau 14) ce qui expliquerait l'utilisation du bois comme matériel de construction principal. Une seule traverse en TTOG a été retrouvée sur ces chemins. Elle était située sur un tronçon non cartographié dans le 4e programme mais il s'agissait fort probablement d'une erreur cartographique car les autres tronçons de chemin à proximité étaient présents dans cette base de données. Par la suite, les chemins présents dans le 3e et dans le 4e programme étaient généralement âgés de plus de 21 ans (Tableau 12). L'âge élevé de ces chemins expliquerait pourquoi on y retrouvait des traverses en bois (14 à 36%). La majorité des traverses sur les chemins de classe 4 étaient en TTOG (57%) et il y avait aussi un peu de traverses en plastique (12%). On remarque, toujours pour les chemins de classe 4,

qu'il y avait peu de traverses disparues, de traverses enfouies par le castor et de traverses manquantes. Cette répartition des différents types de traverses pourrait s'expliquer par l'entretien de certain de ces chemins puisque sur ceux non classés, il y avait une quantité plus importante de traverses en bois, de traverses disparues, de traverses enfouies par le castor et de traverses manquantes. Quant aux chemins présents uniquement dans le 4e programme, on remarque qu'il y avait beaucoup plus de traverses en plastique (38 à 69%) que sur les chemins qui étaient aussi présents dans le 3e programme. Cela peut s'expliquer par le fait que ces chemins étaient moins âgés, soit généralement moins de 20 ans (Tableau 12). De plus, il y avait aussi moins de traverses en bois, de traverses disparues, de traverses enfouies par le castor et de traverses manquantes que sur les chemins aussi présents dans le 3e programme. Cela peut aussi expliquer par l'âge peu élevé de ces chemins. Enfin, sur les chemins construits récemment, uniquement deux types de traverses ont été retrouvées, soit des traverses en plastique (70%) et des traverses en TTOG (30%). De par ces observations, on remarque que la présence des chemins dans les bases de données était un bon indicateur du type de traverses de cours d'eau qui s'y retrouvait.

Puisque la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales était un indicateur de l'âge des chemins et du type de traverses qui s'y retrouvaient, une analyse a été effectuée afin de voir si ce paramètre permettrait d'estimer l'état des traverses qui devrait fort probablement se détériorer au fil du temps (Tableau 19).

Tableau 19 - État structural des traverses de cours d'eau en fonction de la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales

Présence dans les bases de données	Nombre	Bon	Acceptable	Médiocre	Critique	Non fonctionnel	Inconnu
Absents 3e et 4e	8	0%	0%	13%	13%	75%	0%
Présents 3e programme mais absents du 4e	38	0%	0%	3%	21%	74%	3%
Présents 3e et 4e	193	20%	16%	14%	15%	32%	3%
Présents uniquement 4e	80	51%	21%	13%	1%	10%	4%
Chemins récents	10	60%	30%	10%	0%	0%	0%

Tout d'abord, on observe dans ce tableau que les traverses situées sur les chemins absents du 3e et du 4e programme étaient très dégradées. La plupart d'entre elles étaient dans un état non fonctionnel, soit 75% d'entre-elles. Les autres étaient dans un état médiocre (13%) ou critique (13%). Ensuite, les traverses qui étaient sur les chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e

Rapport-Gratuit.com

étaient autant dans un mauvais état. Par conséquent, sur les chemins absents du 3e et du 4e programme, ainsi que sur les chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e, la majorité des traverses en bois étaient détruites ou partiellement détruites. Dans certains cas, ces traverses avaient complètement disparues ce qui éliminait l'obstruction du cours d'eau tandis que dans d'autres cas, les traverses causaient encore des obstructions, notamment, les traverses en bois affaissées dont le remblai était composé de grosses pierres (Figure 5).

Figure 5 – Traverse en bois affaissée dans un état non fonctionnel

Sur les chemins présents dans le 3e et le 4e programme, l'état des traverses était très variable. Il y avait 20% des traverses en bon état et 32% des traverses dans un état non fonctionnel, le reste des traverses était réparti uniformément dans les états acceptable, médiocre et critique. Du côté des chemins uniquement cartographiés dans le 4e programme, soit des chemins généralement plus récents, les traverses étaient dans un bien meilleur état. 51% de ces traverses étaient dans un état bon, 21% étaient dans un état acceptable et 13% étaient dans un état médiocre. Les traverses dans l'état critique et non fonctionnel étaient en grande partie des traverses enfouies par le castor ou en moindre partie des traverses en bois. Enfin, tel que discuté plus haut, les traverses sur les chemins récents étaient uniquement construites à partir de tuyaux en plastique ou en TTOG. Puisque ces traverses étaient récentes, elles étaient sans surprise en bon état, soit, 60% dans l'état bon et 30% dans l'état acceptable. La seule traverse dans un état médiocre retrouvée sur les chemins récents était une traverse en plastique dont l'extrémité avait été écrasée lors de l'installation.

Par la suite, une analyse semblable a été menée afin de voir si l'état des traverses pouvait être déterminé plus précisément en utilisant l'information contenue dans la base de données du 4e programme, c'est-à-dire, en utilisant les classes de chemin comme indicateur (Tableau 20). En plus

de la classe de chemin, la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales a été utilisée conjointement afin d'obtenir un portrait le plus précis possible.

Tableau 20 - État structural des traverses de cours d'eau en fonction de la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales et des classes de chemin

Présence dans les bases de données	Classe de chemin	Nombre	Bon	Acceptable	Médiocre	Critique	Non fonctionnel	Inconnu
Présents 3e et 4e	Classe 4	87	28%	22%	18%	17%	9%	6%
	NC	92	9%	11%	10%	12%	59%	0%
Présents uniquement 4e	Classe 4	54	56%	26%	7%	2%	4%	6%
	NC	24	42%	8%	25%	0%	25%	0%

Les résultats présentés au Tableau 20 permettent d'observer que la présence des chemins dans les bases de données combinée à leur classe permettait d'estimer de façon cohérente l'état des traverses de cours d'eau. En effet, on remarque que, pour une même classe de chemins, les traverses situées sur les chemins plus vieux, soit ceux présents dans le 3e programme étaient en moins bon état que celles sur les chemins plus récents, soit ceux présents uniquement dans le 4e programme. Par exemple, sur les chemins de classe 4, 28% des traverses étaient en bon état sur les chemins présents dans le 3e programme tandis que 56% des traverses étaient en bon état sur les chemins présents uniquement dans le 4e programme. De plus, on remarque que les traverses étaient en moins bon état sur les chemins non classés que sur les chemins de classe 4. Cela peut s'expliquer par le fait que les chemins non classés sont non entretenus tandis que certains chemins de classe 4 sont entretenus.

Afin de pouvoir dresser un portrait global de l'état des traverses de cours d'eau dans les UP, il a aussi fallu déterminer le nombre de traverses de cours d'eau dans chacun de ces territoires. Au départ, la méthode la plus intuitive pour déterminer le nombre de traverses de cours d'eau a été de faire l'intersection des chemins du 4e programme avec les cours d'eau du *Cadre de référence hydrologique du Québec* (CRHQ) à l'aide d'un système d'information géographique (SIG). Toutefois, cet exercice s'est avéré non concluant puisque :

1) Plusieurs petits cours d'eau n'étaient pas cartographiés.
2) Ce n'était pas tous les chemins qui étaient présents dans la base de données du 4e programme tel que discuté précédemment.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3) Certaines traverses identifiées par intersection étaient des erreurs.

En effet, il arrivait que certains chemins croisaient les cours d'eau sur les couches vectorielles mais qu'ils ne les croisaient pas en réalité ce qui constituait des erreurs (point 3). Cette situation se produisait lorsque le chemin longeait de près un cours d'eau et que les deux se chevauchaient à cause de l'imprécision de la cartographie. De plus, il arrivait qu'un chemin croise la tête d'un cours d'eau tandis qu'en réalité, le cours d'eau était moins long de ce qui était cartographié et ne le croisait pas. Enfin, il arrivait qu'un cours d'eau cartographié n'existait pas réellement sur le terrain. Dans tous les cas, ces situations étaient causées par un manque de précision dans les bases de données spatiales des chemins et des cours d'eau. Le Tableau 21 présente la fréquence d'occurrence des quatre situations possible : vraie traverse, cours d'eau non cartographié, chemin non cartographié et erreur cartographique.

Tableau 21 – Comparaison entre les traverses de cours d'eau identifiées à l'aide du croisement des chemins du 4e programme d'inventaire et des cours d'eau avec celles observées sur le terrain

Situation	Fréquence
Vraie traverse	182
Cours d'eau non cartographié	151
Chemin non cartographié	60
Erreur cartographique	56

On remarque dans ce tableau que le nombre total de traverses généré par l'intersection entre les chemins et les cours d'eau était de 238, soit, les vraies traverses additionnées des erreurs cartographiques. De ce fait, 24% des traverses identifiées par intersection étaient des erreurs. Ensuite, en prenant le nombre total de traverses réelles dans les secteurs d'étude (393), soit les vraies traverses additionnées des cours d'eau non cartographiés et des chemins non cartographiés, on note qu'uniquement 46% des traverses (182 vraies traverses) ont été identifiées correctement par l'intersection. De plus, 151 traverses sur 393, soit 38%, n'ont pu être identifiées par l'intersection puisqu'elles étaient situées sur des petits cours d'eau non cartographiés. Enfin, 60 traverses sur 393, soit 15% n'ont pu être identifiées puisqu'elles étaient sur des chemins absents du 4e programme. En résumé, les bases de données gouvernementales actuelles, soit la base de données de chemins du 4e programme et la base de données des cours d'eau du CRHQ, se sont avérées trop incomplètes pour identifier de manière satisfaisante, le nombre total de traverses de cours d'eau dans les secteurs d'étude.

Afin de palier au problème exposé ci-haut, le nombre de traverses de cours d'eau a tout simplement été déterminé en utilisant le nombre de traverses par kilomètre de chemin observé (Tableau 22). Cet exercice a été fait par UP puisque les caractéristiques physiques de ces territoires telles que les types de sol, les pentes, les dépôts de surface et le climat pourraient grandement influencer la densité du réseau de drainage. De plus, l'exercice a aussi été fait par classe de chemin du 4e programme et par la présence des chemins dans le 3e et dans le 4e programme afin de voir si l'envergure du chemin aurait une influence sur le nombre de traverses de cours d'eau. En effet, les chemins tertiaires de plus petite envergure pourraient avoir été construits de manière à traverser le moins de cours d'eau possible pour diminuer les coûts.

Tableau 22 - Nombre de traverses de cours d'eau par kilomètre de chemin en fonction de l'appartenance aux bases de données gouvernementales, des classes de chemins et des UP

UP	Présents 3e et absents 4e	Non classé	Classe 4	Moyenne
46	-	1,4	0,9	1,1
28	1,4	0,8	1,8	1,1
53	0,9	-	1,1	1,1
92	0,8	1,5	1,9	1,5
66	0,7	0,9	0,4	0,7
108	-	0,6	0,9	0,7
Moyenne	1,0	1,0	1,1	1,0

D'abord, on remarque dans ce tableau qu'il n'y avait pas suffisamment de données pour les chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e dans les UP 46 et 108 ainsi que pour les chemins non classés de l'UP 53. De plus, on remarque qu'il n'y avait pas vraiment de tendance marquée du nombre de traverse par kilomètre entre les différents types de chemin où les données étaient en nombre suffisant (UP 28, 92 et 66). Cependant, en observant la moyenne par UP, il est possible de voir qu'il y avait une différence marquée entre les UP situées sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent (UP 66 et 108) comparativement à celles situées sur la rive nord (UP 46, 28, 53 et 92). En effet, la moyenne était de 0,7 traverse/km sur la rive sud et plus de 1,1 traverse/km sur la rive nord. Ainsi, puisque les caractéristiques du chemin ne semblaient pas avoir d'influence sur le nombre de traverse par kilomètre de chemin, uniquement la moyenne par UP a été retenue pour estimer le nombre de traverses sur les chemins.

Par la suite, afin d'estimer l'état des traverses de cours d'eau à plus grande échelle dans les UP, plusieurs analyses présentées précédemment ont été utilisées. Toutefois, des hypothèses ont dues être formulées pour estimer l'état des traverses de cours d'eau sur les chemins de classe HN, 1, 2, 3 et 5 car très peu de ces chemins ont été inventoriés dans les secteurs d'étude. L'état des traverses sur ces chemins a été estimé avec l'état observé sur les chemins de classe 4 qui eux, étaient très nombreux dans les secteurs d'étude. La classe de chemin 5 est assez récente et ces chemins sont uniquement présents dans les UP 66 et 108 jusqu'à maintenant (annexe 8). Ensuite, les chemins absents du 3e et du 4e programme n'ont pas été considérés dans l'analyse parce que leur nombre exact est inconnu et que peu d'entre eux ont été inventoriés sur le terrain. En effet, la plupart ont été retrouvés grâce à l'observation de photos aériennes après les inventaires terrain et les traverses de cours d'eau n'y ont pas été caractérisées. Quant aux chemins récents non cartographiés, quelques-uns ont été inventoriés mais l'échantillon recueilli est très petit et leur répartition sur le territoire pourrait être très hétérogène. Par conséquent, ils ont aussi été ignorés pour la détermination de l'état des traverses à grande échelle dans les UP. Enfin, cinq catégories de chemin ont été créées pour appliquer les statistiques sur l'état des traverses de cours d'eau :

1) Les chemins présents uniquement dans le 4e programme de classe HN, 1, 2, 3, 4, 5.
2) Les chemins non classés présents uniquement dans le 4e programme.
3) Les chemins présents dans le 3e et dans le 4e programme de classe HN, 1, 2, 3, 4, 5.
4) Les chemins non classés présents dans le 3e et dans le 4e programme.
5) Les chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e.

Le Tableau 23 présente l'état des traverses de cours d'eau estimé situées sur les chemins du 3e et du 4e programme cartographiés dans les UP.

Tableau 23 - État des traverses de cours d'eau dans les UP

UP	Nombre	Bon	Acceptable	Médiocre	Critique	Non fonctionnel
46	6210	30%	16%	15%	8%	31%
28	3963	23%	13%	12%	12%	40%
53	9296	34%	18%	9%	12%	27%
92	9326	21%	11%	11%	13%	44%
66	2206	31%	17%	13%	11%	28%
108	2964	40%	20%	12%	8%	20%
Total	33965	30%	16%	12%	11%	31%

On remarque que l'état des traverses de cours d'eau varie passablement entre les UP. Par exemple, on retrouve entre 21 et 38% de traverses de cours d'eau dans l'état bon et entre 20 à 44% dans l'état non fonctionnel. En additionnant les traverses de cours dans les états médiocre, critique et non fonctionnel, on obtient des proportions totales de traverses dégradées de 40 à 67%. La quantité de traverses de cours d'eau estimée en mauvais état sur les chemins des UP étudiés est donc très importante.

Enfin, puisqu'aucun état structural ne pouvait pas être attribué aux traverses manquantes, celles-ci ont été comptabilisées séparément pour chacune des UP (Tableau 24).

Tableau 24 - Proportion de traverses manquantes dans les UP

UP	Nombre total de traverses	Nombre de traverses manquantes	%
46	7524	1328	18%
28	4874	916	19%
53	10618	1338	13%
92	11624	2298	20%
66	2595	396	15%
108	3381	424	13%

On remarque dans ce tableau qu'il y avait une quantité importante de traverses manquantes dans les UP allant de 13 à 20% du nombre total de traverses. Évidemment, les traverses manquantes étaient situées sur des petits cours d'eau, pour la plupart du temps, intermittents. Dépendamment des endroits, les traverses manquantes causaient des problèmes d'érosion majeurs. Dans d'autres cas, les dommages observés aux chemins étaient mineurs, notamment, lorsque ces cours d'eau intermittents étaient canalisés dans un fossé de drainage. Toutefois, puisque les fossés de drainage

des chemins forestiers ne sont pas conçus pour résister à l'érosion, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas stabilisés à l'aide de végétation ou d'un enrochement, il est important de limiter au maximum les quantités d'eau qu'ils doivent faire transiter en évacuant celle-ci le plus vite possible en mettant en place des traverses de cours d'eau. À titre indicatif, le nombre de traverses manquantes a été estimé sur les chemins présents dans les bases de données du 3e et/ou du 4e programme d'inventaire tout comme pour estimer le nombre de traverses de cours d'eau précédemment.

3.3 Durée de vie des traverses de cours d'eau

Tel que discuté précédemment, les traverses de cours d'eau retrouvées sur le terrain étaient, mis à part quelques exceptions, composées de bois, de plastique ou de TTOG. Ces traverses étaient dans des états variables dépendamment de leur matériel (Tableau 25). De plus, des traverses disparues et des traverses enfouies par le castor dont les matériaux n'ont pas pu être caractérisés ont aussi été retrouvées sur les chemins. Seulement deux traverses étaient composées d'autres matériaux comme du béton et des plaques d'acier.

Tableau 25 - État structural des différents types de traverses de cours d'eau

Type de traverse	Nombre	Bon	Acceptable	Médiocre	Critique	Non fonctionnel	Inconnu
Bois	83	0%	4%	14%	29%	53%	0%
Plastique	79	56%	29%	11%	0%	0%	4%
TTOG	110	40%	21%	16%	14%	5%	5%
Traverse disparue	30	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Traverse enfouie castor	25	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Autre	2	0%	50%	50%	0%	0%	0%

Les traverses de cours d'eau en bois avaient pour la plupart atteint leur fin de vie utile car 29% étaient dans un état critique et 53% étaient dans un état non fonctionnel. À l'opposé, les traverses de cours d'eau en plastique étaient pour la plupart dans un bien meilleur état, 56% d'entre elles étaient en bon état et 29% étaient dans un état acceptable. Par la suite, les traverses en TTOG, se situaient entre les deux car un peu plus de la moitié de ces dernières étaient en bon état (40%) ou acceptable (21%). Par ailleurs, les traverses disparues et les traverses enfouies par le castor ont toutes été classées dans l'état non fonctionnel puisqu'elles étaient partiellement ou complètement détruites. Afin d'estimer la durée de vie des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en acier, leur âge a premièrement dû être déterminé principalement à l'aide d'image satellite et de photos aériennes tel

qu'expliqué dans la méthodologie. Par la suite, dépendamment du type de traverses de cours d'eau, des analyses spécifiques ont été menées pour déterminer les causes de leur détérioration.

3.3.1 Traverses de cours d'eau en bois

Les traverses en bois retrouvées lors des inventaires étaient simplement composées de deux billes de bois rond déposées de chaque côté du cours d'eau. Ces billes étaient déposées soit sur la berge ou directement sur le lit du cours d'eau. Par la suite, des billes de plus petit diamètre étaient clouées perpendiculairement sur les billes d'assise pour créer un tablier (Figure 6). Enfin, cette structure de bois était remblayée avec des matériaux granulaires.

Figure 6 - Exemple d'un ponceau de bois typique (extrémité à gauche et intérieur à droite)

Au total, 83 traverses en bois ont été retrouvées dans les secteurs d'étude. Puisque plusieurs d'entre elles étaient partiellement submergées par des étangs à castor (encore assez visibles pour ne pas être caractérisées de traverse enfouie castor) ou dans un état de dégradation avancé, leurs dimensions (portée et hauteur libre) ont uniquement pu être relevées sur 57 d'entre elles (Figure 7).

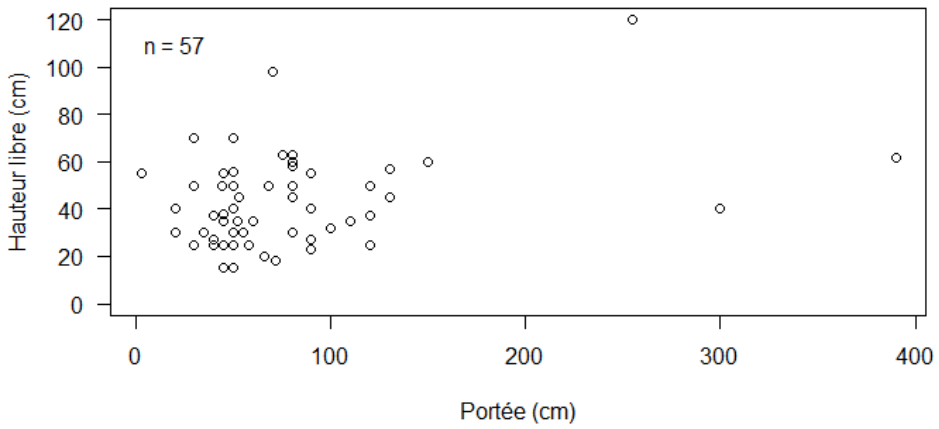


Figure 7 - Portée et hauteur libre des traverses en bois

On remarque que la plupart des traverses en bois qui ont pu être mesurées avaient une portée entre 20 à 130 cm et que leur hauteur libre était entre 10 et 70 cm. Quelques traverses se démarquaient par leur longue portée allant jusqu'à près de 400 cm et une hauteur libre plus élevée allant jusqu'à 120 cm. Afin de comparer les dimensions des traverses en bois à celles en TTOG et en plastique, leur dimension a aussi été exprimée en l'équivalent du diamètre d'un tuyau circulaire qui aurait la même aire d'évacuation (Figure 8).

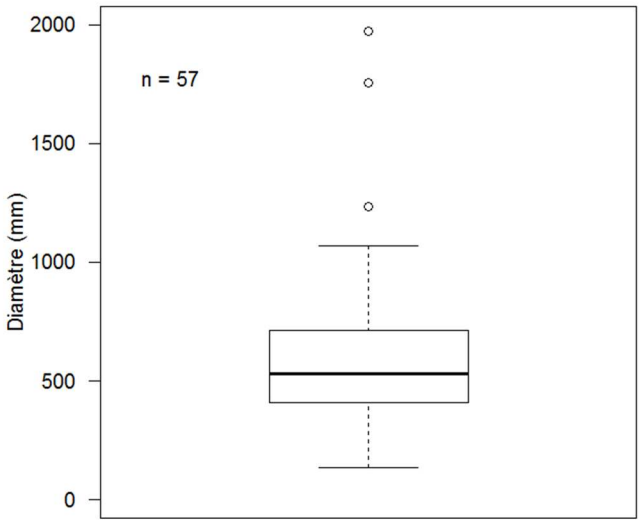


Figure 8 - Dimensions des traverses de cours d'eau en bois en équivalent du diamètre d'un tuyau circulaire

On observe que ces traverses avaient un diamètre médian équivalent légèrement supérieur à 500 mm et que le plus gros avait un diamètre équivalent d'un tuyau de 2000 mm de diamètre. Aucune de ces traverses n'avait été stabilisée avec un enrochement et une toile géotextile. Ceci indique qu'elles avaient fort probablement toutes été construites avant 1996 car ces mesures de protection sont

obligatoires depuis ce temps (RNI, article 18). Cela concorde bien avec l'âge des 55 traverses inventoriées dont l'âge a pu être déterminé (Figure 9). En effet, l'âge de ces traverses se situait entre 23 et 40 ans au moment de l'inventaire à l'été 2015.

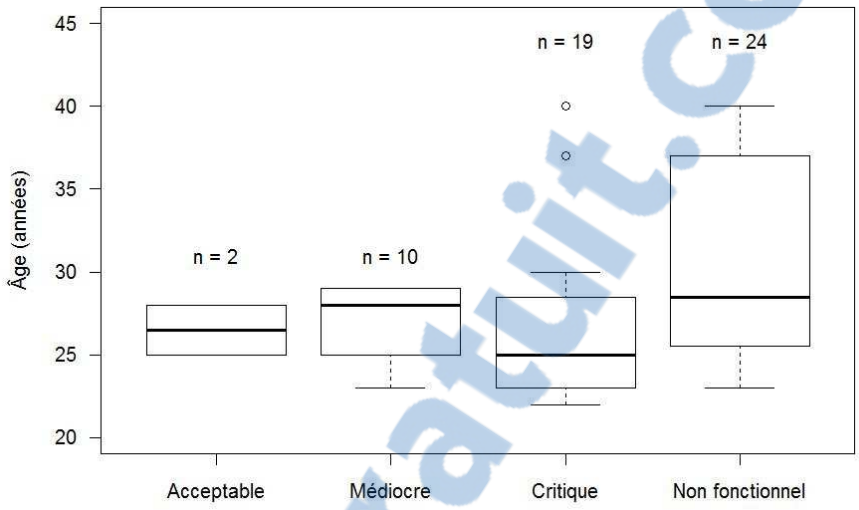


Figure 9 - Âge des traverses en bois en fonction de leur état structural

On observe sur cette figure que passé l'âge de 30 ans, les traverses étaient toutes dans un état critique ou non fonctionnel. Uniquement deux traverses étaient encore dans un état acceptable. Celles-ci avaient des billes de tablier de plus grand diamètre ce qui a augmenté leur durée de vie puisqu'elles prennent plus de temps à se dégrader. Les essences utilisées pour leur construction n'ont pas été identifiées précisément lors des inventaires mais le bouleau blanc, le sapin et l'épinette ont été reconnus par l'écorce blanche et le défilement typique des résineux. La pourriture du bois a été identifiée comme la principale cause de dégradation à long terme de ces structures. En effet, la pourriture affectait l'ensemble des traverses en bois inventoriées et plus particulièrement, les billes de tablier qui avaient des diamètres beaucoup plus petits que les billes d'assises. Par conséquent, il n'a pas été possible d'identifier des causes de dégradation plus importantes que celle-ci. Étant donné que les plus jeunes traverses de cours d'eau en bois avaient 23 ans et qu'elles étaient dans des états médiocre, critique ou non fonctionnel, il est possible d'affirmer que ces traverses avaient une durée de vie nettement inférieure à 23 ans. Toutefois, l'absence de traverses en bois plus récentes dans les secteurs d'étude rend impossible la détermination précise de leur durée de vie. Enfin, l'observation de deux traverses en bois plus âgées que 25 ans laisse croire, tel que discuté plus haut, que l'utilisation de billes de tablier de plus grand diamètre pourrait allonger leur durée de vie.

Rapport-Gratuit.com

3.3.2 Traverses de cours d'eau en plastique

Les traverses de cours d'eau en plastique retrouvées dans les secteurs d'étude étaient généralement construites avec un tuyau à double paroi, c'est-à-dire, lisse à l'intérieur et ondulé à l'extérieur. Uniquement quatre traverses sur 79 inventoriées étaient construites avec un tuyau à simple paroi. Ces dernières étaient ondulées à l'intérieur et à l'extérieur. Le diamètre des tuyaux variait entre 250 et 900 mm (Figure 10). Toutefois, la majorité d'entre eux (53) avaient un diamètre de 450 mm.

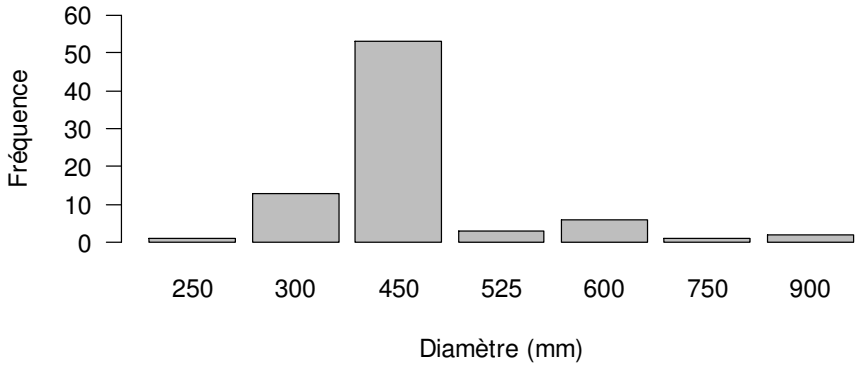


Figure 10 – Diamètre nominal des traverses de cours d'eau en plastique inventoriées

Le diamètre minimum des tuyaux sur les cours d'eau permanents ou intermittents doit être de 450 mm (RNI, article 26). Toutefois, plusieurs traverses retrouvées sur le terrain (14) avaient un diamètre de 300 mm ou inférieur. Il s'agissait bien de traverses sur des petits cours d'eau et non de ponceaux de drainage qui doivent avoir un diamètre minimum de 300 mm. Puisque les traverses en plastique sont utilisées depuis peu de temps relativement à celles en TTOG ou en bois, il a été plus facile de déterminer leur âge car des images Landsat étaient disponibles pour la plupart des chemins où elles ont été installées. L'âge de 64 traverses a pu être déterminé de cette façon et celui-ci variait de 0 à 17 ans lors des inventaires terrain en 2015. La Figure 11 présente l'état des traverses de cours d'eau en plastique en fonction de leur âge.

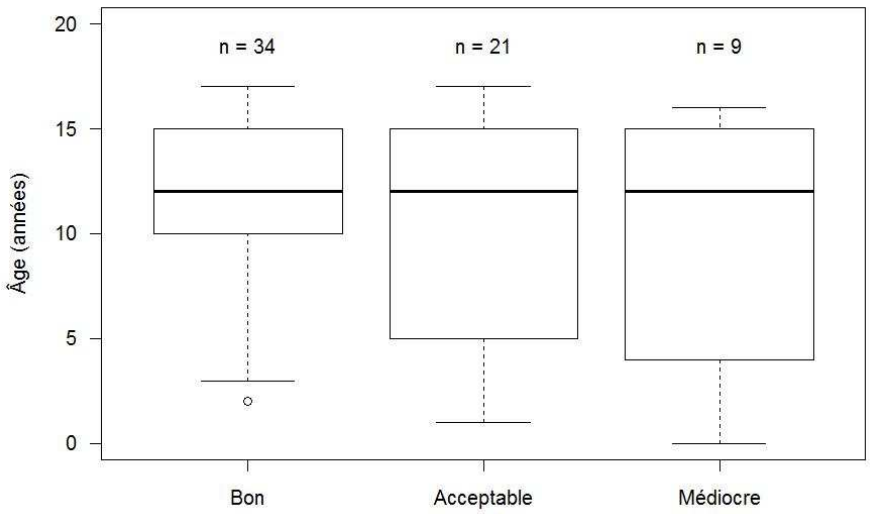


Figure 11 - Âge des traverses de cours d'eau en plastique en fonction de leur état structural

On remarque à la Figure 11 qu'il n'y avait pas de tendance entre l'âge des traverses en plastique et leur état structural. En effet, il y avait des traverses de tous les âges dans un état bon, acceptable et médiocre. Aucune traverse en plastique dans un état critique ou non fonctionnel n'a été retrouvée (Tableau 25). Puisque les tuyaux en plastique sont supposés avoir une durée de vie approximative de 50 à 100 ans (PPI, document non daté), il n'était pas normal d'observer des traverses en mauvais état après 17 ans de service. Par conséquent, une analyse a été menée afin de voir si les défauts observés étaient dus à l'usure normale des matériaux ou à d'autres causes (Tableau 26).

Tableau 26 – Défauts observés sur les traverses de cours d'eau en plastique

Défauts	Acceptable	Médiocre
Nombre	21	9
Aplatissement transversal	24%	22%
Déformation locale	57%	100%
Déformation latérale	29%	22%
Fissuration	5%	0%
Perforation	0%	11%
Relâchement de l'assemblage	0%	0%
Abrasion	0%	0%

Tout d'abord, on remarque que quatre principaux défauts ont été observés sur les traverses en plastique. Il s'agissait de l'aplatissement transversal, de la déformation locale, de la déformation linéaire et de la perforation. La déformation locale était le défaut le plus fréquemment retrouvé sur ce type de traverse. Par la suite, le deuxième défaut le plus couramment observé était la déformation

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

linéaire. Le troisième défaut couramment retrouvé était l'aplatissement transversal. Enfin, la perforation, qui a été observée sur quelques ponceaux, peut être causée par les mêmes raisons que la déformation locale. Toutefois, la perforation est d'une gravité plus sévère que la déformation locale. Quelques traverses dans l'état médiocre avaient un tuyau perforé. Étant donné qu'aucune traverse en plastique ne montrait des signes de dégradation par l'abrasion, l'usure normale ne semblait pas être une cause de détérioration après 17 ans de service. Par conséquent, les défauts observés sur ce type de traverse s'apparentaient davantage à des problèmes liés à une mise en place inadéquate, notamment, une compaction non uniforme du remblai, la présence de roches dans le remblai collées contre la paroi du tuyau, l'utilisation de matériaux inappropriés pour le remblai ou l'endommagement par la machinerie lourde lors de l'installation. En conclusion, puisque les défauts observés sur les traverses dans un état acceptable ou médiocre ont probablement été causés par une mise en place déficiente et non à l'usure normale des matériaux et que plusieurs traverses étaient encore en bon état, il est possible de croire que leur durée de vie est supérieure à 17 ans. Toutefois, étant donné l'absence de vielles traverses en plastique dans les secteurs d'étude, il n'est pas possible de déterminer leur durée de vie précisément.

3.3.3 Traverses de cours d'eau en TTOG

Les traverses en TTOG retrouvées dans les secteurs d'étude étaient pour la plupart fabriquées avec une tôle d'acier ondulée hélicoïdale à joint agrafé. Une seule traverse en TTOG avec une tôle forte à joint riveté a été retrouvée lors des inventaires. Ces traverses avaient des diamètres variant de 300 à 3000 mm (Figure 12).

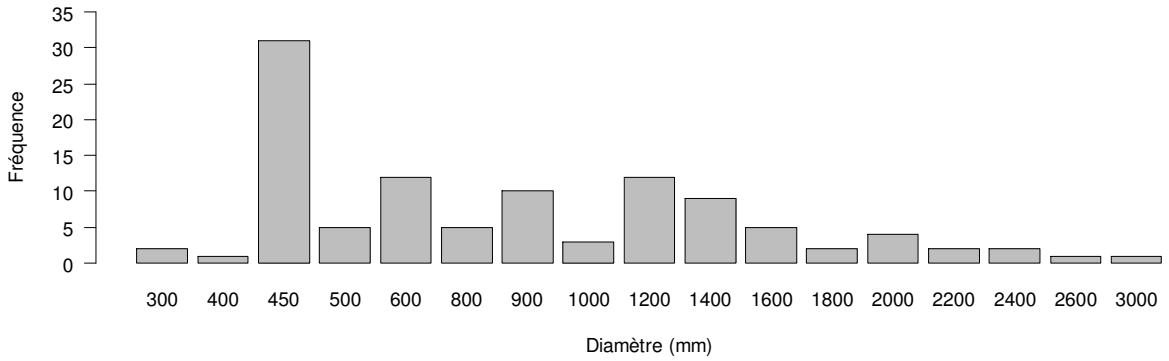


Figure 12 – Diamètre des traverses en TTOG inventoriées

Tout comme pour les traverses en plastique, il y avait une quantité importante de traverses de 450 mm de diamètre. Toutefois, contrairement aux traverses en plastique qui avaient des diamètres de 900 mm et moins, celles en TTOG avaient souvent des diamètres beaucoup plus élevés. En effet, les tuyaux en TTOG sont offerts dans une large gamme de diamètre et d'épaisseur de tôle. Puisque l'épaisseur de tôle est directement liée à la résistance de ces tuyaux à la corrosion, celle-ci a été mesurée lors des inventaires. La Figure 13 illustre l'épaisseur de tôle mesurée sur les traverses en fonction de leur diamètre. Les lignes qui entourent les séries de points représentent la limite de disponibilité des produits (CSPI, 2007).

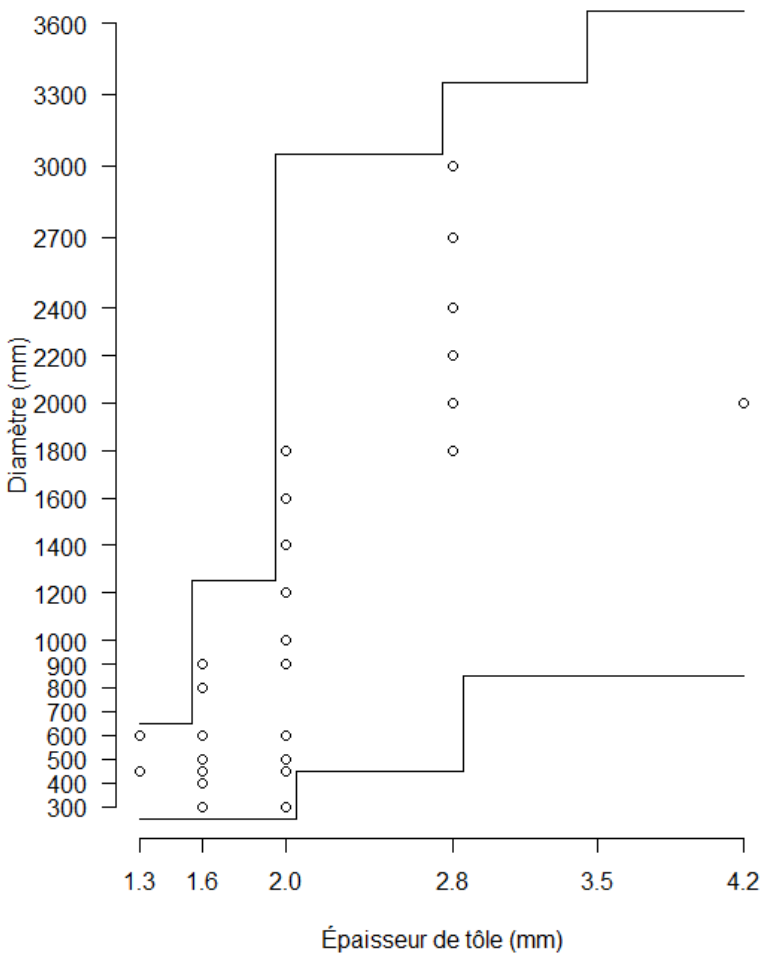


Figure 13 – Épaisseur de tôle des traverses en TTOG inventoriées

On remarque sur cette figure que plus le diamètre des tuyaux était grand et plus la tôle utilisée pour leur fabrication était épaisse. Une seule traverse avec une tôle de 4,2 mm a été retrouvée et il s'agissait aussi de la seule traverse avec un joint riveté. Aucune traverse avec une tôle de 3,5 mm n'a été retrouvée. Par conséquent, les traverses inventoriées avaient généralement une tôle de 2,8 mm et moins. Les traverses de gros diamètre, de 1800 mm et plus, avaient une tôle de 2,8 mm tandis que celles en bas de 1800 mm avaient une épaisseur de 2 mm et moins. Quelques traverses avaient une tôle de 1,3 mm mais celles-ci étaient rares (uniquement 4 ont été retrouvées). Le choix de l'épaisseur de la tôle peut dépendre du coût du produit, de la durabilité souhaitée et de la disponibilité chez le fabricant. Étant donné que les tuyaux de diamètre élevé ont une tôle plus épaisse, ceux-ci devrait théoriquement être plus résistant à la corrosion tel que présenté à l'abaque de l'annexe 1. De ce fait, les 7 traverses de grand diamètre ayant une tôle de 2,8 mm retrouvées dans les secteurs d'étude étaient encore toutes en bon état. Toutefois, celles-ci étaient âgées seulement de 4 à 17 ans ce qui pourrait expliquer pourquoi elles se n'étaient toujours pas

détériorées. Les traverses en TTOG ayant une tôle de 1,6 et de 2 mm ont été regroupées pour analyser leur état en fonction de leur âge (Figure 14). Celles de 2 mm pourraient avoir une durée de vie 19% supérieure à celles de 1,6 mm selon le tableau de l'annexe 1. Ce regroupement a tout de même été fait pour augmenter la taille de l'échantillon et pour avoir une idée de leur durée de vie.

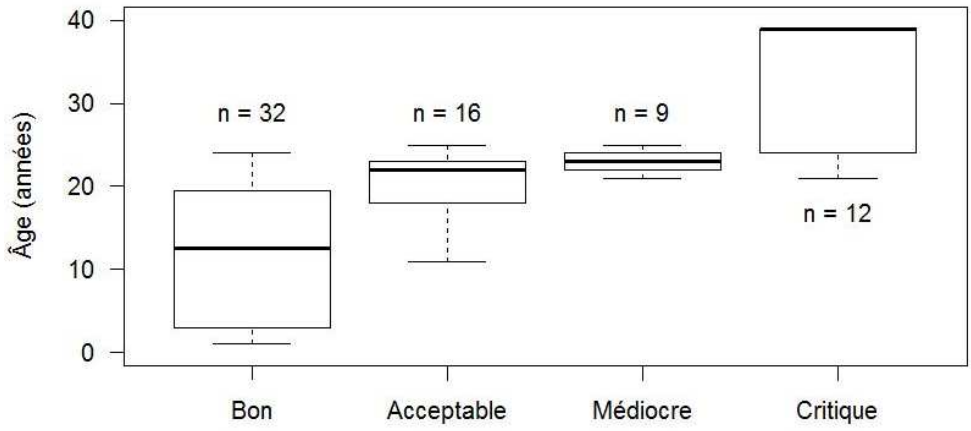


Figure 14 - Âge des traverses en TTOG en fonction de leur état structural (tôle de 1,6 et de 2 mm)

On remarque premièrement sur cette figure que les traverses de moins de 11 ans étaient toutes en bon état. De plus, les traverses de 20 ans et moins étaient toutes dans un état bon ou acceptable. Les traverses en TTOG inventoriées ne montraient donc pas de signes de détérioration importants avant l'âge de 21 ans. En effet, à partir de cet âge, on commençait à retrouver des traverses dans des états médiocres et critiques. Dans la plupart des secteurs d'étude, les traverses en TTOG les plus vielles inspectées avaient 25 ans sauf dans l'UP 28 où des traverses âgées de 35 et de 39 ans ont été retrouvées sur un chemin fréquenté et entretenu. L'âge de ces traverses a pu être déterminé grâce à l'observation de photos aériennes qui démontraient que ce chemin avait été refait entièrement dans le passé. Leur très mauvais état laisse présager qu'elles n'ont jamais été remplacées. Ces traverses étaient grandement attaquées par la corrosion et leur radier était parfois perforé d'un bout à l'autre du tuyau (Figure 15).

Figure 15 – Exemple de traverses en TTOG dans l'état critique de plus de 35 ans

On remarque que la partie en dehors du niveau normal des eaux était exempte de corrosion et que c'était uniquement le radier qui était perforé. Malgré la perte importante de matériel dans le radier du tuyau, ces traverses soutenaient encore le remblai et les véhicules qui y circulaient. Du côté des traverses en TTOG dans l'état critique âgées de 25 ans et moins, celles-ci étaient moins rongées par la corrosion mais elles avaient une déformation locale importante (Figure 16).

Figure 16 – Exemple de traverses en TTOG dans l'état critique âgées de moins de 25 ans

On voit sur ces images que le tuyau était grandement enfoncé à sa mi longueur. Ainsi, les mécanismes de dégradation menant à l'état critique n'étaient pas tous de la même nature. Par la suite, cinq traverses en TTOG dans un état non fonctionnel ont été retrouvées mais celles-ci étaient lourdement endommagées à cause de phénomènes naturels comme l'obstruction par des débris ou la rupture de barrages de castor (Figure 17). Puisque qu'elles n'étaient pas dans l'état non fonctionnel à cause de la fin de vie utile des matériaux, celles-ci n'ont pas été incluses dans l'analyse de la durée de vie. Ces traverses étaient âgées de 12, 23, 23, 24 et 25 ans mais l'année de leur défaillance n'a pas pu être déterminée.

Figure 17 – Traverses en TTOG dans un état non fonctionnel retrouvées dans les secteurs d'étude

Afin de caractériser davantage les mécanismes de détérioration des traverses de 1,6 et de 2 mm, les défauts retrouvés sur celles-ci ont été analysés plus en détails (Tableau 27).

Tableau 27 – État des traverses en TTOG en fonction des défauts observés

Défauts	Acceptable	Médiocre	Critique
Aplatissement transversal	6%	11%	8%
Déformation locale	38%	89%	42%
Déformation latérale	38%	33%	8%
Corrosion	38%	100%	100%
Perforation	19%	22%	75%
Relâchement d'un assemblage	0%	0%	8%
Fissuration	0%	0%	0%
Nombre	16	9	12

On remarque qu'il y avait trois défauts récurrents sur les traverses en TTOG. Premièrement, la corrosion a été observée sur une quantité importante de traverses. Celle-ci touchait 100% des traverses dans les états médiocres et critiques et a provoqué la perforation du radier de 75% des traverses dans un état critique. La corrosion est reconnue pour être la principale cause de détérioration des traverses en TTOG (MTQ, 2012 et NCHRP, 2015). Par la suite, un défaut observé régulièrement sur les traverses en TTOG était la déformation locale. Celle-ci touchait 38% des traverses dans l'état acceptable, 89% des traverses dans l'état médiocre et 42% des traverses dans l'état critique. Enfin, la déformation latérale a aussi souvent été observée sur ces traverses. Celle-ci touchait 38% des traverses dans l'état acceptable, 33% des traverses dans un état médiocre et 8% des traverses dans un état critique. Tout comme pour les traverses en plastique, les déformations du tuyau, telles que la déformation locale et la déformation latérale ne sont théoriquement pas causées par l'usure normale des matériaux mais par des problèmes de remblai généralement occasionnés par une mise en place imparfaite (MTQ, 2012). Les résultats présentés ci-dessus démontrent que ces traverses en TTOG performent généralement très bien dans les 20 premières années de service. Toutefois, il a été démontré que passé cet âge, des défauts parfois importants commencent à faire leur apparition. Dans les secteurs d'étude, aucune traverse âgée entre 25 et 35 ans n'a été retrouvée ce qui rend impossible la détermination précise de la durée de vie de ces traverses. Cependant, puisqu'il a été observé que les traverses se détériorent lorsqu'elles atteignent l'âge de 20 ans et leur vie utile est terminée à l'âge de 35 ans, il est possible de dire que leur durée de vie est probablement aux alentours de 25 à 30 ans si elles ont été installées correctement.

4 Discussion

4.1 Estimer le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers à partir des bases de données spatiales gouvernementales

L'utilisation des bases de données du 3e programme et du 4e programme d'inventaire écoforestier a permis d'atteindre le premier objectif d'estimer le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers à large échelle dans les UP. Le type de territoire faunique (ZEC, pourvoiries à droits exclusifs, réserves fauniques et territoires libres), les classes de chemins et la présence des chemins dans les bases de données ont servi à estimer le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins. Il a été démontré que les chemins étaient plus fréquentés dans les ZEC que dans les réserves fauniques et les pourvoiries à droits exclusifs, là où le niveau de fréquentation était le plus bas. De plus, il a été démontré que les chemins présents dans la base de données du 3e programme mais absents du 4e étaient généralement des chemins abandonnés. Enfin, les chemins de classe 4 étaient beaucoup plus fréquentés que les chemins non classés. Au total, dans l'ensemble des UP, il a été estimé que 29% des chemins seraient fréquentés, 34% seraient peu fréquentés et enfin, 37% seraient totalement abandonnés. De plus, il a été estimé que 79% des chemins seraient non entretenus. Cela confirme l'hypothèse que la majorité des chemins en forêt publique ne font pas l'objet d'entretien et qu'ils sont peu fréquentés.

La quantité totale de chemins forestiers a été déterminée dans les UP grâce aux bases de données du 3e et du 4e programme d'inventaire écoforestier. Toutefois, tel que démontré lors de la présentation des résultats, plusieurs chemins non cartographiés dans l'une ou l'autre de ces bases de données ont été retrouvés dans les secteurs d'étude. Ces chemins étaient généralement de vieux chemins abandonnés et en moindre partie, des chemins récemment construits qui n'étaient toujours pas inscrits à la base de données la plus récente. Puisque la proportion des vieux chemins absents des deux bases de données variait de 0 à 41% dans les différentes UP, la quantité totale de chemin pourrait être largement sous-estimée dans certaines d'entre elles, telle que la 108. Ainsi, dans le cas de cette UP, la quantité de chemins abandonnés pourrait être beaucoup plus importante. Étant donné la faible résolution de certaines photos aériennes et leur indisponibilité dans certains secteurs,

Rapport-Gratuit.com

nous n'avons pas pu dresser un portrait fiable de la quantité de vieux chemins abandonnés non cartographiés dans l'ensemble des secteurs d'étude. De ce fait, ces chemins non cartographiés n'ont pas pu faire l'objet d'une extrapolation à l'échelle des UP.

Par la suite, l'observation de chemins de classe 4 refermés par la végétation ayant été construits en 2000 dans l'UP 53 (Figure 4) démontre bien que l'état des chemins peut évoluer très rapidement en l'absence d'entretien. Ces chemins de classe 4 refermés par la végétation seront sûrement dans la catégorie non classés dans la cartographie du prochain programme d'inventaire écoforestier. Cette situation participe donc à accroître l'incertitude de l'extrapolation qui a été réalisée. Tel qu'expliqué, dépendamment de l'âge des chemins et de l'année de réalisation de l'inventaire écoforestier, il se pourrait que plusieurs chemins de classe 4 soient en réalité des chemins non classés actuellement, donc majoritairement peu fréquentés ou abandonnés. Puisque la situation inverse n'est pas possible, il pourrait y avoir une plus forte proportion de chemins peu fréquentés, voire abandonnés dans les UP comparativement aux résultats obtenus d'autant plus que le nombre de kilomètres de chemins de classe 4 est très important dans les UP (30%). En résumé, le niveau de confiance dans l'estimation du niveau de fréquentation des chemins est élevé pour les chemins non classés qui ont déjà été identifiés par le MFFP comme des chemins en mauvais état. Le même constat peut être fait pour les chemins du 3e programme absents du 4e puisque ces chemins ont été supprimés des bases de données ce qui signifie qu'ils n'étaient plus utilisables. Toutefois, tel que discuté plus haut, l'estimation du niveau de fréquentation sur les chemins de classe 4 est beaucoup plus incertaine à cause de la longue fréquence de mise à jour des bases de données gouvernementales.

Ensuite, le niveau de fréquentation moyen observé dans les territoires fauniques structurés a été utilisé pour estimer le niveau de fréquentation sur les territoires libres. Puisqu'aucun inventaire n'a été réalisé sur les territoires libres, il n'est pas possible de dire si le niveau de fréquentation sur ces territoires est semblable à la moyenne observée sur les territoires fauniques. De prime abord, il se pourrait que le niveau de fréquentation soit plus élevé que dans les pourvoiries à droits exclusifs puisqu'il n'y a pas de contrainte d'accès au territoire et qu'il y a de nombreux beaux de villégiature. Cependant, puisque ces territoires ne font pas l'objet d'une gestion du même ordre que les territoires fauniques structurés, il se pourrait fort bien qu'uniquement les entreprises forestières entretiennent les chemins lors des travaux de récolte. Par conséquent, l'entretien des chemins sur ces territoires

pourrait être une contrainte à leur fréquentation. Des études supplémentaires seraient requises pour caractériser plus précisément l'utilisation et l'entretien des chemins dans les territoires libres.

Enfin, les résultats obtenus et les observations faites sur les bases de données des chemins nous confirme l'hypothèse 1a que ces bases de données sont trop incomplètes et imprécises pour permettre d'estimer le niveau de fréquentation et d'entretien des chemins forestiers avec précision. Une mise à jour plus fréquente des classes de chemins permettrait d'augmenter la précision quant à l'estimation du niveau de fréquentation des chemins. De plus, la suppression de tronçons de chemins abandonnés refermés par la végétation devrait être proscrite si l'on désire avoir la possibilité de dresser un portrait réaliste et précis de l'ampleur du réseau routier forestier québécois sur une base régulière. La saine gestion du réseau routier doit premièrement passer par l'élaboration d'outils d'aide à la décision. Pour ce faire, le niveau de connaissance du réseau se doit d'être bonifié par l'amélioration des méthodes d'inventaire et par une gestion pointue, rigoureuse et homogène des bases de données.

4.2 Estimer la quantité, la localisation et l'état des traverses de cours d'eau à partir des bases de données spatiales gouvernementales

Lors des inventaires terrain, plusieurs chemins et cours d'eau non cartographiés ont été retrouvés dans les secteurs d'étude. Il est donc rapidement apparu que les bases de données des chemins et des cours d'eau n'étaient pas suffisantes pour localiser sur le terrain l'ensemble des traverses de cours d'eau. Par conséquent, la localisation des traverses de cours d'eau n'a pas pu être déterminée avec précision à partir des données cartographiques. Au départ, nous pensions qu'il serait possible d'estimer assez facilement la quantité et la localisation des traverses de cours d'eau en faisant une intersection entre les chemins présents dans la plus récente base de donnée (4e programme) et les cours d'eau cartographiés dans le CRHQ. Toutefois, tel que démontré auparavant, il s'est avéré que ce n'était pas tous les chemins qui étaient cartographiés dans la dernière base de données (seulement entre 55 et 90% dans les UP, Tableau 9) et qu'une quantité importante de petits cours d'eau n'était pas non plus cartographiés. Par exemple, lors des inventaires terrain, 393 traverses ont été retrouvées tandis que l'intersection cartographique entre les chemins et cours d'eau donnait 238 traverses. Sur les 238 traverses identifiées, 24% étaient des erreurs ce qui signifie que l'intersection

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

ne permettait d'identifier correctement que 46% des traverses de cours d'eau réelles (Tableau 21). Il n'a donc pas été possible d'utiliser ces bases de données pour estimer convenablement le nombre de traverse de cours d'eau et leur localisation en forêt publique. En l'absence d'alternatives, le nombre moyen de traverses par kilomètre observé sur le terrain dans chacune des UP s'est avéré la meilleure méthode pour estimer le nombre total de traverses de cours d'eau dans ces territoires. Ainsi, bien que le nombre de traverses dans les UP a pu être estimé à l'aide des chemins cartographiés dans le 3e et dans le 4e programme (33 918, Tableau 23), il n'est pas possible de savoir précisément où se trouvent ces dernières à l'aide des bases de données actuellement disponibles. De plus, ce nombre de traverses ne tient pas compte des chemins absents du 3e et du 4e programme d'inventaire. En d'autres mots, les inventaires terrains demeurent toujours aujourd'hui le seul moyen de quantifier et de localiser précisément les traverses de cours d'eau. Une cartographie plus exhaustive et précise des chemins et des cours d'eau permettrait de retrouver les traverses par intersection cartographique. Cependant, le plus simple consisterait à noter les coordonnées géographiques des traverses lorsqu'elles sont installées et de conserver cette information dans une base de données centrale.

Par la suite, en ayant une estimation du nombre de traverses de cours d'eau situées sur les différents types de chemin, il a été possible d'utiliser la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales et les classes de chemins (Tableau 19 et Tableau 20) pour estimer l'état de ces traverses dans les UP. Il a été estimé, en moyenne, que 29% des traverses seraient en bon état, 15% dans un état acceptable, 12% dans un état médiocre, 10% dans un état critique et 32% dans un état non fonctionnel (Tableau 23). Le nombre élevé des traverses dans un état non fonctionnel s'expliquerait par le fait qu'il y avait 8566 km de chemins du 3e programme absents du 4e, soit 24% des chemins en moyenne dans l'ensemble des UP. Ces chemins sont dans un état de dégradation très avancé, si bien, qu'ils n'ont pas été ajoutés à la base de données du 4e programme (Tableau 16). Tel qu'il a été démontré au Tableau 18 et au Tableau 19, ces chemins comportaient principalement de vielles traverses en bois partiellement ou totalement détruites dans un état non fonctionnel. De plus, plusieurs traverses disparues ou enfouies par le castor ont été retrouvées sur ces chemins. Ces nombreuses traverses non fonctionnelles sont principalement attribuables aux chemins non entretenus qui ont été construits avant la refonte du RNI en 1996. À cette époque, le bois était le matériau le plus utilisé pour la construction des traverses. La fin de l'utilisation du bois

comme matériau de construction des traverses dans les années 90 et la courte durée de vie de ce matériau (< 23 ans) expliqueraient pourquoi il y a un nombre important de traverses non fonctionnelles sur ces chemins âgés de plus de 21 ans (Tableau 12). L'homogénéité des matériaux et des méthodes utilisés dans la construction des traverses en bois ainsi que l'absence d'entretien des chemins sur lesquelles elles se retrouvent (chemins du 3e programme absents du 4e), permettent d'avoir une grande confiance dans l'estimation de leur état.

L'absence d'entretien permet d'être confiant que les traverses n'ont jamais été remplacées sur les chemins. Dans le cas des chemins non entretenus, l'année de construction de ces derniers permet de connaître l'âge des traverses et d'estimer leur état en fonction de la durée de vie des matériaux. Par exemple, lorsque l'âge des traverses est largement supérieur à leur durée de vie sur des chemins non entretenus, il y a une forte possibilité que les traverses soient en très mauvais état. Dans le cas contraire, si les traverses sont situées sur un chemin récemment construit, celles-ci seront probablement toutes en bon état indépendamment du type de matériau et du niveau d'entretien du chemin. En résumé, il est aisé d'estimer l'état des traverses lorsque celles-ci sont beaucoup plus âgées que leur durée de vie ou lorsqu'elles ont été construites récemment.

L'année de construction des chemins n'était pas disponible dans les bases de données mais il a été démontré que la présence des chemins dans les bases de données gouvernementales permettait d'estimer grossièrement l'âge des chemins (Tableau 12). Dans le cas des chemins uniquement présents dans le 4e programme, 71% d'entre eux avaient moins de 20 ans ce qui explique la présence de 58% de traverses en plastique et 20% en TTOG (Tableau 18). Toutefois, à cause de délais importants dans la mise à jour de la cartographie des chemins ou à cause de la non-cartographie des chemins dans le 3e programme, 28% des chemins uniquement présents dans le 4e programme étaient âgés de plus de 21 ans. Cela explique pourquoi il y avait aussi quelques traverses en bois sur ces chemins (7% des traverses). Néanmoins, puisqu'une minorité des chemins présents uniquement dans le 4e programme étaient âgée de plus de 21 ans, l'état des traverses y était généralement bon. En effet, 56% des traverses étaient en bon état et 26% des traverses étaient dans un état acceptable sur les chemins de classe 4 (Tableau 20). Très peu étaient dans un état non fonctionnel (4%). Toutefois, sur les chemins non classés, donc non entretenus, les traverses y étaient en moins bon état, même que 25% d'entre-elles étaient dans un état non fonctionnel. Cela

pourrait s'expliquer par la présence de traverses enfouies par le castor et des traverses en bois désuètes. Par conséquent, les différentes classes de chemins présents uniquement dans le 4e programme a permis d'estimer plus précisément l'état des traverses. Puisque ces chemins sont généralement peu âgés (généralement moins de 20 ans) et qu'il y a principalement des traverses en TTOG et en plastique nous permet d'avoir confiance dans l'estimation de l'état des traverses sur les chemins présents uniquement dans le 4e programme. En effet, les traverses en plastique ont une durée de vie théoriquement supérieure à l'âge de ces chemins et celles en TTOG ont quant à elle, une durée de vie légèrement supérieure à l'âge de la plupart des chemins sur lesquels elles se trouvent.

Du côté des chemins présents à la fois dans le 3e et dans le 4e programme, l'état des traverses y était évidemment moins bon puisque ces chemins étaient plus âgés, soit plus de 21 ans (Tableau 12). Sur les chemins non entretenus, soit sur les chemins non classés, 59% des traverses étaient dans un état non fonctionnel, 10% dans un état critique et 12% dans un état médiocre (Tableau 20). Comme dans le cas des chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e, il y avait beaucoup de traverses en bois sur ces chemins (36%, Tableau 18) ce qui explique la quantité importante de traverses dans un état non fonctionnel. Cependant, sur les chemins de classe 4, il y avait beaucoup de traverses en TTOG (57%,) et l'état des traverses indiquait tout de même un niveau de dégradation avancé. En effet, 9% des traverses étaient dans un état non fonctionnel, 17% dans un état critique et 18% dans un état médiocre. Cela signifie que sur ces chemins plus âgés, les traverses en TTOG commençaient à atteindre leur fin de vie utile. On retrouvait encore sur ces chemins non entretenus des traverses en bois tandis que sur les chemins entretenus, quelques traverses ont été remplacées par des traverses en plastique ou en TTOG. En résumé, étant donné l'âge élevé des chemins présents dans le 3e et dans le 4e programme et l'absence d'entretien sur les chemins non classés, l'estimation de l'état des traverses sur ces chemins devrait être juste. Cependant, pour les chemins de classe 4, généralement plus utilisés et parfois entretenus, la multitude de matériaux utilisés pour les traverses et le remplacement de certaines d'entre-elles diminue la qualité de l'estimation de l'état qui a été réalisée.

En conclusion, la qualité de l'estimation de l'état des traverses est bonne sur les vieux chemins non entretenus où le bois était principalement utilisé pour la construction des traverses, soit sur les

chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e et sur les chemins non classés présents dans le 3e et dans le 4e programme. Par la suite, la qualité de l'estimation de l'état des traverses est aussi bonne sur les chemins présents uniquement dans le 4e programme puisque ceux-ci sont peu âgés et que les traverses n'ont généralement pas atteint leur fin de vie utile. La qualité de l'estimation de l'état des traverses est cependant moins bonne sur les chemins de classe 4 présents dans le 3e et dans le 4e programme. En effet, ceux-ci sont parfois entretenus, ce qui engendre le remplacement de certaines traverses désuètes, et ont une grande diversité de type de traverses (bois, plastique et TTOG). Les résultats obtenus confirment l'hypothèse 2a que les bases de données spatiales gouvernementales actuellement disponibles sont trop imprécises et incomplètes pour permettre d'estimer la quantité, la localisation et l'état des traverses de cours d'eau avec précision. Bien qu'il a été possible de démontrer que l'état des traverses de cours d'eau est très mauvais sur les chemins peu fréquentés et non entretenus, c'est-à-dire sur les chemins non classés et les chemins présents dans le 3e programme mais absents du 4e, les bases de données actuelles ne permettent pas de localiser les traverses et d'estimer leur état avec précision. La mise en place d'une base de données centralisée sur les traverses de cours d'eau permettrait de dresser un portrait de l'état des traverses de cours d'eau beaucoup plus facilement. En connaissant le matériel de la traverse, son année d'installation et sa localisation, l'estimation de l'état pourrait se faire rapidement. Évidemment, rien ne pourra remplacer l'inspection fréquente de ces infrastructures dont l'état évolue plus ou moins rapidement selon la qualité de mise en place, les conditions locales et les aléas naturels.

4.3 Estimer la durée de vie des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en acier

En premier lieu, il a été estimé que les traverses de cours d'eau en bois auraient une durée de vie inférieure à 23 ans (Figure 9). Cependant, deux traverses en bois étaient encore dans un état acceptable après 25 ans de service grâce à l'utilisation de billes de tablier de plus grand diamètre. Cette technique de construction a toutefois été rarement observée et il s'agirait, selon nos observations, d'une exception. Puisque les traverses en bois étaient toutes âgées de plus de 23 ans et que leur durée de vie estimée est inférieure à cet âge, il n'a pas été possible de déterminer précisément quelle est la durée de vie réelle de ces infrastructures. Ces résultats sont tout de même cohérents avec les données présentées dans l'*Engineering manual* de la Colombie-Britannique (FNLR, 2013) où la durée de vie du bois est estimée à 4 à 6 ans pour l'épinette et le sapin et de

moins de 4 ans pour le bois franc. Ces essences sont représentatives de celles utilisées pour la construction des traverses en bois inventoriées dans les secteurs d'étude. L'essence de ces traverses n'a pas été déterminée précisément mais il s'agissait vraisemblablement d'essences résineuses et parfois, de bouleau blanc. De plus, tel que mentionné auparavant, toutes les traverses en bois inventoriées étaient en bois rond non traité ce qui limite l'utilisation des résultats obtenus à ce type de traverse. Évidemment, l'utilisation de bois traité ou d'essences plus résistantes à la pourriture pourrait probablement augmenter considérablement leur durée de vie. En addition, l'utilisation d'une toile géotextile sur le tablier de la traverse pour éviter l'infiltration des matériaux granulaires et d'un enrochement de protection, tel qu'illustré dans le *Guide pour l'aménagement des ponts et des ponceaux dans le milieu forestier* (MRN, 1997), permettrait aussi probablement d'améliorer leur longévité. Le bois ne devrait donc pas être laissé de côté comme matériau de construction de prime abord car les traverses en bois retrouvées dans les secteurs d'étude ont été construites de façon très rudimentaire et sans aucun souci de durabilité. Enfin, les traverses en bois en bon état permettent de laisser le lit du cours d'eau naturel ce qui est très bénéfique pour la libre circulation du poisson (MPO, 2016).

En second lieu, il a été démontré que les traverses de cours d'eau en plastique auraient une durée de vie largement supérieure à 17 ans (Figure 11). Des traverses de tous les âges ont été retrouvées dans les états bon, acceptable et médiocre. Cependant, la majorité d'entre elles était en bon état (56%) ou dans un état acceptable (29%, Tableau 25). Aucune n'était dans un état critique ou non fonctionnel. Puisque l'usure normale des matériaux ne semblait pas être la cause des défauts observés, des analyses ont été menées pour essayer d'expliquer les signes de détérioration prématurés. Il en est ressorti que plusieurs traverses en plastique dans l'état acceptable et médiocre comportaient des déformations. Le plus important d'entre eux était la déformation locale, suivi de la déformation linéaire et enfin, de l'aplatissement transversal (Tableau 26). Selon le *Manuel d'inspection des ponceaux* (MTQ, 2012), la déformation locale observée sur les tuyaux flexibles peut être causée par plusieurs éléments. Notamment, la circulation des véhicules sur des tuyaux avec un remblai insuffisant, la présence de roches contre la paroi du tuyau, la machinerie utilisée lors de l'installation (pelle hydraulique) et la formation de lentille de glace autour du tuyau. Quant à la déformation latérale, celle-ci est habituellement causée par « des efforts de poussée s'exerçant de manière dissymétrique de part et d'autre du ponceau » (MTQ, 2012). Ces efforts peuvent être dus à

un aménagement asymétrique des remblais, une densification non uniforme des remblais latéraux ou à une route à forte pente. Du côté de l'aplatissement transversal, ce dernier est théoriquement lié directement « à une rigidité insuffisante des remblais latéraux due à une densification inadéquate, à la présence de matériaux non conformes, à la migration de matériaux fins à l'intérieur du ponceau, etc. » (MTQ, 2012). Ainsi, la description des principaux défauts observés sur les traverses en plastique portent à croire que la mise en place de ces traverses doit être très soignée pour éviter d'occasionner des déformations. Dans l'étude du *National cooperative highway research program* (NCHRP, 2016), il est mentionné que l'installation des traverses en plastique peut avoir une influence plus marquée sur leur durée de vie que sur les autres types de traverses ce qui appuie les résultats présentés. Il est donc recommandé que la mise en place de ces tuyaux relativement fragiles soit plus soignée afin que ceux-ci puissent atteindre leur durée de vie maximale.

Enfin, il a été démontré que les traverses en TTOG ayant une épaisseur de tôle de 1,6 et de 2 mm auraient une durée de vie estimée de 25 à 30 ans. Toutefois, tel qu'expliqué dans la section résultats, la durée de vie pourrait être légèrement différente entre les tuyaux ayant une épaisseur de 1,6 mm et de 2 mm. En effet, la relation entre la durée de vie et l'épaisseur de tôle est linéaire ce qui signifie que dans ce cas-ci, celles de 2 mm pourraient avoir une durée de vie 25% supérieure à celles de 1,6 mm. Étant donné la grande variété de traverses en TTOG retrouvées dans les secteurs d'étude, il n'a pas été possible d'analyser séparément les tuyaux de ces deux épaisseurs de tôle puisqu'il n'y aurait pas eu assez de données pour ce faire. De plus, puisqu'aucune traverse entre 25 ans et 35 ans n'a été retrouvée, il n'a pas été possible d'analyser précisément l'âge de la fin de vie utile. Cependant, les résultats démontrent que passé l'âge de 35 ans, il serait très surprenant d'observer des traverses dans un état convenable pour cette épaisseur de tôle. De plus, l'observation de traverses en TTOG dans un état critique dès l'âge de 21 ans laisse aussi croire que dans de mauvaises conditions (mise en place déficiente et milieu agressif), leur durée de vie pourrait grandement être écourtée. À cet effet, puisque des déformations locales et latérales ont été observées sur plusieurs traverses, il est fort possible que certaines d'entre-elles ont été causées par une mise en place non soignée. Par exemple, tel qu'expliqué dans le Manuel d'inspection des ponceaux (MTQ, 2012), la présence de roches contre la paroi du tuyau, la circulation des véhicules sur un remblai insuffisant et la machinerie lourde lors de l'installation peuvent provoquer des déformations locales. Quant aux déformations latérales, celles-ci peuvent être causées par un

aménagement asymétrique des matériaux de remblai ou à une densification non uniforme de ces derniers. Une meilleure mise en place pourrait donc peut-être allonger la vie des traverses en TTOG de quelques années. Par la suite, tel que discuté dans la section résultats, 7 traverses de grands diamètre ayant une épaisseur de tôle de 2,8 mm ont été retrouvées dans les secteurs d'étude. Celles-ci étaient encore toutes en bon état mais leur jeune âge (4 à 17 ans) pourrait expliquer pourquoi elles n'étaient toujours pas détériorées. Ainsi, il n'a pas été possible de démonter dans cette étude que les traverses ayant une tôle plus épaisse sont plus durables. Logiquement, il y a toutefois lieu de croire que celles-ci pourraient être beaucoup plus durables. La durée de vie déterminée dans cette étude est cohérente avec ce qui est estimé par certains fabricants. En effet, celle-ci est estimée à 25 ans pour les TTOG n'ayant aucun revêtement de protection supérieur (D. Turner, communication personnelle, 16 décembre 2015).

5 Conclusion

La plupart des objectifs de l'étude ont pu être atteints. D'abord, l'objectif 1, soit l'estimation du niveau de fréquentation et d'entretien d'une sélection de chemins en forêt publique québécoise a été atteint. En effet, cette étude a permis de démontrer que la majorité des chemins dans les UP n'étaient pas entretenus et peu fréquentés ce qui confirme l'hypothèse 1. Certains chemins ont été utilisés longtemps après l'arrêt des opérations de récolte du bois tandis que d'autres ont été complètement abandonnés peu après ce moment. Il a été observé que les chemins étaient fortement utilisés dans les ZEC, moyennement utilisés dans les réserves fauniques et peu utilisés dans les pourvoiries à droits exclusifs. Les bases de données de chemins forestiers du Gouvernement du Québec ont grandement aidé à dénombrer les chemins et à estimer leur niveau de fréquentation et d'entretien. Toutefois, il a été observé que plusieurs vieux chemins abandonnés cartographiés dans le 3e programme d'inventaire ont disparus dans la base de données du 4e programme. De plus, il a été observé que la fréquence de mise à jour des classes des chemins forestiers n'est pas assez rapide pour tracer un portrait précis de l'état des chemins. Ces deux derniers aspects renforcent la sous-hypothèse 1 que les bases de données spatiales gouvernementales actuellement disponibles sont trop imprécises et incomplètes pour permettre d'estimer le niveau d'entretien et de fréquentation des chemins avec précision.

Ensuite, au niveau de l'objectif 2, soit d'estimer la quantité, la localisation et l'état des traverses de cours d'eau situées sur une sélection de chemins en forêt publique québécoise, celui-ci a été partiellement atteint. En effet, il a été possible d'estimer la quantité et l'état des traverses de cours d'eau mais il n'a pas été possible de les localiser. Les bases de données gouvernementales de cours d'eau et de chemins étaient trop incomplètes et imprécises pour déterminer la localisation des traverses par intersection cartographique ce qui confirme la sous-hypothèse 2. Par conséquent, la quantité de traverses a dû être estimée en utilisant le nombre de traverse moyen par kilomètre de chemin. Enfin, il a aussi été possible de confirmer l'hypothèse 2 que les traverses de cours d'eau sur les chemins non-entretenus et peu fréquentés sont majoritairement en mauvais état. En effet, il a été observé que, sur les vieux chemins non entretenus, la majorité des traverses, notamment celles en bois, étaient dans un état non fonctionnel. De plus, il a été observé que sur les chemins non

Rapport-Gratuit.com

entretenus plus récents, une bonne proportion des traverses en TTOG commençait à montrer des signes de dégradation avancés.

Enfin, il a été possible d'atteindre certains éléments de l'objectif 3 qui consistait à estimer la durée de vie des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en acier. En effet, bien qu'il n'ait pas été possible de déterminer précisément leur durée de vie, celle-ci a tout de même pu être estimée ce qui contribue à l'avancement des connaissances dans ce domaine. Les durées de vie des traverses de cours d'eau en bois, en plastique et en TTOG ont été estimées respectivement à moins de 23 ans, plus de 17 ans et entre 25 et 30 ans. Ces estimations confirment les hypothèses 3 et 4 voulant que la durée de vie des traverses en bois est plus courte que celles en acier et que la durée de vie des traverses en plastique ne sera pas évaluable car aucune n'aura atteinte sa fin de vie utile.

Bibliographie

AQréseau+. 2016. Version 2.44. Base de données en ligne. Québec. Adresses Québec. [En ligne] http://adressesquebec.gouv.qc.ca/aqreseauPlus.asp Page web visitée le 9 septembre 2017.

Argent, D. G. et Flebbe, P.A. 1999. Fine Sediment Effects on Brook Trout Eggs in Laboratory Streams. Fisheries Research, vol. 39, p. 253-262.

Arvisais, M., D. Nadeau, M. Legault, H. Fournier, F. Bouchard et Y. Paradis. 2012. Plan de gestion du doré au Québec 2011-2016, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, 73 p.

Association régionale ZECO inc. 2004. Problématiques et pistes de solution du régime forestier québécois. Mémoire pour la commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. 15 p.

Bélanger, J.M., Hatin, M. 2004. Problématique du réseau routier principal – Maintient et mise en valeur de l'habitat de l'orignal sur les zecs. Régionale des zecs des Hautes-Laurentides. 34 p.

Corrugated Steel Pipe Institute (CSPI). 2007. Handbook of steel drainage and highway construction products. 482 p.

Derek P. Crane & John M. Farrell. 2013. Spawning Substrate Size, Shape, and Siltation Influence Walleye Egg Retention, North American Journal of Fisheries Management, 33:2, 329-337

Dubé, M. Delisle, S., Lachance, S., Dostie, R. 2006. L'impact de ponceaux aménagés en milieu forestier sur l'habitat de l'omble de fontaine. Ministère des ressources naturelles et de la faune. Direction de l'environnement forestier. Québec, Québec. 71 p.

Fondation de la faune du Québec. 1996. Habitat du poisson : le doré jaune. Guide d'aménagement d'habitats. Québec. 20p.

Franssen, J., Blais, C., Lapointe, M., Bérubé, F., Bergeron, N., Magnan, P. 2012. Asphyxiation and entombment mechanisms in fines rich spawning substrates: experimental evidence with brook trout (Salvelinus fontinalis) embryos. Canadian Journal of Fischeries and Aquatic Sciences 69: 587-599

Grégoire, L., Moreau, G., Huot, J. 1983. Effets de la coupe forestière sur la faune aquatique et terrestre. Centre de recherche sur l'eau. Université Laval. Québec. 113 p.

Hausle, D. A. et Coble, D.W. 1976. Influence of Sand in Redds on Survival and Emergence of Brook Trout (Salvelinus fontinalis). Transactions of the American Fisheries Society, vol. 1, p. 57-63.

Keller, G., Ketcheson, G. 2015. Storm damage risk reduction guide for low-volume roads. United States department of agriculture, Forest service. 230 p.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P., Jones, I. 2011. The impacts of fine sediments on riverine fish. Hydrological processes 25: 1800-1821

Latrémouille, I., 2012. Guide des saines pratiques d'entretien des chemins forestiers dans les zecs. Zecs Québec. 76 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.

Mélançon, J. 2009. Chemin forestier, chemin meurtrier. Prévention au travail. 1 p.

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). 2016. Adresses Québec – Guide de l'utilisateur – Version 2.44. Gouvernement du Québec, Québec. 84 p.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2016a. La gestion forestière de 1986 à 2013. [En ligne] https://mffp.gouv.qc.ca/forets/gestion/regime-1986-2013.jsp Page web visitée le 15 novembre 2016.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2016b. Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État. [En ligne] https://mffp.gouv.qc.ca/forets/amenagement/amenagement-RNI.jsp Page web visitée le 15 novembre 2016.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2016c. Doré jaune. [En ligne] https://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/peche/poissons/dore-jaune.jsp Page web visitée le 17 décembre 2016.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2016d. Cartes forestières et écoforestières. [En ligne] https://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/fiches/cartes-forestieres-ecoforestieres.jsp Page web visitée le 17 décembre 2016.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2016e. Omble de fontaine. [En ligne] http://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/peche/poissons/omble-fontaine.jsp Page web visitée le 17 décembre 2016.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2017. Disponibilité des produits de l'inventaire écoforestier du Québec méridional. Gouvernement du Québec, Québec. 6p.

Ministère des ressources naturelles (MRN). 1997a. Cahier des objectifs de protection du règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public (RNI). Gouvernement du Québec, Québec. 99 p.

Ministère des ressources naturelles (MRN). 1997b. L'aménagement des ponts et des ponceaux dans le milieu forestier. Gouvernement du Québec, Québec. 147 p.

Ministère des ressources naturelles (MRN). 2001. Guide de signalisation routière sur les terres et dans les forêts du domaine de l'État. Gouvernement du Québec, Québec. 47 p.

Ministère des ressources naturelles (MRN). 2013. Guide de signalisation routière sur les terres du domaine de l'État. Gouvernement du Québec, Québec. 36 p.

Ministère des ressources naturelles et de la faune. (MRNF). 2009. Normes de cartographie écoforestière – Troisième inventaire écoforestier. Gouvernement du Québec. 109 p.

Ministère des transports du Québec (MTQ). 2012. Manuel d'inspection des ponceaux. Gouvernement du Québec, Québec. 162 p.

Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations (FNLR). 2013. Engineering Manual. British -Columbia. 347p.

National cooperative highway research program (NCHRP). 2015. Service life of culverts – A synthesis of highway practice. Transportation research bord of the National Academies. Washington, D.C. 145 p.

Pêches et Océans Canada (MPO). 2010. Enquête sur la pêche récréative au Canada. Analyses économiques et statistiques, Politiques stratégiques, Gestion des ressources, Gestion des écosystèmes et des pêches. Ottawa, Ontario. 34 p.

Fisheries and Oceans Canada (MPO). 2015. Guidelines for the design of fish passage for culverts in Nova Scotia. Fisheries Protection Program, Maritimes Region, 95 pp.

Pêches et Océans Canada (MPO). 2016. Lignes directrices pour les traversées de cours d'eau au Québec. 73 pages et annexes.

Pépino, M., Rodriguez, M. A., Magnan, P. 2012. Impacts of highway crossings on density of brook charr in streams. Journal of Applied Ecology 49: 395-403

Plastic Pipe Institute. Document non daté. Handbook of polyethylene pipe. [En ligne] http://plasticpipe.org/publications/pe-handbook.html Page web visitée le 9 septembre 2017.

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.

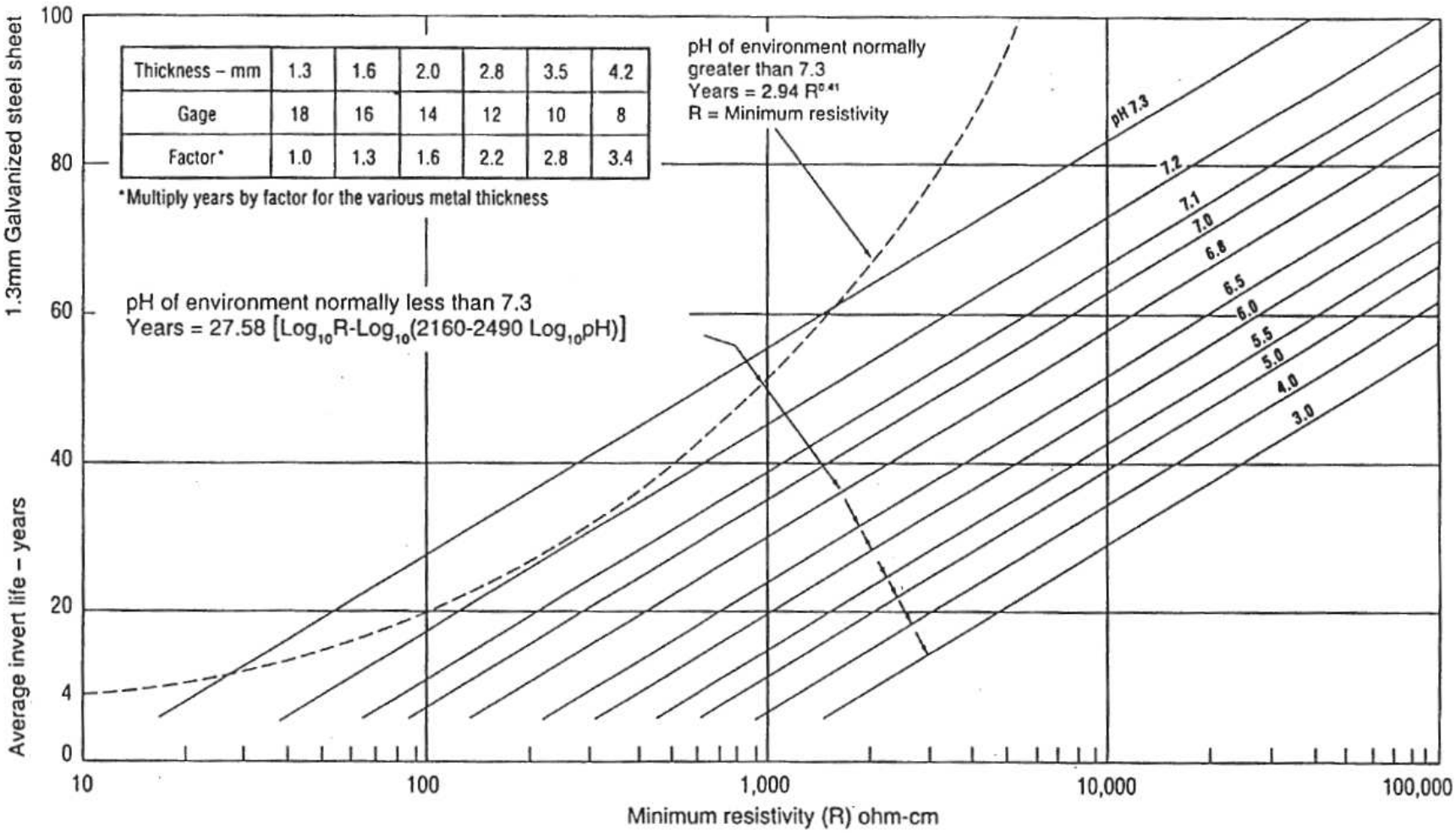
St-Onge, I., Bérubé, P., Magnan, P. 2001. Effets des perturbations naturelles et anthropiques sur les milieux aquatiques et les communautés de poissons de la forêt boréale. Le naturaliste canadien vol. 125

Torterot, J-B., Perrier, C., Bergeron, N., Bernatchez, L. 2014. Influence of forest road culverts and waterfalls on the fine-scale distribution of brook trout genetic diversity in a boreal watershed. Transactions of the American Fisheries Society, 143:6, 1577-1591

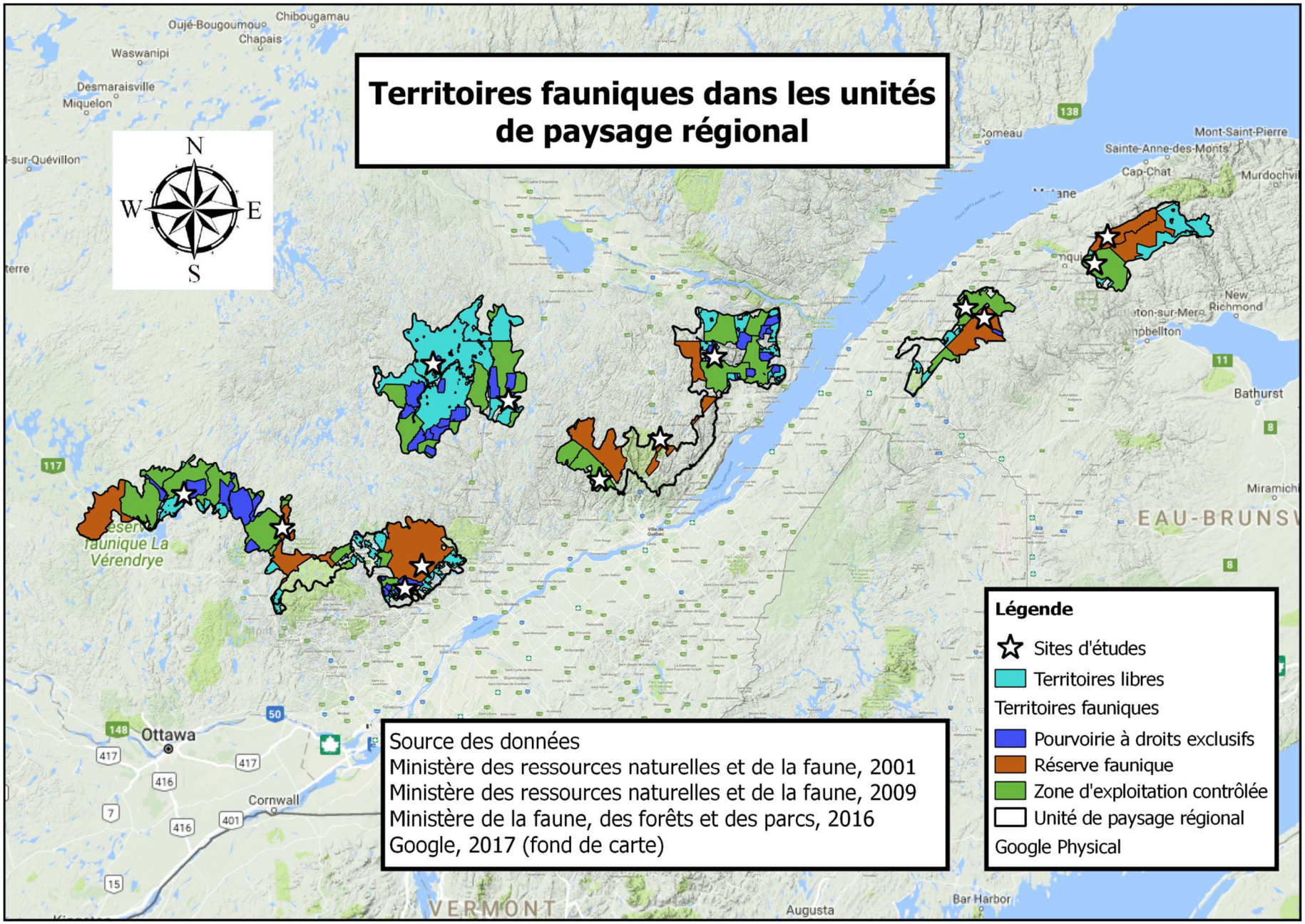
Trottier, F., Charette, Y. 2011. Impact des Chemins forestiers en perdition sur la libre circulation du poisson du doré jaune et de l'omble de fontaine dans les Laurentides. Association des pourvoiries des Laurentides. 28 p.

Annexe 1 – Abaque de durabilité des tuyaux en tôle d'acier ondulée

(CSPI, 2007)

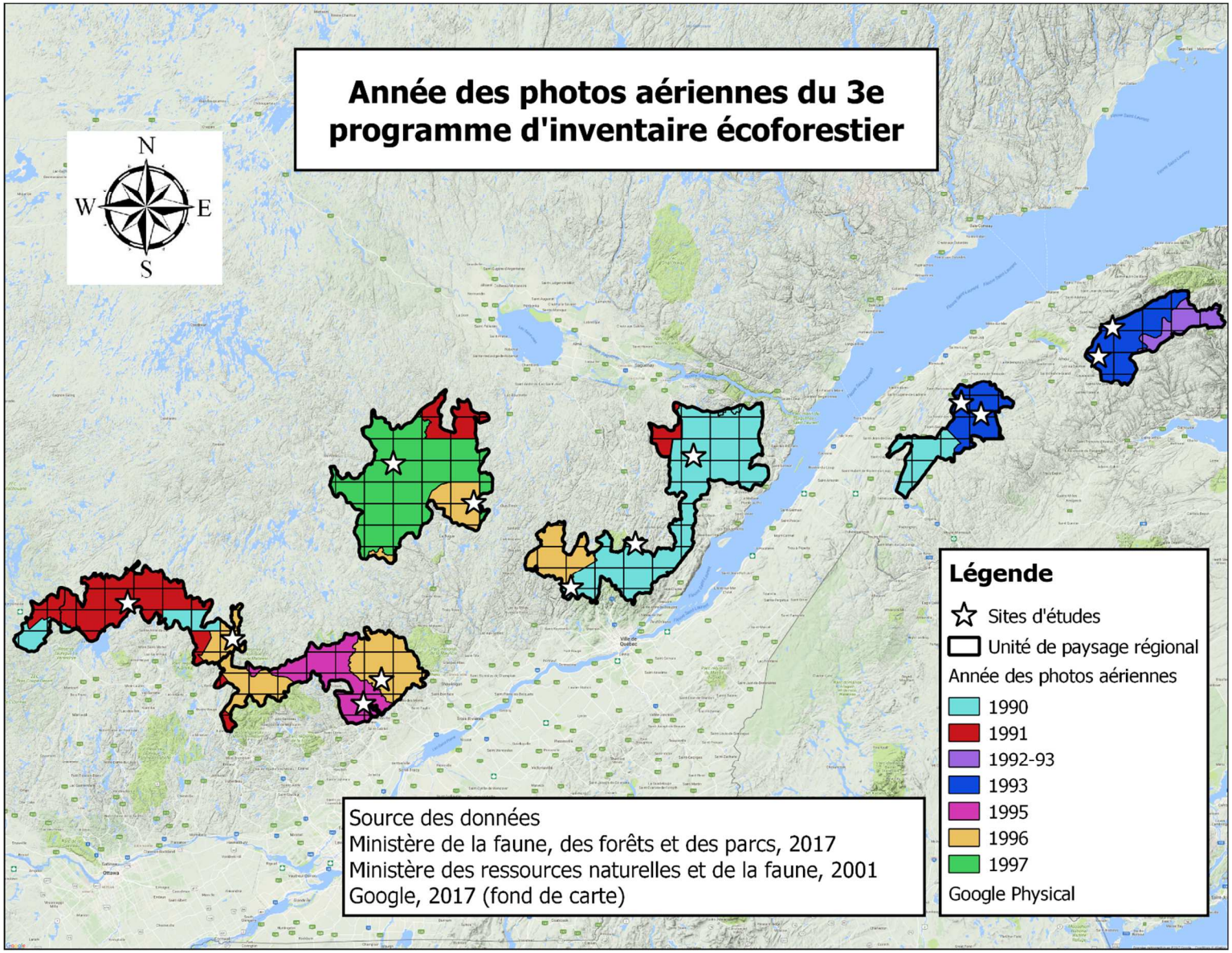

1.3mm Galvanized steel sheet
Average invert life – years
100
80
60
40
20
4
0
10
100
1,000
10,000
100,000
Minimum resistivity (R) ohm-cm
Thickness – mm | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 2.8 | 3.5 | 4.2
Gage | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8
Factor* | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 2.2 | 2.8 | 3.4
*Multiply years by factor for the various metal thickness
pH of environment normally greater than 7.3
Years = 2.94 R^0.41
R = Minimum resistivity
pH of environment normally less than 7.3
Years = 27.58 [Log10R-Log10(2160-2490 Log10pH)]
pH 7.3
7.2
7.1
7.0
6.8
6.5
6.0
5.5
5.0
4.0
3.0

Annexe 2 - Territoires fauniques dans les unités de paysage


Territoires fauniques dans les unités de paysage régional
N
W
E
S
Légende
Sites d'études
Territoires libres
Territoires fauniques
Pourvoirie à droits exclusifs
Réserve faunique
Zone d'exploitation contrôlée
Unité de paysage régional
Google Physical
Source des données
Ministère des ressources naturelles et de la faune, 2001
Ministère des ressources naturelles et de la faune, 2009
Ministère de la faune, des forêts et des parcs, 2016
Google, 2017 (fond de carte)
Chibougamau
Oujé-Bougoumou
Chapais
Waswanipi
Desmaraisville
Miquelon
Mont-Saint-Pierre
Sainte-Anne-des-Monts
Cap-Chat
New Richmond
Bathurst
Miramichi
EAU-BRUNSW
Ottawa
Cornwall
VERMONT
Augusta
Bar Harbor

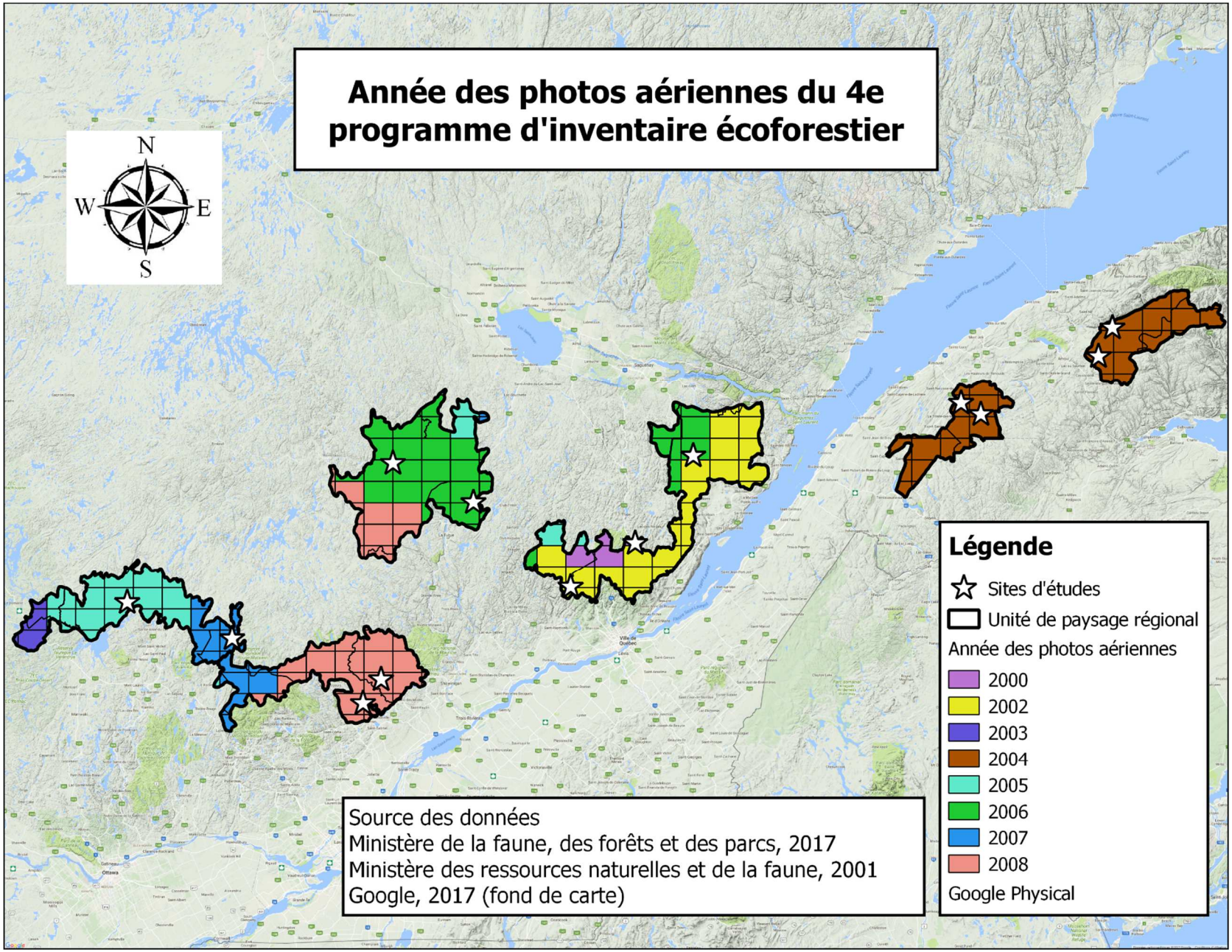
Annexe 3 – Années des photos aériennes du 3e programme d'inventaire écoforestier

Rapport-Gratuit.com


Année des photos aériennes du 3e programme d'inventaire écoforestier
N
W
E
S
Légende
Sites d'études
Unité de paysage régional
Année des photos aériennes
1990
1991
1992-93
1993
1995
1996
1997
Google Physical
Source des données
Ministère de la faune, des forêts et des parcs, 2017
Ministère des ressources naturelles et de la faune, 2001
Google, 2017 (fond de carte)

Annexe 4 – Année des photos aériennes du 4e programme d'inventaire écoforestier

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES


Année des photos aériennes du 4e programme d'inventaire écoforestier
N
W
E
S
Légende
Sites d'études
Unité de paysage régional
Année des photos aériennes
2000
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Google Physical
Source des données
Ministère de la faune, des forêts et des parcs, 2017
Ministère des ressources naturelles et de la faune, 2001
Google, 2017 (fond de carte)

Annexe 5 – Classification des chemins dans les légendes des cartes écoforestières

Premier programme

Réseau routier
- primaire
- secondaire
- tertiaire

Deuxième programme

Réseau routier primaire
- secondaire
- tertiaire

Troisième programme

Réseau routier ajouté par le S.I.F.
- primaire
- secondaire
- tertiaire
- d'hiver

Route forestière du réseau du Ministère — N-819

Pont numéroté du réseau du Ministère — 20

Quatrième programme

Voies de communication et ponts

- Classe 1, HN - Hors norme; HN
- 02
- 03
- 04
- NC - Non classé, ne répondent pas aux critères HN, 1 à 4
- NF - Non forestier (Adresse Québec)
- Pont forestier

Annexe 6 – Classification des chemins forestiers (MRN, 2013)

	Classes de chemin								
	Hors norme	1	2	3	4	5	Sentier destiné aux véhicules tout terrain motorisés	Sentier non destiné aux véhicules tout terrain motorisés	Sans mise en forme
Critères de conception									
Durée d'utilisation	50 ans	25 ans	25 ans	10-15 ans	3-10 ans	1-3 ans	Variable	Variable	3 mois
Vitesse affichée	70 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h	20 km/h	–	–	–
Distance minimale de visibilité d'arrêt (conception)	170 m	110 m	85 m	65 m	45 m	30 m	–	–	–
Dimensions du chemin									
Emprise	35 m	35 m	30 m	25 m	20 m	15 m	moins de 8 m	moins de 3 m	15 m
Chaussée	9,10 m	8,5 m	8,0 m	7,5 m	5,5 m	4,0 m	–	–	–
Accotement (chaque côté)	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	0,75 m	0,5 m	–	–	–
Alignement vertical et horizontal									
Courbe horizontale (rayon minimum)	340 m	190 m	130 m	90 m	50 m	50 m	–	–	–
Pente adverse maximale	4 %	6 %	7 %	8 %	10 %	–	–	–	–
Pente favorable maximale	6 %	9 %	11 %	14 %	16 %	–	–	–	–
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 essouché et dénudé en tout ou en partie du tapis végétal
Couche de roulement	Concassé	Concassé ou gravier tamisé	Gravier naturel	Gravier naturel	Sol minéral	Sol minéral	–	–	Neige
Ouvrages permis									
Type	Pont[1] et ponceau	Pont[1] et ponceau	Pont[1] et ponceau	Pont[1] et ponceau	Pont[1] et ponceau	Pont[1] et ponceau	Pont[1] et ponceau	Ponceau et ouvrage rudimentaire	Ouvrage amovible

[1] Largeur carrossable du pont = 4,3 m

Annexe 7 – Classification des chemins forestiers (MRN, 2001)

	Classes					
	Hors norme	**1**	**2**	**3**	**4**	**Hiver**
Caractéristiques						
Durée d'utilisation	50 ans	25 ans	25 ans	10-15 ans	3-10 ans	3 mois
Vitesse affichée	70 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h	–
Distance minimale de visibilité d'arrêt (conception)	170 m	110 m	85 m	65 m	45 m	–
Dimensions du chemin						
Emprise	35 m	35 m	30 m	25 m	20 m	–
Couche de roulement sans accotement	9,10 m	8,5 m	8,0 m	7,5 m	5,5 m	–
Accotement (de chaque côté)	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	0,75 m	–
Alignement vertical et horizontal						
Courbe horizontale (rayon min.)	340 m	190 m	130 m	90 m	50 m	–
Pente adverse maximale	4 %	6 %	7 %	8 %	10 %	–
Pente favorable maximale	6 %	9 %	11 %	14 %	16 %	–
Matériaux utilisés						
Fondation	Gravier naturel	Gravier naturel	Gravier naturel	Sol minéral	Sol minéral, sol organique (couche mince) et débris végétaux	Sol minéral, sol organique, débris végétaux et neige
Couche de roulement	Concassé	Concassé ou gravier tamisé	Gravier naturel	Gravier naturel	Sol minéral	Neige
Ponts						
Largeur carossable	4,3 m	4,3 m	4,3 m	4,3 m	4,3 m	–

Division des ponts et chemins forestiers, 2001-02-20

Annexe 8 – Quantité totale des différents types de chemins forestiers dans les unités de paysage

Rapport-Gratuit.com

UP	Gestionnaire faunique	Nombre total de kilomètres de chemins dans les UP selon les bases de données du 3e et du 4e programme d'inventaire écoforestier											
		Hors norme	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Non classé	Hiver	Inconnu	Non forestier	Présents dans le 3e programme mais absent du 4e	Total
46	Libre	0	0	0	41	109	0	269	16	0	13	13	462
	Pourvoirie à droits exclusifs	0	0	20	120	382	0	1102	57	0	26	69	1775
	Réserve faunique	0	0	0	29	366	0	672	20	0	19	5	1111
	ZEC	0	0	22	224	943	0	2261	129	0	9	81	3670
28	Libre	4	0	3	11	116	0	541	94	2	201	97	1068
	Pourvoirie à droits exclusifs	0	0	2	3	20	0	126	21	2	30	49	253
	Réserve faunique	1	18	0	97	937	0	1305	124	6	18	546	3053
	ZEC	0	0	4	1	44	0	280	25	5	81	174	615
53	Libre	0	26	61	543	3187	0	195	0	0	225	1650	5889
	Pourvoirie à droits exclusifs	0	0	24	0	760	0	0	2	0	75	380	1242
	ZEC	0	4	21	62	1408	0	24	1	0	80	1131	2731
92	Libre	0	0	0	1	163	0	263	6	3	45	145	626
	Pourvoirie à droits exclusifs	0	0	0	5	91	0	351	3	0	11	202	662
	Réserve faunique	0	0	0	90	508	0	799	17	0	43	1005	2462
	ZEC	0	0	0	86	715	1	1602	115	0	120	1105	3745
66	Libre	0	0	0	0	66	102	240	0	3	10	51	473
	Pourvoirie à droits exclusifs	0	0	0	1	17	1	8	0	0	0	4	30
	Réserve faunique	0	0	2	0	607	226	502	0	0	0	286	1623
	ZEC	0	0	0	19	449	393	418	0	4	10	239	1531
108	Libre	0	2	54	69	1258	23	415	0	0	46	218	2086
	Réserve faunique	0	0	8	1	464	125	344	0	2	5	143	1092
	ZEC	0	1	0	2	509	221	549	0	8	110	161	1560
Total		6	52	223	1406	13120	1092	12267	630	34	1176	7755	37760
%		0%	0%	1%	4%	35%	3%	32%	2%	0%	3%	21%	100%