

Rapport de caractérisation

État de la voirie forestière sur le territoire public d'OBAKIR



Réalisé par
l'Organisme de bassins versants de
Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup

Grâce au financement de
la Fondation de la faune du Québec

Équipe de réalisation

Rédaction

Olivier Boudreault, chargé de projet responsable du plan directeur de l'eau, géographe
Véronique Furois, chargée de projet, technicienne en écologie appliquée

Caractérisation terrain

Véronique Furois
Marie-Claude Gagnon, technicienne en environnement
Antoine Plourde-Rouleau, directeur général, biologiste
Marie-Hélène Beaulieu, assistante terrain
Vincent Turcotte, Zec Chapais
Jean-François Cloutier, Zec Chapais

Cartographie et géomatique

Olivier Boudreault

Révision

Antoine Plourde-Rouleau, directeur général, biologiste
Véronique Furois

Remerciements

Ce projet a pu être réalisé grâce à notre principal partenaire financier qu'est la Fondation de la faune du Québec (FFQ). Nous tenons aussi à remercier les partenaires qui ont appuyés le projet par leur contribution en nature, soit la Zec Chapais, Sylvain Jutras (professeur titulaire au sein de la faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval), le Groupement forestier Grand-Portage, ainsi que la Première Nation Wolastoqiyik Wamspekwuk. De plus, l'expertise de Stéphane Blouin de la CAPSA sur la caractérisation des ponceaux a permis à l'équipe terrain de se familiariser avec le protocole. Un merci particulier à nos collaborateurs terrain avec qui nous avons passé de belles journées en forêt : Marie-Hélène Beaulieu, Jean-François Cloutier et Vincent Turcotte!

Le rapport peut être cité de la façon suivante

OBAKIR. 2023. *État de la voirie forestière sur le territoire public d'OBAKIR*. Organisme de bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup. Rapport final. 55 p. avec 6 annexes.

Table des matières

Équipe de réalisation.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Liste des cartes.....	viii
Liste des abréviations.....	ix
Mise en contexte.....	1
Ombre de fontaine.....	2
Objectifs du projet.....	3
Localisation du territoire à l'étude.....	4
Méthodologie.....	4
Préparation.....	4
Terrain.....	5
Gestion des données géospatiales.....	5
Analyse multicritère.....	6
Résultats.....	9
Portrait de la caractérisation.....	9
État des ponceaux.....	9
Problématiques fréquentes.....	12
Obstructions au passage du poisson.....	18
Analyse multicritère.....	21
Discussion.....	23
État structural des traverses.....	23
Fréquentation des chemins.....	25
Analyse multicritère.....	26
Recommandations.....	27
Stratégies de gestion intégrée de la voirie forestière.....	27
Adaptations des structures.....	29
Pour aller plus loin.....	32

Références.....	33
Annexe 1 - Cartographie	36
Annexe 2 - Grille de prise de données terrain.....	49
Annexe 3 - Classification des chemins forestiers.....	50
Annexe 4 - Liste des ponceaux prioritaires.....	51
Annexe 5 – Stratégies de gestion pour les chemins à faible utilisation.....	53
Annexe 6 - Description de la base de données	55

Liste des tableaux

Tableau 1. Nombre de traverses de cours d'eau (nombre dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine) caractérisées par type et par bassin versant.....	9
Tableau 2. État structural des traverses de cours d'eau par bassin versant (nombre dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine).....	10
Tableau 3. Possibilité de passage du poisson en fonction de l'état structural de la traverse de cours d'eau (nombre dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine).....	18
Tableau 4. Nombre de chutes et/ou cascades selon le type de cours d'eau (nombre dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine).....	19
Tableau 5. Type d'obstruction dominante et proportion obstruée des traverses de cours d'eau.....	20
Tableau 6. Gain écologique potentiel des traverses de cours d'eau par bassin versant	21
Tableau 7. Traverses prioritaires, soient où le gain écologique potentiel est très élevée ou élevée, selon l'analyse multicritère	51

Liste des figures

Figure 1. Schématisation de l'analyse multicritère.....	8
Figure 2. État structural des traverses de cours d'eau en fonction du type de matériaux.....	11
Figure 3. État structural des traverses de cours d'eau en fonction du type de chemins.....	12
Figure 4. Normes d'implantation des ponts et ponceaux en vertu du RADF (MFFP, 2018).....	13
Figure 5. Problématiques d'implantation observées. A) Non-conformité de l'extrémité du conduit du ponceau (RADF, art. 100). B) Non-conformité au niveau de la stabilisation et de la pente (RADF, art. 73).	13
Figure 6. Principales sources des apports sédimentaires identifiées.....	14
Figure 7. Problématiques d'érosion observées. A) Érosion transversale de la surface de roulement. B. Érosion longitudinale de la surface de roulement. C. Érosion du remblai du chemin. D. Connectivité du fossé de drainage du chemin avec le cours d'eau.....	15
Figure 8. Figures de cas témoignant d'un entretien déficient des chemins forestiers.....	16
Figure 9. Cas de figure témoignant d'un entretien déficient des chemins forestiers. A) Absence de digue au niveau de la traverse. B) Présence d'ornières sur la surface de roulement. C) Digue au mauvais endroit en bordure de la route.....	16
Figure 10. Modifications aux cours fréquemment observées.....	17
Figure 11. Cas de figure de modifications au cours d'eau. A) Ponceau sous-dimensionné, augmentation des vitesses d'écoulement. B) Diminution de la profondeur d'eau dans le ponceau.....	18
Figure 12. Cas de figure d'une cascade (A) et d'une chute (B) à l'exutoire aval de ponceaux.....	19
Figure 13. Cas de figure d'obstruction de l'aire d'écoulement de ponceaux. A) Débris végétaux. B) Sédiments. C) Barrage de castor obstruant l'embouchure.....	21
Figure 14. Répartition des traverses de cours d'eau prioritaires (gain écologique potentiel très élevé ou élevé) en fonction du type de chemin.....	23
Figure 15. Cas de figure d'une mauvaise mise en place des traverses. A) Affaissement du remblai d'un nouveau chemin au-dessus du ponceau. B) Traverse en TTOG dans un état non fonctionnel persistant dans l'environnement.....	25

Figure 16. Traverse à gué aménagée (A) et non aménagée (B).....	30
Figure 17. Ouvrage amovible constitué de poutres de bois interreliées (matelas-culées) (tirée de Ferland, 2022)	31
Figure 18. Caractéristiques des chemins forestiers selon leur classement (RADF, annexe 4).....	50
Figure 19. Schéma décisionnel pour le réseau de chemins existants (Jutras et coll. 2022).....	53
Figure 20. Schéma décisionnel pour la construction de nouveaux chemins ou la réactivation de chemins existants (Jutras et coll., 2022).....	54

Liste des cartes

Carte 1.	Localisation du territoire à l'étude.....	36
Carte 2.	Portrait de la caractérisation des traverses de cours d'eau.....	37
Carte 3.	État structural des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Ouelle.....	38
Carte 4.	État structural des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière du Loup.....	39
Carte 5.	État structural des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Verte.....	40
Carte 6.	Évaluation de la possibilité de passage du poisson dans le bassin versant de la rivière Ouelle.....	41
Carte 7.	Évaluation de la possibilité de passage du poisson dans le bassin versant de la rivière du Loup.....	42
Carte 8.	Évaluation de la possibilité de passage du poisson dans le bassin versant de la rivière Verte.....	43
Carte 9.	Priorisation des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Ouelle.....	44
Carte 10.	Priorisation des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière du Loup.....	45
Carte 11.	Priorisation des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Verte.....	46
Carte 12.	Proposition de gestion des traverses de cours d'eau par unités de bassins versants (UBV).....	47

Liste des abréviations

BD	Base de données
CRHQ	Cadre de référence hydrologique du Québec
FFQ	Fondation de la faune du Québec
GRHQ	Géobase du réseau hydrique du Québec
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
OBVMR	Organisme de bassin versant Matapédia-Restigouche
PEHD	Polyéthylène haute densité (tuyau en plastique à l'intérieur ondulé)
RADF	Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État
RNI	Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État
SAFO	<i>Salvelinus fontinalis</i> (omble de fontaine)
TTOG	Tuyau de tôle ondulée et galvanisée
Zec	Zone d'exploitation contrôlée
ZGIE	Zone de gestion intégrée de l'eau

Mise en contexte

Les écosystèmes forestiers dominent la plupart des territoires amont des bassins versants de la zone de gestion intégrée (ZGIE) d'OBAKIR. De façon générale, la quantité de chemins construits en terre publique croît constamment. C'est dans les années 1990-2000 que le réseau s'est le plus développé (Jutras et coll., 2022). La majorité des chemins en terre publique répondent donc au Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État (RNI) qui encadrait la construction des chemins à cette époque. Les chemins sont principalement construits afin de répondre aux besoins de l'industrie forestière, mais aussi d'entreprises qui y réalisent des travaux d'utilité publique comme Hydro-Québec. Les chemins doivent donc être conçus pour le passage de véhicules lourds.

En 2018, le gouvernement a actualisé le RNI par le Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État (RADF). Les nouvelles connaissances ont permis des changements de pratique lors de la construction des chemins. Malheureusement, ce nouveau règlement ne prend pas en compte leur entretien. Après la période d'activités intenses, les chemins publics sont laissés en place et servent d'accès au territoire pour pratiquer différentes activités tels les travaux sylvicoles, la chasse, la pêche, la villégiature, etc. L'utilisation de ces chemins multiusages par des véhicules légers devient beaucoup moins intense.

Comme le RADF ne considère pas la notion de « chemin forestier à faible utilisation », ces chemins ne sont généralement pas entretenus puisque personne n'est tenu de le faire (Jutras et coll., 2022). En effet, aucun contrôle réglementaire n'est appliqué puisqu'aucun usager régulier ne peut être identifié. N'étant pas entretenues, les infrastructures se dégradent.

Certains chemins qui ne sont plus utilisés sont fermés et les ponceaux peuvent être démantelés. Malgré leur fermeture, des utilisateurs ont la possibilité de continuer d'y circuler en véhicule tout-terrain et de traverser directement dans les cours d'eau qu'ils croisent. Leurs passages à gué créent inévitablement de l'érosion des berges et du lit, menant à la mobilisation de sédiments fins.

Une des principales menaces du milieu forestier sur le milieu aquatique est l'apport de sédiment provenant des infrastructures (CTRI, 2006). Chaque traverse est un point de contact avec le cours d'eau et peut être une entrave au passage du poisson. En effet, selon une étude réalisée par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, il a été démontré que des quantités importantes de sédiments se retrouvaient jusqu'à 200 mètres en aval des ponceaux, et ce même 3 ans après leur installation (Dubé, 2006). Par la suite, avec la dégradation de ces

derniers, le remblai qui les entoure est sujet, lors de grandes crues, à s'éroder fortement et à causer des apports considérables de sédiments dans le cours d'eau (Foltz et al., 2008; King, 2017; Pyles et al., 1988 dans Jutras et al., 2022) détériorant ainsi l'habitat du poisson et diminuant la qualité de l'eau.

Ce type de projet d'acquisition de connaissance est rarement fait au Québec, où les travaux se limitent habituellement aux chemins principaux (Paradis-Lacombe, 2018). Ainsi, la diffusion des résultats vers les acteurs forestiers concernés est primordiale pour que des changements s'opèrent.

Omble de fontaine

La faune ichthyenne a besoin d'une diversité d'habitat pour compléter tout son cycle de vie, pour ce faire, elle doit se déplacer. Une bonne gestion de la voirie forestière permet de contribuer au maintien des écosystèmes aquatiques, notamment celui de l'omble de fontaine, communément appelé truite mouchetée, espèce prisée dans la région. Elle a des besoins vitaux particuliers dont une eau de très bonne qualité soit fraîche, claire et bien oxygénée.

La voirie forestière affecte de différentes manières la dynamique des rivières et les plans d'eau, entre autres :

- par l'obstruction des ponts, ponceaux et fossés mal conçus et/ou mal entretenus qui fractionne l'habitat du poisson, empêchant ainsi les individus d'une population de migrer vers des sites essentiels à leur survie, soit des habitats de reproduction, d'alimentation et d'abris;
- par l'apport de sédiments dans les cours d'eau qui peuvent, entre autres, endommager les branchies des poissons;
- par le colmatage des frayères (autre impact des sédiments);
- par la modification du régime hydrique qui se traduit par une augmentation et/ou une diminution des crues de pointe lors des tempêtes;
- par la modification de la végétation en bordure des cours d'eau qui a une grande importance sur la qualité de l'habitat;
- par la proximité des chemins des cours d'eau pouvant occasionner glissements de terrain, érosion, ornière, etc.;
- par les abat-poussières et stabilisateurs de route pouvant modifier le pH de l'eau de ruissellement (Desmarais, 2012).

De plus, des problèmes qui sont fréquemment observés dus à la présence de ponceaux et qui nuisent à la circulation du poisson sont :

- une profondeur d'eau trop faible pour la nage;
- des vitesses d'écoulement trop élevées dues à une pente trop forte;
- une sortie perchée.

Comme l'aire de répartition de l'omble de fontaine couvre pratiquement l'ensemble du Québec, la majorité des frayères ne sont pas connues ni cartographiées (MFFP, 2016). Ainsi, même en l'absence de frayère connue près des traverses aménagées, ces dernières peuvent représenter un obstacle potentiel à la migration vers des habitats favorables en amont.

Selon une étude réalisée par Kanno et coll. (2010) dans le Connecticut aux États-Unis, les petits cours d'eau de tête sont d'une grande importance pour la conservation de l'omble de fontaine; des populations peuvent persister dans de petits habitats isolés en amont. Selon l'étude, l'occurrence et l'abondance de l'omble de fontaine étaient faibles lorsque la taille du bassin versant dépassait 15 km².

Objectifs du projet

L'objectif principal du projet était de dresser un portrait global de l'état des traverses de cours d'eau présentes dans le réseau de la voirie forestière des terres publiques des bassins versants des rivières Ouelle, du Loup et Verte. Cela, au regard de l'impact sur l'habitat du poisson et l'apport de sédiments aux cours d'eau. Ainsi, ces informations pourront être prises en compte par les gestionnaires de la voirie forestière.

De l'objectif principal découlent plusieurs sous-objectifs :

- émettre des recommandations selon l'analyse des problématiques, afin de prioriser les interventions;
- créer une base de données (BD) rassemblant les informations recueillies lors de la caractérisation. Cette BD sera remise au ministère, afin de la maintenir à jour. Ainsi la réfection de ponceaux, l'aménagement de nouvelles infrastructures ou le retrait de certaines pourront être colligés dans cette BD;
- présenter les résultats à différents intervenants forestiers en terre publique;
- distribuer et rendre accessible les fiches informatives sur des méthodes étudiées d'aménagements, mais très peu utilisées, qui permettront un début de réflexion sur des changements possibles.

De plus, le portrait de l'état des traverses permet d'acquérir de l'information afin de répondre à des orientations du Plan de gestion de l'omble de fontaine 2020-2028 qui a été mis en place par le MFFP soit *Sensibiliser, informer et éduquer* et *Protéger et restaurer l'habitat du poisson* (MFFP, 2019).

Localisation du territoire à l'étude

L'étude de l'état de la voirie était limitée au territoire public du plateau appalachien d'OBAKIR, dont la superficie est de 985 km². Une partie de ce territoire se trouve en Chaudière-Appalaches (151 km²), mais n'a toutefois pas été visitée. La portion au Bas-Saint-Laurent comprend les MRC de Kamouraska et de Rivière-du-Loup. Elle est délimitée à l'ouest par la limite de la ZEC Chapais (amont du bassin versant de la rivière Ouelle) et s'étend vers l'est dans l'amont des bassins versants des rivières du Loup et Verte, sur les territoires des municipalités de Saint-Antonin et de Saint-Modeste et du TNO Picard (carte 1, annexe 1).

Méthodologie

Préparation

Le nombre de traverses potentielles sur le territoire public d'OBAKIR, ainsi que leur localisation, ont été déterminés à partir d'une analyse géomatique. Le croisement entre deux couches d'information géographique, soit le réseau routier et le réseau hydrographique (Données Québec) ont permis d'identifier 445 croisements qui représentent théoriquement des traverses. Cette nouvelle couche de données géographiques créée (ponceaux potentiels) a permis à l'équipe terrain de préparer les sorties en planifiant un itinéraire comprenant un maximum de traverses avec un minimum de déplacement.

Un feuillet Excel de collecte de données a été élaboré et transféré sur une tablette terrain (annexe 2). Le choix des données recueillies sur le terrain reposait entre autres sur la « Méthode uniforme d'inventaire des traverses de cours d'eau dans les zecs du Québec » développé par Zec Québec en collaboration avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) (Latrémouille et coll., 2016). S'est ajoutée la cueillette d'informations additionnelles qui découlait d'un travail de consultation qu'avait fait l'OBV Matapédia-Restigouche dans le cadre de leur projet « Caractérisation de l'impact des traverses et ponceaux dans les sentiers Quad sur le saumon » (OBVMR, 2020). Les principales informations recueillies étaient le type de matériaux, la

présence/absence de chute, la présence/absence d'obstruction, la présence de castor, etc.

Parallèlement, au feuillet Excel, un projet QField (QGIS) a été créé afin de géolocaliser les photos prises de chacune des traverses de cours d'eau. Pour faciliter le jumelage des deux bases de données, le même nom d'étiquette était utilisé dans le feuillet Excel et dans QField.

Terrain

La caractérisation de la voirie forestière s'est réalisée sur 25 jours à l'été 2021, soit en juillet, du 27 au 30; en août, du 2 au 4, le 16, du 18 au 20, du 23 au 26 et le 31; en septembre, les 1 et 2, du 8 au 10 et du 13 au 16.

Avant de partir sur le terrain, un secteur était sélectionné à partir de la donnée des ponceaux potentiels en considérant la possibilité de caractérisation à faire avec le moins de déplacement. Pour la majorité des déplacements, un véhicule style VUS était utilisé, faute de camionnette disponible, afin de parcourir différentes classes de chemins forestiers. Sur le terrain, à partir d'une artère principale, à chaque jonction rencontrée, une vérification était faite pour savoir si ce chemin secondaire croisait des cours d'eau. Si le chemin en question n'apparaissait pas sur notre carte parce qu'il était plus récent que la donnée géomatique des chemins, il était parcouru.

Les premières journées terrain se sont déroulées sur le territoire de la Zec Chapais. Un véhicule tout terrain style côtes-à-côtes nous a été prêté pour sillonner les chemins du territoire de la Zec. Des employés de la Zec accompagnaient les personnes responsables de l'inventaire. Comme ces derniers connaissaient l'emplacement des ponceaux de drainage, ils étaient aussi caractérisés. Cependant, étant donné leur grand nombre, il a été décidé de s'attarder qu'aux traverses qui avaient un contact direct avec un cours d'eau.

Lorsqu'un chemin croisait un cours d'eau, la traverse faisait alors l'objet d'une caractérisation selon le protocole établi.

Gestion des données géospatiales

La création d'une base de données géospatiales des traverses de cours est l'un des principaux objectifs de ce projet afin de mieux guider l'aménagement de la voirie forestière. Une codification a été attribuée à chacun de champ correspondant à une information distincte. L'annexe 4 contient la description détaillée de la base de données. Pour chaque traverse, des informations supplémentaires issues de différentes sources ont été ajoutées via une analyse du plus proche voisin. La classification du réseau hydrique (ordre de Strahler et de Horton) et l'aire du bassin

versant de la traverse proviennent respectivement de la Géobase du réseau hydrique du Québec (GRHQ) et du Cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ) (MRNF, 2023a ; MELCCFP, 2023). La classification des chemins forestiers et d'autres données complémentaires relatives à la voirie proviennent de la base de données d'AQréseauPlus d'Adresse Québec (MRNF, 2023b).

L'aire de répartition de l'omble de fontaine couvre pratiquement l'ensemble du Québec (MFFP, 2016). Toutefois, peu d'inventaires ont été réalisés sur le territoire à l'étude. À partir des données d'occurrence de l'omble de fontaine obtenues d'inventaires réalisés par le MFFP entre 1978 et 2019, il a été possible de cartographier l'aire de répartition potentielle de l'espèce. Cette dernière correspond à une interpolation des segments fluviaux entre les points d'occurrence des inventaires (*flow track*). Une zone de tampon de 200 mètres a été générée en périphérie des milieux hydriques identifiés. À l'aide d'une requête spatiale, il est possible d'estimer le nombre de traverses se trouvant à l'intérieur de l'aire de répartition potentielle. Cette information favorisera l'identification de traverses de cours d'eau prioritaires à l'échelle du territoire.

Analyse multicritère

L'analyse multicritère vise à orienter la prise de décision quant à la réfection et/ou le retrait des traverses de cours d'eau de façon à maximiser les bénéfices écologiques potentiels pour l'omble de fontaine. La sélection des critères d'analyse et leur pondération s'inspire de la méthodologie employée par l'OBVCdS, CBE et OBVFSJ (2021). Elle intègre également des balises issues de la littérature scientifique. Les paramètres retenus concernent autant des éléments biologiques, relatifs à l'état de la traverse et aux apports de sédiments observés et potentiels. Au bout de ce processus, les traverses de cours d'eau ayant obtenu le score le plus élevé devront être priorisées. La valeur de priorisation de chaque traverse correspond à la somme des critères normalisés.

Un paramètre a été identifié pour filtrer l'ensemble des traverses afin de conserver les traverses offrant le plus grand gain écologique potentiel du point de vue de l'omble de fontaine : la libre circulation du poisson. Ainsi les traverses présentant localement un obstacle naturel à la libre circulation du poisson ont été retirées. Le régime hydrologique n'a pas été un critère de discrimination des traverses. En effet, l'omble de fontaine utilise les cours d'eau en tête de bassin versant pour bénéficier des températures de l'eau plus fraîches (Kanno et coll., 2015). Hatin et Charrette (2014) ont montré que les cours d'eau intermittents représentent un habitat d'intérêt pour les alevins.

Six paramètres ont été identifiés pour orienter la priorisation des traverses (figure 1) : 1) la probabilité d'occurrence de l'omble de fontaine; 2) la hauteur de la chute à l'extrémité aval de la traverse; 3) le degré d'obstruction de l'aire de la traverse; 4) l'état structural de la traverse; 5) l'érosion et 6) la connectivité du fossé de drainage avec le cours d'eau. Ces paramètres ont été pondérés en fonction de leur impact potentiel sur l'omble de fontaine et son habitat.

La probabilité d'occurrence de l'omble de fontaine (occurrence SAFO) est un paramètre significatif de l'analyse multicritère. Toutefois, comme l'aire de répartition de l'espèce correspond à une interpolation basée sur un faible nombre d'inventaires, la pondération a été diminuée de façon à favoriser les gains écologiques potentiels évalués à partir d'autres paramètres.

La probabilité du passage de l'omble de fontaine est estimée à partir de deux variables : la hauteur de la chute à l'extrémité aval de la traverse et le degré d'obstruction de l'aire de la traverse. Une revue de la littérature de Fitch (1995) suggère que l'omble de fontaine possède la capacité de franchir aisément les chutes à l'exutoire d'un ponceau de moins de 10 cm. En effet, la probabilité de passage des petits individus diminuerait significativement au-delà de 15 cm et diminuerait drastiquement celle des plus grands individus au-delà de 21 cm (Burford et coll., 2009). Ainsi, on estime que la libre circulation du poisson est particulièrement impactée lorsqu'une chute possède une hauteur de plus de 15 cm et impossible au-delà de 21 cm. Selon cette logique, l'obstruction des traverses par des débris ou des sédiments peut représenter un obstacle pour la libre circulation du poisson. Cependant, on considère une obstruction entre 1-25 % de l'aire de la traverse comme acceptable et n'ayant pas d'impact sur l'omble de fontaine. Le RADF exige notamment un enfouissement minimal des ponceaux dans le lit du cours d'eau (RADF, art. 104).

L'état structural de la traverse est également considéré (bon, acceptable, médiocre ou critique). Ce critère concerne uniquement l'état de la structure, reflétant sa capacité à remplir adéquatement ses fonctions de drainage et/ou de support de la route. L'impact potentiel d'une traverse sur le milieu hydrique est pondéré de façon plus importante en fonction de son niveau de dégradation (rouille, perforation, etc.).

L'érosion est un critère important puisque son impact peut se répercuter à une certaine distance en aval de la traverse de cours d'eau, conséquemment sur la viabilité des frayères (Dubé et coll., 2006). Les chemins forestiers et les traverses de cours d'eau représentent une source considérable de sédiments vers les milieux hydriques (Jutras et coll., 2022). L'importance relative des apports en sédiments

varie en fonction du type d'érosion observée. L'érosion provenant de la surface de roulement du chemin (longitudinale, transversale et mixte) et du remblai du chemin représente les sources plus importantes en sédiments. L'érosion en provenance du fossé de drainage ainsi que des signes d'érosion légère sont aussi considérées, mais dans une moindre mesure. L'érosion d'origine naturelle n'est pas considérée dans l'analyse.

Enfin, la connectivité du fossé de drainage avec le cours d'eau représente une source potentielle de sédiments. L'écoulement d'un fossé de drainage doit être redirigé à plus d'un 20 mètres d'un cours d'eau (RADF, art. 75). Toutefois, cette norme n'est pas toujours appliquée et représente un apport en sédiment significatif. Comme il s'agit d'une source potentielle en sédiment, sa pondération a été minimisée.

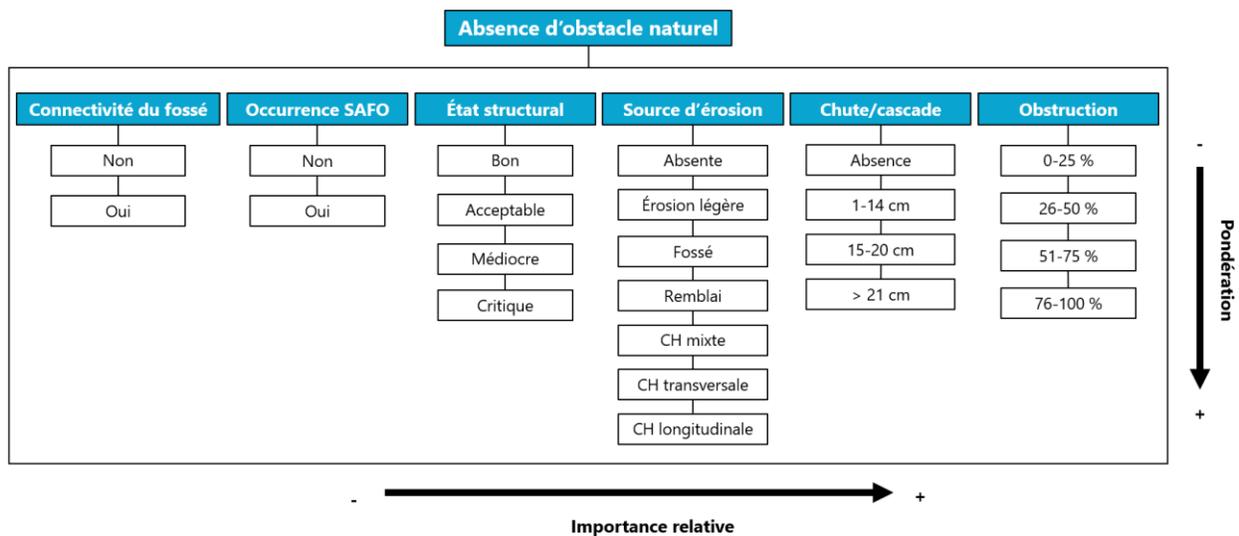


Figure 1. Schématisation de l'analyse multicritère

Résultats

Portrait de la caractérisation

L'analyse de croisement entre le réseau routier et le réseau hydrographique a préalablement révélé 445 jonctions potentielles en territoire public. Sur le terrain, la caractérisation de la voirie forestière a mené à l'inspection de 283 jonctions (soit 64 % de l'ensemble identifié), où seuls 193 se sont révélées être des traverses de cours d'eau (arche, ponceau et pont). Ce chiffre ne comprend pas les conduits de drainage. Pour plusieurs jonctions en tête de bassin versant, le cours d'eau est simplement scindé par le chemin et l'écoulement redirigé vers le fossé de drainage. Pour des raisons d'inaccessibilités, 162 jonctions (36 %) n'ont pas pu être inspectées. La caractérisation terrain a également permis de localiser des traverses non préalablement identifiées par l'analyse de jonction.

Au total, 206 traverses de cours d'eau ont été caractérisées dans les bassins versants des rivières du Loup, Ouelle et Verte (tableau 1). La plupart des traverses observées sur le terrain étaient des ponceaux (82 %). Seulement 22 traverses sont situées dans l'aire de répartition de l'ombre de fontaine (11%). Le tableau 1 précise le nombre et le type de traverses caractérisées par bassin versant. La carte 2 (annexe 1) présente la localisation des traverses de cours d'eau et l'absence de traverse.

Tableau 1. Nombre de traverses de cours d'eau (nombre dans l'aire de répartition de l'ombre de fontaine) caractérisées par type et par bassin versant

Type	Bassin versant			Total	%
	Loup	Ouelle	Verte		
Arche	5 (0)	1 (0)	0	6 (0)	3
Ponceau	115 (7)	45 (7)	8	168 (14)	82
Pont	24 (6)	6 (2)	2	32 (8)	16
Total	144 (13)	52 (9)	10	206 (22)	100

État des ponceaux

L'état général des traverses, illustré par le tableau 2, présente un portrait relativement bon où plus de la moitié (53 %) des infrastructures sont saines, c'est-à-dire qu'elles répondent à leurs fonctions de drainage et/ou de support de la route. L'état des traverses à l'intérieur de l'aire d'occurrence de l'ombre de fontaine est semblable à la tendance générale. On considère que 47 % des traverses présentent des signes de dégradations nuisant à leur bon fonctionnement, voire 18 % dans un état critique ou ayant atteint la fin de leur vie utile.

Tableau 2. État structural des traverses de cours d'eau par bassin versant (nombre dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine)

État	Bassin versant			Total	%
	Loup	Ouelle	Verte		
Bon	73 (9)	31 (5)	5 (0)	109 (14)	53
Acceptable	29 (2)	8 (1)	3 (0)	40 (3)	19
Médiocre	14 (0)	6 (3)	0 (0)	20 (3)	10
Critique	28 (2)	7 (0)	2 (0)	37 (2)	18
Total	144 (13)	52 (9)	10 (0)	206 (22)	100

L'ensemble des arches présentent un état leur permettant d'assurer leur fonction. Plus fréquemment utilisés, les ponceaux et les ponts montrent une plus grande variabilité d'une infrastructure à l'autre. En effet, 54 % des ponceaux et 44 % des ponts sont considérés en bon état, mais on remarque aussi que respectivement 24 % et 50 % de ces infrastructures sont dans un état médiocre à critique. De plus, la grande majorité de ces infrastructures se retrouvent sur des cours d'eau permanents (74 %). On retrouve la plupart des traverses à l'intérieur du bassin versant de la rivière du Loup (74 %). Près de 36 % des traverses situées à l'intérieur de l'aire d'occurrence de l'omble de fontaine montrent des signes de dégradation.

Les cartes 3 à 5 (annexe 1), présentent la répartition spatiale de l'état structural des traverses de cours d'eau en territoire public. Dépendamment du type de matériaux les constituant, les traverses de cours d'eau sont dans un état structural variable (figure 2). Les ponceaux retrouvés sur le terrain étaient principalement constitués de tuyau de tôle ondulée et galvanisée (TTOG) et de tuyau en plastique à l'intérieur ondulé (PEHD). Le bois et le béton sont des matériaux fréquemment utilisés, principalement pour les arches et les ponts.

Les traverses de cours d'eau en bois présentent une plus forte dégradation où 11 % et 39 % sont dans un état médiocre et critique. Cette information soulève la précarité de certains ponts en territoire public puisqu'ils représentent 93 % de ce type d'infrastructure. À l'inverse, les traverses en béton sont dans un meilleur état. En effet, 75 % sont dans un bon état et 25 % dans un état acceptable. Les traverses en TTOG et en plastiques montrent un portrait général plus nuancé, respectivement 60 % et 49 % de ces infrastructures présentent un bon état. Toutefois, une proportion considérable de ce type de traverses montre des signes de dégradation, dont 8 % et 18 % ont atteint la fin de leur vie utile.

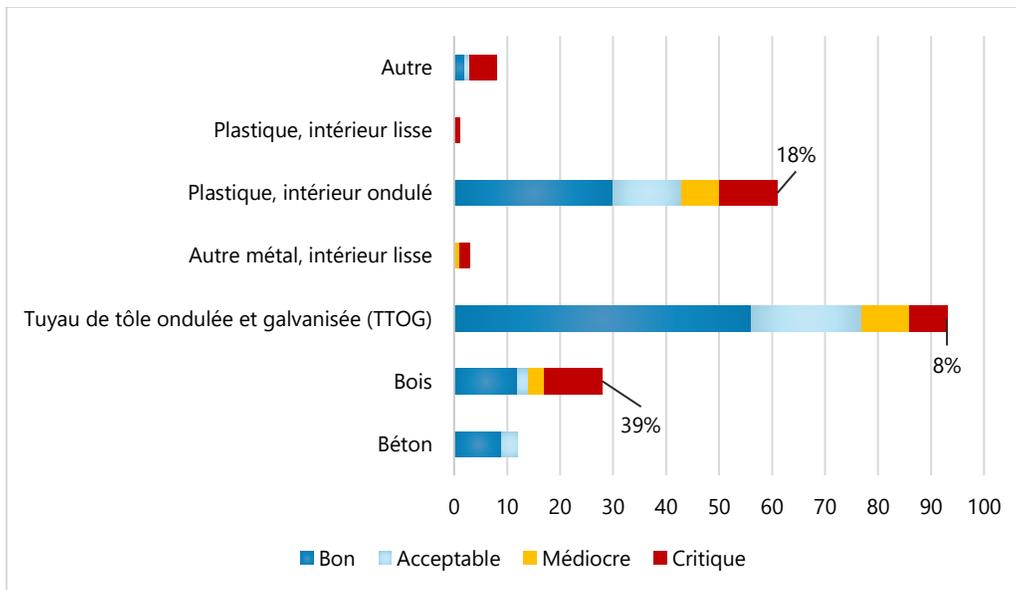


Figure 2. État structural des traverses de cours d'eau en fonction du type de matériaux

Le réseau routier forestier du territoire à l'étude (1708 km) est principalement composé de chemin non classé (46 %) et de chemin à faible utilisation (43 %), soit des chemins de classe 3, 4 et 5 selon la classification du RADF (annexe 3). Les cartes 3 à 5 (annexe 1), illustrent les ramifications des chemins forestiers sur le territoire public.

Une part importante des traverses de cours d'eau caractérisées (40 %) étaient sous-jacentes à un chemin non classé (figure 4). Ces tronçons de chemins sont non carrossables, impraticables ou d'un état inconnu. Sur le terrain, il a été estimé que 34 % de ces tronçons sont non carrossables (uniquement utilisables par un véhicule à quatre roues motrices), 7 % identifiés comme des chemins principaux ou 59 % comme des chemins secondaires. C'est sur les chemins non classés que l'on retrouve la plupart des traverses dans un état médiocre et critique.

Les traverses de cours d'eau caractérisées sur des chemins à faible utilisation (classe 3, 4 et 5) présentent généralement un bon état. Près de 37 % des traverses caractérisées sont situées sur ce type de chemin. À noter que 36 % des traverses que l'on y retrouve présentent des signes de dégradation. On observe une part significative d'infrastructures médiocres à critiques sur les chemins de niveau 5 (13 %). Ces derniers sont ceux ayant la plus faible durée d'utilisation, soit entre 1 et 3 ans. Les chemins à faible utilisation ont une durée d'utilisation entre 1 et 15 ans. Près de 97 % des traverses sur ces chemins sont des ponceaux, principalement faits de TTOG ou de plastique (90 %).

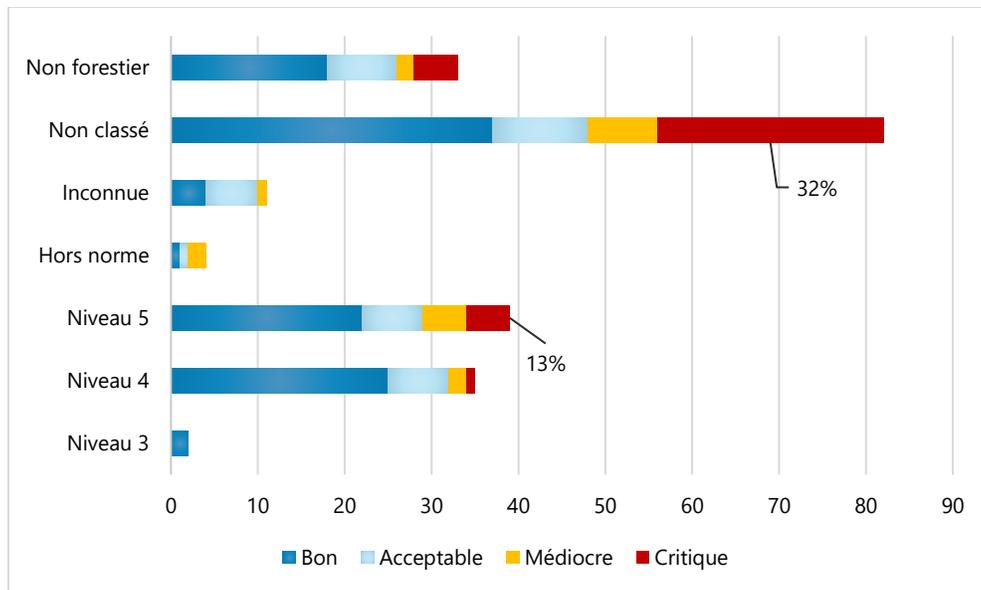


Figure 3. État structural des traverses de cours d'eau en fonction du type de chemins

Problématiques fréquentes

Plusieurs problématiques ont été observées sur le terrain relativement aux normes d'implantation des ponts et ponceaux de la section III du chapitre V du RADF (figure 4). Le règlement prévoit que le talus du remblai d'une traverse doit être stabilisé entre les berges du cours d'eau jusqu'au-dessus du conduit ou de l'arche et adoucie selon suivant un rapport 1 : 1,5 (RADF, art. 95). Le talus du remblai peut être stabilisé de plusieurs façons : stabilisation par la végétation, l'enrochement et la construction d'un mur de soutènement. Une membrane géotextile doit être posée sous l'enrochement ou le mur de soutènement le cas échéant (RADF, art. 73 et 95). Le non-respect de ces normes d'installations a été soulevé près de 146 fois, soit sur 22 % (stabilisation), 32 % (géotextile) et 17 % (pente) des infrastructures (figure 5). La plupart des traverses ont possiblement été aménagées avant l'entrée en vigueur du RADF en 2018. Les normes édictées ont toutefois été utilisées pour évaluer les traverses, non pas en termes de conformité réglementaire, mais en termes d'impact potentiel sur les milieux hydriques. Cela peut aussi être un indicateur de l'entretien des chemins et des traverses de cours d'eau.

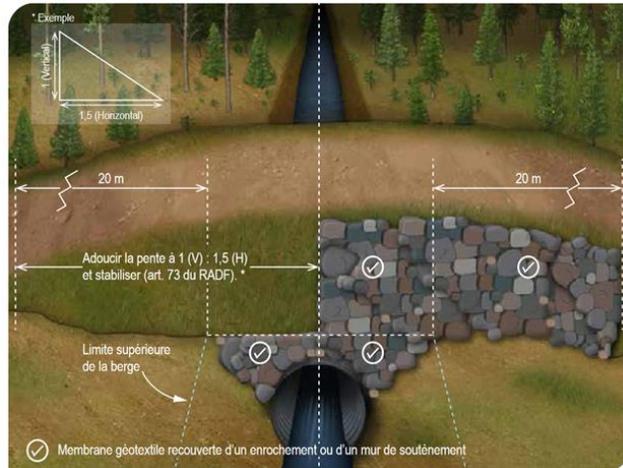


Figure 4. Normes d'implantation des ponts et ponceaux en vertu du RADF (MFFP, 2018)

Dans le cas d'un ponceau, l'extrémité du conduit doit également dépasser la base du remblai après sa stabilisation d'au plus 300 mm (RADF, art. 100). La longueur du tuyau à la base du remblai s'est révélée inférieure à la norme pour les 6 arches (100 %) et 147 ponceaux (88 %). Il est possible que ces traverses aient été installées en respectant les normes d'implantation. Toutefois, un entretien déficient ne tenant pas compte de la traverse peut avoir contribué au déversement de matériel sur le remblai. Selon l'article 104 du RADF, le conduit d'un ponceau doit être enfoui sous le lit du cours d'eau à une profondeur équivalant à 10 % de la hauteur du conduit sans excéder 500 mm. Ce critère n'a pas été observé pour 44 ponceaux (26 %), principalement sur des infrastructures montrant des signes de dégradation. L'enfouissement du ponceau favorise son maintien dans le temps en plus de favoriser la circulation du poisson.



Figure 5. Problématiques d'implantation observées. A) Non-conformité de l'extrémité du conduit du ponceau (RADF, art. 100). B) Non-conformité au niveau de la stabilisation et de la pente (RADF, art. 73).

L'apport en sédiments aux cours d'eau est une problématique fréquemment observée sur le terrain. Près de 95 traverses (46 %) présentent une problématique d'érosion ou de sédimentation, la provenance des sédiments serait d'origine anthropique à 95 % (figure 6). L'érosion de la surface des chemins (longitudinale, transversale ou mixte) est une des causes principales des apports en sédiments vers le cours d'eau (43 %). L'érosion transversale du chemin en est la cause principale. Elle peut se produire en l'absence de tuyau de drainage sous la surface de roulement des chemins. Ainsi, elle peut être symptomatique d'un entretien inadéquat du chemin ou d'une mauvaise implantation initiale (figure 7). De plus, on remarque l'absence de fossé de drainage en bordure de la route pour 91 % de ces traverses. Cependant, la principale source d'apport en sédiments est attribuable aux remblais des chemins (48 %). Cela survient lorsque l'eau de ruissellement de la surface de roulement s'écoule directement sur le talus du remblai du chemin (figure 7). La présence de digues (bourrelets) permettrait d'empêcher le ruissellement de rejoindre le cours d'eau.

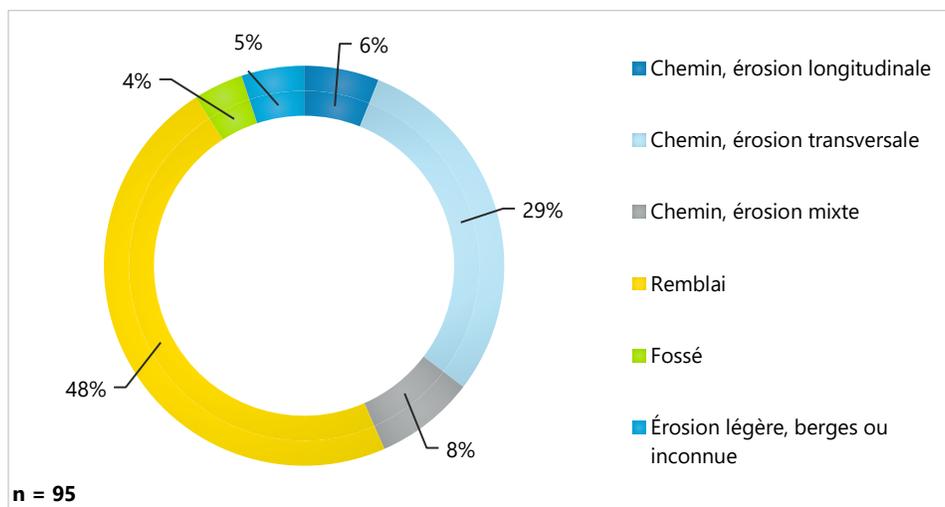


Figure 6. Principales sources des apports sédimentaires identifiées

Une autre source considérable de sédiments est la connectivité des fossés de drainage en bordure des chemins (figure 7). Afin de limiter l'écoulement des eaux de ruissellement de la surface du chemin et le transfert de sédiments vers les milieux hydriques, l'article 75 du RADF prescrit que l'écoulement doit être évacué vers des zones de végétation situées à plus de 20 mètres d'un cours d'eau. Sur les 54 segments de chemin présentant des fossés, 51 (94 %) sont connectés au cours d'eau. On estime que la connectivité du fossé avec le cours d'eau représente un

apport significatif de sédimentation pour 45 % de ces traverses. Trois de ces traverses sont situées à l'intérieur de l'aire de répartition de l'omble de fontaine. L'aménagement de bassins de sédimentation ne semble pas une méthode reconnue sur le territoire puisqu'un seul bassin a été répertorié au cours de la caractérisation.



Figure 7. Problématiques d'érosion observées. A) Érosion transversale de la surface de roulement. B. Érosion longitudinale de la surface de roulement. C. Érosion du remblai du chemin. D. Connectivité du fossé de drainage du chemin avec le cours d'eau

L'entretien des chemins forestiers représente également un enjeu important. La caractérisation terrain a estimé un entretien déficient du tronçon de chemin pour 88 traverses (43 %), dont 9 dans l'aire d'occurrence de l'omble de fontaine. Plusieurs figures de cas ont été identifiées pour caractériser la déficience de l'entretien (figures 8 et 9). La principale problématique observée est la destruction ou l'absence de la digue au niveau de la traverse (78 %). L'intégrité des digues peut avoir été impactée progressivement en fonction des entretiens ou non aménagée lors de l'aménagement des chemins. L'absence de digue au niveau de la traverse permet aux eaux de ruissellement de la surface du chemin de s'écouler directement vers le cours d'eau. Ce faisant, la traverse peut favoriser la sédimentation dans le cours d'eau et potentiellement nuire à l'habitat de certaines espèces aquatiques.

L'absence ou le caractère vétuste des canaux de déviation (10 %) ainsi que la présence d'ornières (10 %) ont été fréquemment observés. Ces derniers traduisent un manque d'entretien de la surface de roulement des chemins diminuant la durabilité du réseau routier. Ils permettent une certaine canalisation de l'écoulement sur la surface de roulement, favorisant l'érosion de celle-ci.

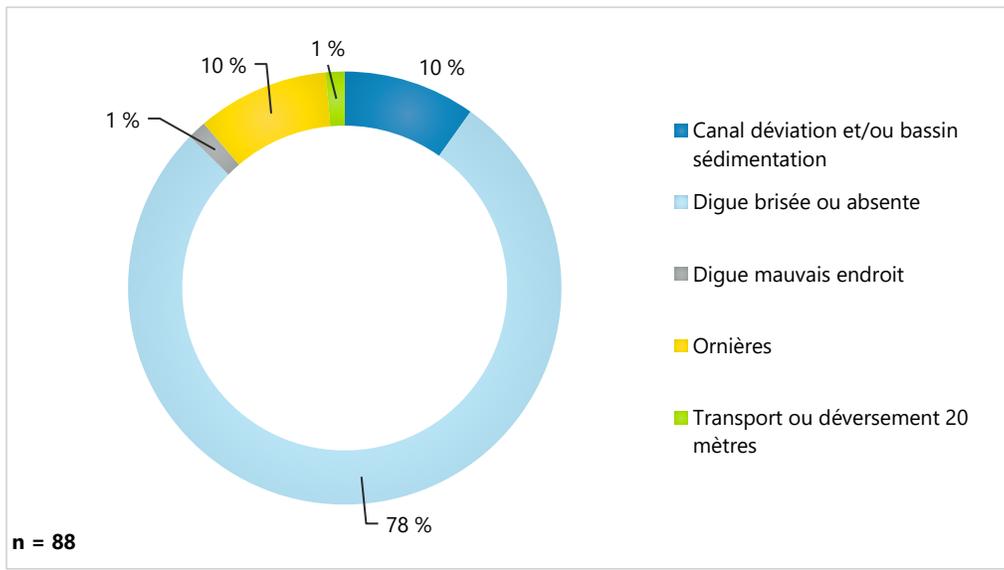


Figure 8. Figures de cas témoignant d'un entretien déficient des chemins forestiers



Figure 9. Cas de figure témoignant d'un entretien déficient des chemins forestiers. A) Absence de digue au niveau de la traversée. B) Présence d'ornières sur la surface de roulement. C) Digue au mauvais endroit en bordure de la route

L'installation des traverses, notamment des ponceaux, peut entraîner des modifications sur la géométrie du chenal du cours d'eau et sur son profil de vitesse. Sur l'ensemble des traverses caractérisées, 112 (54 %) semblent avoir causé une modification au cours d'eau où 98 % de ces traverses sont des ponceaux (figure 10). Ces modifications représentent une entrave à la libre circulation des espèces aquatiques. L'augmentation des vitesses d'écoulement est un paramètre influençant fortement la libre circulation du poisson (Fitch, 1995). Celle-ci a été remarquée sur 15 traverses de cours d'eau (13 %), dont 2 dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine. L'installation de ponceaux sous-dimensionnés peut engendrer ce genre de modification (figure 11). Les modifications aux cours d'eau plus fréquemment observées sont la création d'une fosse en aval de la structure (51 %) et la diminution de la profondeur de l'eau dans le conduit (45 %) (figure 11). Pour les traverses où l'on observe la création d'une fosse, 44 % de celles-ci présentaient aussi une chute et/ou une cascade à l'exutoire du ponceau. La profondeur de la fosse à l'aval est un facteur pouvant diminuer la probabilité de passage du poisson (Goerig et coll., 2016). Dans 8 % des cas, la traverse contribue à diminuer la largeur du cours d'eau de 20 % ou plus. La diminution de la largeur du cours d'eau a pour effet de restreindre l'aire d'écoulement et contribue ainsi à l'augmentation des vitesses d'écoulement, particulièrement à l'intérieur des ponceaux.

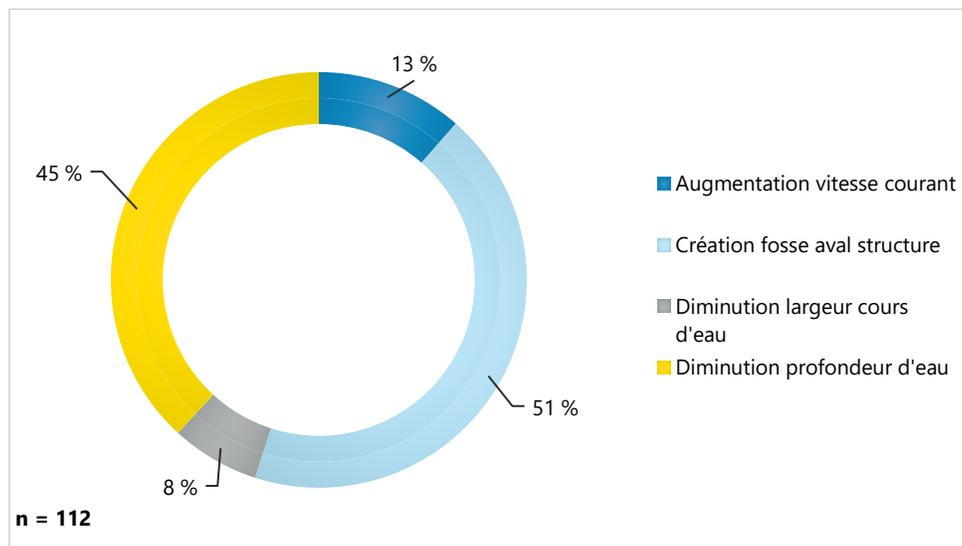


Figure 10. Modifications aux cours fréquemment observées



Figure 11. Cas de figure de modifications au cours d'eau. A) Ponceau sous-dimensionné, augmentation des vitesses d'écoulement. B) Diminution de la profondeur d'eau dans le ponceau

Obstructions au passage du poisson

La caractérisation de la voirie forestière a également permis de recenser de multiples entraves à la libre circulation du poisson. Le type de traverse installé contribue à la fragmentation de l'habitat des poissons, notamment les ponceaux. Ce faisant, l'aménagement de traverses de cours d'eau peut avoir un impact sur la qualité, mais aussi sur la quantité d'habitats disponibles (Goerig *et coll.*, 2016).

Au total, l'inventaire terrain permet d'estimer que 73 traverses de cours d'eau (35 %) représentent une entrave à la libre circulation du poisson (tableau 6). La plupart des traverses ne permettant pas le passage du poisson présentent pourtant un bon état structural (51 %). La majorité, soit 48, sont situées sur des cours d'eau permanents et 5 dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine (carte 6 à 8, annexe 1).

Tableau 3. Possibilité de passage du poisson en fonction de l'état structural de la traverse de cours d'eau (nombre dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine)

Passage du poisson	État				Total
	Bon	Acceptable	Médiocre	Critique	
Impossible	37 (5)	18	8	10	73 (5)
Possible	72 (9)	22 (3)	12 (3)	27 (2)	133 (17)
Total	109 (14)	40 (3)	20 (3)	37 (2)	206

La présence d'une chute à l'extrémité aval d'un ponceau constitue un obstacle réduisant la possibilité de passage par le poisson (Burford *et coll.*, 2009). Sur le terrain, la présence de chutes et/ou de cascades (figure 12) a été identifiée sur 49 traverses (1 arche et 48 ponceaux). La majorité de ces traverses sont situées sur des cours d'eau permanents en tête de bassin versant, soit 78 % (tableau 7). Seuls 4 sont situés dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine, représentant 18 % des traverses rencontrant ce critère. La quasi-totalité des chutes/cascades se retrouve dans les bassins versants des rivières Ouelle (39 %) et du Loup (59 %).



Figure 12. Cas de figure d'une cascade (A) et d'une chute (B) à l'exutoire aval de ponceaux

Tableau 4. Nombre de chutes et/ou cascades selon le type de cours d'eau (nombre dans l'aire de répartition de l'omble de fontaine)

Type de chute	Type de cours d'eau		Total
	Permanents	Intermittent	
Cascade	8 (1)	2	10 (1)
Chute	29 (2)	9 (1)	38 (3)
Chute-Cascade	1	0	1
Total	38 (3)	11 (1)	49

Lorsque l'on retrouve une chute à l'extrémité aval d'un ponceau, la probabilité de passage de l'omble de fontaine en est diminuée (Fitch, 1995 ; Burford *et al.*, 2009). Près de 76 % des traverses présentant une chute ne représentent pas une entrave majeure à la libre circulation du poisson puisque la hauteur est inférieure à 15 cm. Toutefois 24 % des traverses présentant une chute contribuent à la fragmentation de l'habitat. En effet, on observe 5 traverses (10 %) avec une chute entre 15 et

20 cm et 7 traverses (14 %) avec une chute dont la hauteur est supérieure à 21 cm (figure 12). On considère cependant une chute, peu importe sa hauteur, comme un obstacle pouvant diminuer potentiellement la probabilité de passage du poisson.

L'obstruction de l'aire d'écoulement de la traverse de cours d'eau, autant par les débris, les sédiments ou le castor, peut aussi contribuer à limiter la circulation du poisson. On observe que 73 traverses présentent un certain degré d'obstruction, soit 35 % (tableau 8, figure 13). Plus précisément, cela représente 13 % des ponts (3) et 41 % des ponceaux (69). De plus, 64 % des traverses obstruées sont situées sur des cours d'eau permanents.

Près de 45 % de ces traverses possèdent une obstruction légère (1 à 25 %) générée par l'accumulation de débris, de sédiments ou d'autres éléments (blocs, bois, etc.). Une proportion considérable de traverses présente une forte obstruction (76 à 100 %), principalement due à une accumulation mixte de débris végétaux et de sédiments. Près du quart de ces traverses (22 %) présente une obstruction principalement due à l'accumulation de sédiments. Cette accumulation peut être une conséquence des activités forestières, de l'aménagement de chemins et de leur mauvais entretien. Une accumulation de débris végétaux ou mixtes peut laisser sous-entendre la présence de castors à proximité des traverses de cours d'eau.

Tableau 5. Type d'obstruction dominante et proportion obstruée des traverses de cours d'eau

Type d'obstruction dominante	Proportion de la traverse obstruée (%)				Total	%
	1 à 25	26 à 50	51 à 75	76 à 100		
Débris végétaux	8	5	1	5	19	26
Sédiments	8	3	2	3	16	22
Mixte	2	4	3	9	18	25
Tuyau écrasé	4	1	1	0	6	8
Autres	11	0	0	3	14	19
Total	33	13	7	20	73	100

Des traces témoignant de la présence de castors ont été observées à proximité de 41 traverses de cours d'eau (20 %). La présence des castors a été notée principalement en périphérie de ponceaux (figure 13). Pour 21 traverses (49 %), seuls des signes de fréquentation du castor ont été observés sans qu'un barrage ne soit visible à partir de la traverse. Pour les 20 traverses restantes, 9 présentaient un barrage en amont (21 %), 7 un barrage en aval (17 %) et 4 un barrage obstruant directement la traverse (10 %). La fréquentation de l'habitat par le castor ne signifie pas nécessairement qu'il contribue à l'obstruction des traverses de cours d'eau.



Figure 13. Cas de figure d'obstruction de l'aire d'écoulement de ponceaux. A) Débris végétaux. B) Sédiments. C) Barrage de castor obstruant l'embouchure

Analyse multicritère

Le filtre primaire a permis de soustraire de l'analyse multicritère une seule traverse de cours d'eau présentant un obstacle naturel à la libre circulation du poisson. Ainsi, le gain écologique potentiel a été estimé pour 205 traverses de cours d'eau. Le tableau 9 présente la classification de gain écologique potentiel par bassin versant. Les cinq classes ont été déterminées par seuils naturels (Jenks) de façon à minimiser la variabilité intra-classe, tout en maximisant la variabilité entre les classes. Plus une traverse présente un potentiel élevé, plus elle présente un obstacle à la libre circulation, des problèmes structurels et/ou représente une source sédimentaire.

Tableau 6. Gain écologique potentiel des traverses de cours d'eau par bassin versant

Gain écologique potentiel	Bassin versant			Total	%
	Loup	Ouelle	Verte		
Très faible	41	13	3	57	28
Faible	38	8	1	47	23
Moyen	39	15	5	59	29
Élevé	14	7	1	22	11
Très élevé	12	8	0	20	10
Total	144	51	10	205	100

L'analyse multicritère a permis d'identifier 42 traverses de cours d'eau (22 %), dont 39 ponceaux, possédant un gain écologique potentiel élevé à très élevé. Dans la mesure où des interventions de fermeture de chemin ou de restauration des infrastructures, ces traverses de cours d'eau devraient être prioritaires. La liste exhaustive des traverses prioritaires est disponible à l'annexe 4. La plupart de ces traverses se retrouvent dans les bassins versants de la rivière du Loup (62 %) et de la rivière Ouelle (36 %). La distribution spatiale de ces traverses est relativement uniforme dans le bassin versant de la rivière du Loup, tandis que pour le bassin versant de la rivière Ouelle on remarque une concentration plus élevée dans le sous-bassin du lac Sainte-Anne et du Petit lac Sainte-Anne (cartes 9 à 11, annexe 1). Une faible proportion de ces traverses (10 %) se situent à l'intérieur de l'aire de répartition potentielle de l'omble de fontaine ou présente une chute supérieure à 21 cm (10 %). Les critères relatifs à l'état structural de l'infrastructure et aux apports en sédiments semblent plus caractéristiques des traverses prioritaires. En effet, on évalue que 67 % de ces traverses sont dans un état médiocre à critique, 74 % représentent une source sédimentaire significative (érosion de la surface de roulement et du remblai). De plus, 43 % d'entre elles représentent une source sédimentaire potentielle (connexion des fossés). La majorité de ces traverses sont constituées de matériaux avec une durée de vie élevée, soit en TTOG ou en plastique.

Une proportion considérable, 43 % des traverses prioritaires se situent sur des chemins à faible utilisation (classe 3, 4 et 5) (figure 14). Ce type de chemin est utilisé de manière intensive par l'industrie forestière durant une courte période (entre 1 et 15 ans), pour ensuite être utilisé de façon sporadique à des fins récréatives. Il s'agit donc de chemin relativement récent, ce qui souligne possiblement une mauvaise implantation ou un entretien déficient de la traverse. Une autre proportion considérable de traverses prioritaires est située sur des chemins non classés (31 %). Toutefois, la caractérisation a révélé que ces chemins sont la plupart du temps des chemins secondaires (59 %) ou non carrossables (34 %), c'est-à-dire peu fréquentés. On peut alors estimer que ces chemins, pour la plupart, ne sont pas entretenus régulièrement.

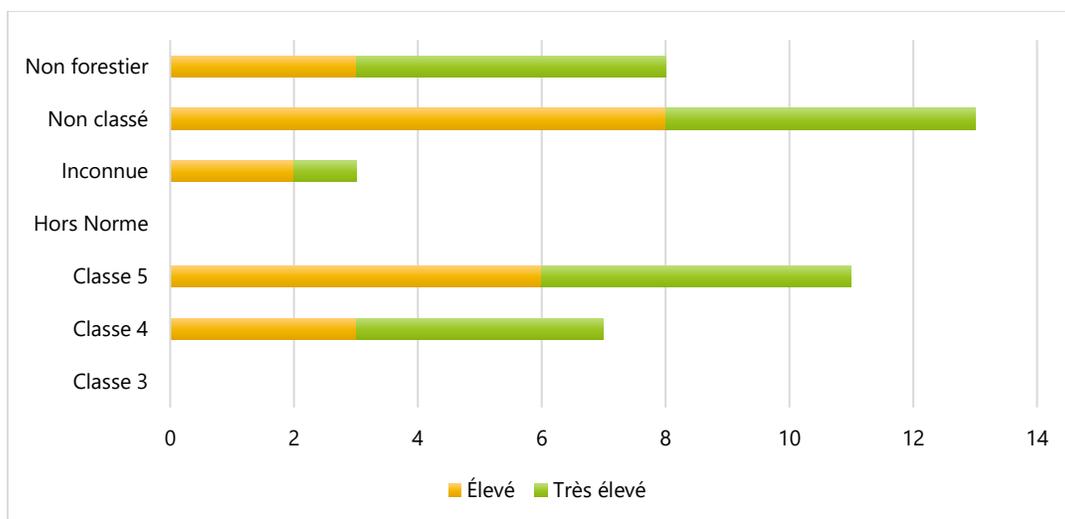


Figure 14. Répartition des traverses de cours d'eau prioritaires (gain écologique potentiel très élevé ou élevé) en fonction du type de chemin

Discussion

En raison de l'inaccessibilité de certains chemins, il est difficile d'établir un portrait complet des traverses de cours d'eau sur le territoire public. L'absence de certaines données nous empêche également d'évaluer précisément l'état général de la voirie forestière. Puisque 68 % des jonctions identifiées correspondaient réellement à une traverse de cours d'eau, on estime que près de 100 traverses de cours d'eau n'ont pu être caractérisées.

État structural des traverses

La caractérisation des traverses de cours d'eau dépeint un portrait semblable à celui que l'on observe à l'échelle du Québec (Paradis-Lacombre, 2018). Les ponceaux sont les ouvrages les plus fréquemment observés, principalement constitués de TTOG ou de plastique. Ces derniers présentent globalement un meilleur état structural, alors que les traverses en bois montrent des signes de dégradation avancée (figure 2). Cependant, les traverses en bois en bon état ne dénaturent pas le lit du cours d'eau, ce qui favorise la libre circulation du poisson (MPO, 2016). L'utilisation fréquente des ponceaux en TTOG peut être aussi favorable à la libre circulation du poisson, dans la mesure où les aménagements sont bien planifiés et entretenus (Goerig et coll., 2016; Justras et coll., 2022). Goerig et coll. (2016) ont montré que la probabilité de passage de l'ombre de fontaine est

plus élevée dans les ponceaux en TTOG. Par exemple, les juvéniles exploitent les sillons dans le tuyau pour remonter vers l'amont. Le type de ponceau serait alors le facteur contrôlant la probabilité de passage de l'ombre de fontaine (Goerig et coll., 2016).

Le type de matériel constituant les traverses est un paramètre contrôlant la durée de vie des traverses. Les traverses en TTOG et en plastique (polyéthylène haute densité ou PEHD), sont celles qui auraient la plus longue durée de vie. Paradis-Lacombe (2018) a montré que les traverses de cours d'eau en plastique auraient une durée de vie largement supérieure à 17 ans. On remarque surtout une détérioration prématurée causée par une mise en place inadéquate (figure 15) (Paradis-Lacombe, 2018). En général, on estime que la dégradation des ponceaux est souvent la conséquence d'une mauvaise installation (Douglas, 2016) et l'absence d'un entretien régulier (Jutras et coll., 2022). D'ailleurs, l'absence d'ouvrages de drainage sur les chemins semble contribuer à la dégradation de nombreuses traverses. Les traverses en TTOG auraient une durée de vie de 25 à 30 ans. L'épaisseur de la tôle serait un facteur déterminant (Paradis-Lacombe, 2018). En absence de suivi et d'entretien, la corrosion du matériel contribue aux apports de sédiments de la route vers les habitats aquatiques (Ferland, 2022). Les traverses en bois auraient une durée de vie inférieure à 23 ans. La durée de vie du bois dépend notamment du type d'essences utilisées. Sa plus faible durée de vie pourrait s'expliquer par l'utilisation d'essences avec une faible valeur économique (Paradis-Lacombe, 2018). Toutefois, le bois est un matériel à ne pas négliger puisque l'ajout de composante peut contribuer à augmenter sa durabilité (toile géotextile sur le tablier). Les traverses en bois permettent aussi de maintenir l'intégrité du lit du cours et favoriser le libre passage du poisson (MPO, 2016; Paradis-Lacombe, 2018). Dans un scénario de fermeture des chemins par abandon ou d'entretien déficient, le bois offre la capacité de se décomposer à l'échelle humaine contrairement au métal (figure 15).



Figure 15. Cas de figure d'une mauvaise mise en place des traverses. A) Affaissement du remblai d'un nouveau chemin au-dessus du ponceau. B) Traverse en TTOG dans un état non fonctionnel persistant dans l'environnement

Fréquentation des chemins

La présente caractérisation s'est attardée sur l'état des traverses de cours d'eau en territoire public, la fréquentation des chemins forestiers n'a donc pas fait l'objet d'une caractérisation précise. On peut estimer une fréquentation accrue des chemins donnant accès au territoire de la Zec Chapais située au sud-ouest du territoire à l'étude. La base de données d'AQréseauPlus d'Adresse Québec nous informe sur la classification des chemins, mais ne nous renseigne pas précisément sur leur niveau de fréquentation ou l'année de leur implantation. La classification des chemins peut suggérer le niveau de fréquentation. Par exemple, on suppose que les chemins de classe 3, 4 et 5 sont des chemins à faible utilisation, en raison de leur utilisation intensive pour une période entre 1 à 15 ans suivie d'une période d'utilisation sporadique. Toutefois, cette estimation demeure limitée en l'absence de connaissances relatives à l'implantation des chemins. Certaines informations recueillies sur le terrain permettent d'estimer la fréquentation générale des chemins non classés ou à faible utilisation. L'interprétation se limite à la périphérie visible à partir des traverses de cours d'eau caractérisées.

Les chemins non classés et à faible utilisation représentent une part considérable du réseau routier sur le territoire à l'étude, soit respectivement 46 % et 43 %. La caractérisation a révélé que la majorité des tronçons de chemins non classés ne sont pas utilisés fréquemment. En effet, 59 % ont été identifiés comme des chemins secondaires (peu fréquenté) et 34 % comme des chemins non carrossables (peu fréquenté ou abandonné). La forte proportion de traverses dans un état de dégradation avancée qu'on y retrouve (figure 3) suggère également une faible utilisation.

Les données sur les chemins à faible utilisation présument une fréquentation plus élevée. Paradis-Lacombe (2018) estimait aussi que les chemins à faible utilisation, de classe 4, étaient plus fréquentés que les chemins non classés. De plus, les traverses qu'on y retrouve présentent généralement un bon état (figure 3). La dégradation plus marquée des traverses sur les chemins de classe 5 illustre possiblement l'abandon de ces chemins par l'industrie forestière. Ce type de chemin est utilisé de manière intensive entre 1 et 3 ans pour ensuite être utilisé sporadiquement par des véhicules légers. La dégradation amorcée d'une portion non négligeable des traverses sur les chemins à faible utilisation (figure 3) laisse entrevoir une possible dégradation prématurée des traverses, une augmentation des apports en sédiments et la dégradation des habitats aquatiques à court terme (horizon de moins 20 ans). Il est important de rappeler que ces traverses sont à 90 % des ponceaux constituées de matériaux avec une longue durée de vie (TTOG et plastique). La diminution de leur utilisation à court terme et l'absence d'obligation encadrant leur démantèlement dans le RADF, souligne l'importance de mettre en place une gestion intégrée du réseau routier sur le territoire public.

[Analyse multicritère](#)

L'analyse multicritère a été élaborée afin d'être un outil d'aide à la décision pour orienter les interventions sur les traverses de cours d'eau du territoire public. Par intervention, on entend ici l'entretien, l'adaptation et la fermeture des traverses. L'analyse multicritère est un outil servant à localiser les traverses nécessitant une intervention prioritairement, mais peut aussi servir à titre d'outil diagnostique pour chaque traverse. C'est-à-dire d'identifier l'intervention adéquate à réaliser pour chaque traverse afin de diminuer l'impact de la voirie forestière sur le milieu hydrique.

Nous proposons une application multiniveaux des résultats de l'analyse multicritère. Les résultats de l'analyse ont été reportés à l'échelle d'unités de bassins versants (UBV), ayant une superficie relativement semblable d'environ 50 km² (carte 12). Ainsi, la priorisation des UBV correspond à la somme des valeurs de priorisation des traverses qu'elles contiennent. Dans un premier temps, les interventions devraient être dirigées vers les UBV présentant un degré de priorisation élevée et très élevée. Une attention particulière devrait être accordée à l'UBV du Petit lac Sainte-Anne et du lac Sainte-Anne dans le bassin versant de la rivière Ouelle, ainsi qu'à cinq bassins en amont du bassin versant de la rivière du Loup. Dans un second temps, la priorisation des interventions devrait être établie en fonction du gain écologique potentiel de chaque traverse. La caractérisation des

traverses a révélé plusieurs problématiques occasionnées par une faible utilisation et un mauvais entretien des chemins. Ainsi, les résultats de l'analyse multicritère pourraient être utilisés comme un outil au sein d'une stratégie de gestion intégrée de la voirie forestière assurant une adaptation des structures en place, un entretien préventif et la fermeture des chemins.

Recommandations

Stratégies de gestion intégrée de la voirie forestière

La mise en place d'une gestion intégrée de la voirie forestière devrait s'articuler sur le territoire en fonction de l'utilisation actuelle (fréquentation) et de l'utilisation prévue du territoire public (Jutras et coll., 2022).

Pour les chemins où circulent fréquemment des véhicules lourds et légers, un entretien et des inspections régulières devraient être assurés afin de veiller sur l'état des traverses de cours d'eau et de leurs impacts sur les milieux hydriques (Jutras et coll., 2022). L'identification précise de ces chemins devra être réalisée. Le RADF décrit les normes à respecter en matière d'implantation des ponts et ponceaux, soit les deux types d'ouvrages que l'on observe principalement sur les chemins à forte utilisation. Les ponts et les ponceaux en arche court devraient être les ouvrages priorités lors de l'aménagement de nouvelles traverses ou la réfection de traverses déjà en place (MPO, 2016). Ces derniers assurent le libre passage du poisson puisqu'ils permettent de maintenir les conditions naturelles de l'écoulement de l'eau. Il est recommandé de suivre les lignes directrices pour les traverses de cours d'eau du MPO (2016). Lorsque l'aménagement d'un pont ou d'un ponceau en arche court n'est pas possible, il est préférable de mettre en place un ponceau à refoulement (pente faible) ou un ponceau à déversoirs (pente moyenne à forte) (MPO, 2016) plutôt qu'un tuyau traditionnel. Pour ce qui est des ponceaux existant en bon état, mais nuisant au libre passage du poisson, il est possible d'aménager des ouvrages en aval permettant de rehausser le niveau de l'eau. L'aménagement de seuils enoyant une chute à l'exutoire aval du ponceau, ou de passes migratoires peut contribuer à redonner accès à certains habitats aux poissons (MPO, 2016).

L'apport de sédiments vers les cours d'eau suggère un manque d'entretien ou un abandon des chemins forestiers, mais également la faible utilisation d'ouvrages de drainage de la surface de roulement. En effet, seulement le tiers des traverses caractérisées présentait des fossés de drainage. Toutefois, on observait fréquemment une connectivité des fossés avec les cours d'eau, contribuant potentiellement aux apports sédimentaires lors des précipitations ou à la fonte des

neiges (MPO, 2016). Le RADF, tout comme le RNI avant lui, prescrit que l'eau de ruissellement doit être évacuée vers des zones de végétation situées à plus de 20 m d'un cours d'eau (RADF, art. 75). Ce constat révèle une mauvaise implantation du réseau routier. Il apparaît nécessaire d'assurer une meilleure gestion du drainage aux abords des traverses de cours d'eau. Le type d'ouvrage à mettre en place dépend notamment de la fréquence d'utilisation du chemin (Jutras et coll., 2022). Les fossés de drainage, les bassins de drainage et les creux drainants devraient être utilisés davantage sur les chemins où la circulation est plus élevée (Weaver et coll., 2015; cité dans Jutras et coll., 2022). L'efficacité des fossés et des bassins de drainage nécessite un suivi sur une base régulière à long terme. Pour les chemins à faible utilisation, il est alors préférable de dévier l'écoulement d'un côté du chemin avec des fossés de déviation à plus de 20 mètres du cours d'eau. Les fossés de déviation sont reconnus pour leur très faible niveau d'entretien et leur résistance dans le temps. Les barres d'eau sont aussi des ouvrages recommandés sur les chemins à faible utilisation. Il s'agit de tranchées en travers du chemin qui évacue l'eau de la surface de roulement. Elles sont particulièrement adaptées pour les chemins en pente qui ne sont pas surfacés (Jutras et coll., 2022). La mise en place de ces ouvrages dans le cadre d'implantation de nouveaux chemins ou de réfection de traverses contribuerait à diminuer les apports sédimentaires. Le guide des saines pratiques pour les chemins forestiers à faible utilisation (Jutras et coll., 2022) peut servir de référence en vue d'élaborer un programme de suivi et d'entretien de ces ouvrages.

La caractérisation a soulevé plusieurs problématiques sur les chemins avec une faible circulation, possiblement dues à une mauvaise implantation, un mauvais entretien ou un abandon. Dans leur guide, Jutras et coll. (2022) présentent deux schémas décisionnels (figure 19 et 20, annexe 5) orientant la prise de décision pour une saine gestion des chemins à faible utilisation. Les schémas articulent trois grands types de stratégie : 1) l'entretien préventif des structures, 2) l'adaptation des structures et 3) la fermeture de chemins. Ils s'appliquent dans un contexte de réseau de chemins déjà existant (figure 19) et dans un contexte de réseau à mettre en place ou à réactiver (figure 20). Ils proposent un mode de gestion intégré, divergeant du mode de gestion par abandon traditionnel, qui tient compte du vieillissement des structures. Ce modèle tient compte de l'utilisation réelle des chemins multiusages de la forêt publique québécoise et vise une plus grande résilience du réseau routier. Il assure aussi un arrimage avec les autres utilisations du territoire public, notamment les activités récréotouristiques. L'application de ce modèle nécessite donc de veiller à un certain arrimage des différentes planifications, en plus d'élaborer un programme de suivi et d'entretien à l'échelle locale ou régionale. Pour une application optimale, il serait nécessaire d'établir le

portrait détaillé de la fréquence d'utilisation du réseau routier et de la fréquence d'utilisation projetée.

Les stratégies par entretien préventif des structures sont recommandées pour les chemins en bon état où une utilisation est prévue à court et moyen terme (moins de 25 ans). Elles visent à prévenir la dégradation et la défaillance des structures. L'application de ces stratégies implique de mettre en place un programme d'inspection et d'entretien de la végétation, de la surface de roulement des chemins, des ouvrages de drainage et des traverses de cours d'eau. Ainsi, la présente caractérisation représente un point de départ dans leur application sur le territoire. Les stratégies par adaptation des structures sont recommandées, autant dans un contexte de chemins à construire que de chemins déjà existants, pour les chemins à faible utilisation où l'on souhaite maintenir un certain accès au territoire. Elles visent à améliorer ou remplacer les ouvrages de drainages et les traverses de cours d'eau. Elles proposent une variété d'aménagement dépendamment du degré d'utilisation actuel et prévu, mais aussi selon la nature du cours d'eau. Pour les chemins fortement utilisés, il est proposé de conserver les traverses de type ponceau. Cela est également recommandé dans un contexte de cours d'eau encaissé, soit lorsque les pentes d'approche du chemin sont élevées. Autrement, et lorsqu'on observe ou prévoit une faible utilisation des chemins, plusieurs structures de traverses sont mises de l'avant : les traverses à gué aménagées (TAGE) et les ouvrages amovibles. Les ouvrages de drainage discutés précédemment sont aussi proposés. Les stratégies par fermeture des chemins visent à désactiver de manière permanente, semi-permanente ou temporaire les chemins à faible utilisation en fonction de l'utilisation du territoire. Elles impliquent notamment le démantèlement des traverses, afin de limiter les impacts environnementaux sur les milieux hydriques, et le reboisement des chemins (Jutras et coll., 2022).

[Adaptations des structures](#)

Les traverses à gué aménagées (TAGE) et les ouvrages amovibles représentent des solutions intéressantes pour diminuer l'impact des chemins à faible utilisation sur les milieux hydriques. Ce type d'ouvrages présentent plusieurs avantages environnementaux et économiques (Jutras et coll., 2022; Ferland, 2022).

Les TAGE (figure 16) sont des traverses où les véhicules franchissent les cours d'eau en circulant directement sur les berges et le lit préalablement aménagés (Jutras et coll., 2022). La surface des berges et du lit est localement stabilisée de différentes façons. Les traverses à gué non aménagées peuvent être plus dangereuses pour les utilisations en plus de représenter un apport sédimentaire vers les cours d'eau

(Jutras et coll., 2022). Des traverses à gué non aménagées ont été observées durant la caractérisation (figure 16). L'aménagement de TAGES doit être accompagné d'ouvrages de drainage compatible (ex. barres d'eau et fossés de déviation), en plus d'être limité aux chemins à faible fréquentation (Jutras et coll., 2022; Ferland, 2022). Leur implantation devrait être orientée vers des cours d'eau avec une faible profondeur (Balke et coll., 2011; cité dans Jutras et coll., 2022). Une circulation trop importante peut nuire à la surface de roulement des TAGE et diminuer leur durée de vie utile. L'absence de suivi peut aussi mener à une certaine défaillance des structures (Ferland, 2022). L'impact des TAGE sur la libre circulation du poisson pourrait être moins important qu'estimé au départ. En effet, une étude en cours semblerait montrer que le passage de véhicules motorisés tout terrain n'entraînerait pas une diminution significative des activités du saumon de l'atlantique (*Salmo salar*) (Grenier, en rédaction; cité dans Jutras et coll., 2022). On ne peut toutefois pas transposer ses résultats sur le comportement de l'omble de fontaine. Sur le plan financier, l'étude de Ferland (2022) suggère que l'aménagement de TAGE serait moins coûteux que l'aménagement de ponceau en TTOG (diamètre de 450 à 1000 mm et de 1200 à 2000 mm) ou le démantèlement. Malgré ces avantages, il n'est toutefois pas possible d'aménager ce type de structure pour le moment. L'article 86 du RADF interdit d'aménager des traverses de cours d'eau en contact avec le lit.



Figure 16 Traverse à gué aménagée (A) et non aménagée (B).

Les ouvrages amovibles, ou ponts temporaires (figure 18), permettent de franchir un cours d'eau pour des usages intensifs et le passage de véhicules lourds. Ce type d'ouvrage possède plusieurs avantages, notamment en raison de leur polyvalence et de la possibilité d'être réemployé sur plus d'un cours d'eau (Jutras et coll., 2022; Ferland, 2022). Le RADF encadre l'aménagement de ce type de structure de façon à limiter leur impact sur l'écoulement de l'eau et les berges (RADF, art. 110, 111 et 114). Ces éléments permettent de conserver une certaine intégrité de lit du cours d'eau et favoriser la libre circulation du poisson. Comparativement aux ponceaux, les traverses amovibles sont aussi mieux adaptées pour les cours d'eau avec une charge sédimentaire importante et permettent le transport des débris ligneux (Barnard et coll., 2013; cité dans Jutras et coll., 2022). Leurs impacts environnementaux sont généralement inférieurs aux ponceaux (Weaver et coll., 2015; cité dans Jutras et coll., 2022). Les ouvrages amovibles sont possiblement moins utilisés en raison de leur coût d'acquisition qui est relativement élevé (Jutras et coll., 2022). Ferland (2022) a montré qu'une gestion par fermeture de chemins utilisant un ouvrage amovible est moins coûteuse qu'une gestion par abandon de traverse de type ponceau (TTOG). Les ouvrages amovibles, si l'on considère leur utilisation répétée, seraient même plus avantageux financièrement lorsqu'ils sont comparés à des ponceaux de grandes dimensions (Ferland, 2022). Leur utilisation sur des chemins avec une fréquentation élevée pour une courte période pourrait ainsi s'avérer plus viable à long terme. Le RADF limite l'utilisation de ce type d'ouvrage au-delà de deux ans (art. 81).



Figure 17. Ouvrage amovible constitué de poutres de bois interreliées (matelas-culées) (tirée de Ferland, 2022)

Les stratégies d'adaptation des structures des traverses présentent plusieurs avantages qu'il est nécessaire d'évaluer à l'heure actuelle. À la suite d'une revue de la littérature, Ferland (2022) évalue qu'il est fort probable que la mise hors service d'un ponceau et la fermeture de chemins soient plus avantageuses sur le plan économique qu'un mode de gestion visant à assurer l'intégrité du ponceau pendant une période de faible fréquentation. Ce faisant, l'adaptation des traverses de cours d'eau et la fermeture de chemin doivent faire partie intégrante de la gestion de la voirie forestière.

Pour aller plus loin

Les données de la caractérisation des traverses de cours d'eau pourraient être valorisées afin de caractériser les traverses situées dans les secteurs inaccessibles. Les données recueillies pourraient être utilisées pour valider les résultats de la méthodologie d'interprétation à partir du Lidar développée par Arsenault et coll. (2022). Inversement, une fois l'approche validée, celle-ci permettrait de compléter le recensement de l'état des ponceaux sur le reste du territoire à l'étude, soit de recueillir les informations manquantes pour les ponceaux inaccessibles.

Afin de mieux documenter l'état de la voirie forestière, mais aussi de mieux planifier les interventions sur le territoire public, il serait opportun d'évaluer l'âge du réseau routier. Ce portrait pourrait notamment s'inspirer de la méthodologie employée par Paradis-Lacombe (2018) à partir de cartes écoforestières, de photographies aériennes et d'images Landsat.

Références

- Arsenault, M., O'Sullivan, A. M., Ogilvie, J. Gillis, C., A. Linnansaari, T. et Curry, R. A. 2022. *Remote sensing framework details riverscape connectivity fragmentation and fish passability in a forested landscape*. Journal of Ecohydraulics
- Burford, D.D., McMahon T. E., Cahoon, J. E. et Blank, M. 2009. *Assessment of Trout Passage through Culverts in a Large Montana Drainage during Summer Low Flow*. Ecology Department, Fish and Wildlife Program. Civil Engineering Department and Western Transportation Institute. Montana State University.
- Goerig, E., Castro-Santos, T. et Bergeron, N. É. 2016. *Brook trout passage performance through culverts*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 73(1). 94-104
- CTRI. 2006. *Effet des pratiques forestières sur l'habitat du poisson*. Rapport d'étude réalisé par Centre technologique des résidus industriels pour la Forêt modèle Crie de Waswanipi. 33 p.
- Desmarais, M. 2012. *Le droit applicable aux chemins forestiers du Québec dans la perspective de protection de la biodiversité*. Mémoire. Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en droit pour l'obtention du grade de Maître en droit (LL.M.). Faculté de droit. Université Laval. Québec. 137 p.
- Douglas, A. R. 2016. *Low-volume road engineering*. CRC Press. 320 p
- Dubé, M., Delisle, S., Lachance, R. et 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 et Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec. 62 p.
- Ferland, O. 2022. *Estimation des coûts et aide à la prise de décisions en lien avec la gestion des traverses de cours d'eau au Québec dans un contexte de chemins à faible fréquentation*. Mémoire. Maîtrise en sciences forestières. Université Laval. Québec, Canada. 164 p.
- Fitch, G.M. 1995. *Nonanadromous fish passage in highway culverts*. Final report. Virginia Transportation Research Council. 18 p.

Jutras, S., Paradis-Lacombe, P., Ferland, O., Gilbert, K., Grenier, A-A., Goerig, E. et Bergeron, N.É. 2022. *Guide de saines pratiques pour les chemins forestiers à faible utilisation – Stratégies de gestion et de mise en application*. Université Laval. Québec, Québec, Canada. 80 p.

Kanno, Y., Letcher, B.H., Rosner, A.L., O’Neil, K.P. et Nislow K.H. 2015. *Environmental Factors Affecting Brook Trout Occurrence in Headwater Stream Segments*. Transactions of the American Fisheries Society, 144. 373-382

Latrémouille, I., Paré, B. et Langlois, C. 2016. *Méthode uniforme d’inventaire des traverses de cours d’eau dans les zecs*. Zecs Québec et Fondation de la faune du Québec. 67 p.

MELCCFP. 2023. *Cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ)*. Ministère de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

MFFP. 2016. *Guide d’identification de frayères à omble de fontaine dans les cours d’eau*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Direction de la faune aquatique. Direction générale de l’expertise sur la faune et ses habitats. Direction de la gestion intégrée des ressources et des habitats fauniques. Direction générale adjointe des politiques, des programmes et des partenariats. 12 p.

MFFP. 2018. *Règlement sur l’aménagement durable des forêts du domaine de l’État (RADF)*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Loi sur l’aménagement durable du territoire forestier. Disponible en ligne :

<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/A-18.1,%20r.%200.01/>

MFFP. 2019. *Plan de gestion de l’omble de fontaine au Québec 2020-2028*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. 15 p.

MPO. 2016. *Lignes directrices pour les traversées de cours d’eau au Québec*. 73 pages + Annexes.

MRNF. 2023a. *Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ)*. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts et ministère de l’Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

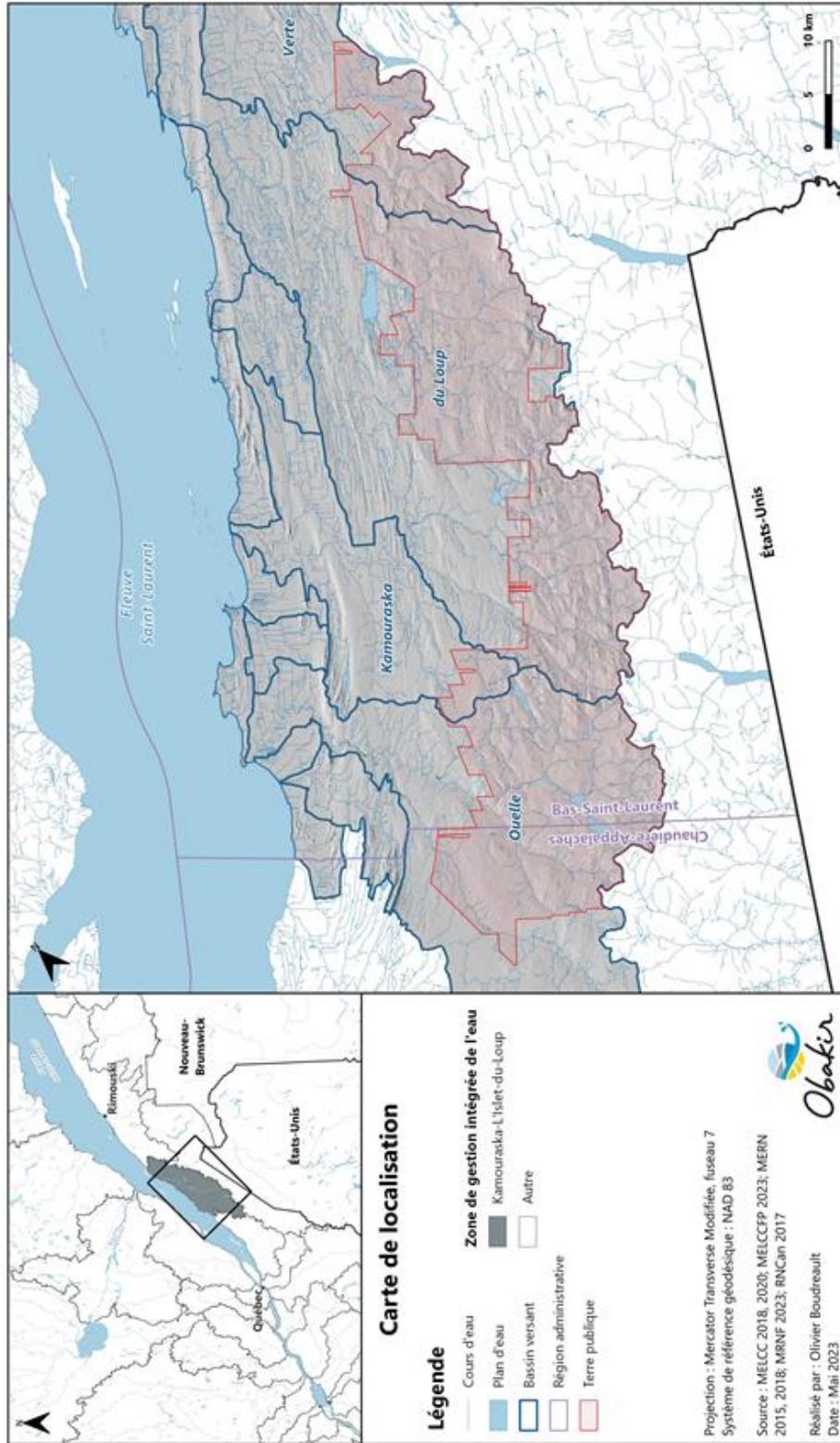
MRNF. 2023b. *AQréseau+*. Adresse Québec. Ministère de l’Énergie et des Ressources naturelles.

OBVCdS, CBE et OBVFSJ. 2021. *Acquisition de connaissance sur l'état des traverses de cours d'eau en forêt publique des territoires de l'OBV de la Côte-du-Sud, de l'OBV du fleuve St-Jean et du Conseil de bassin de la rivière Etchemin*. Rapport final. 34p + Annexes

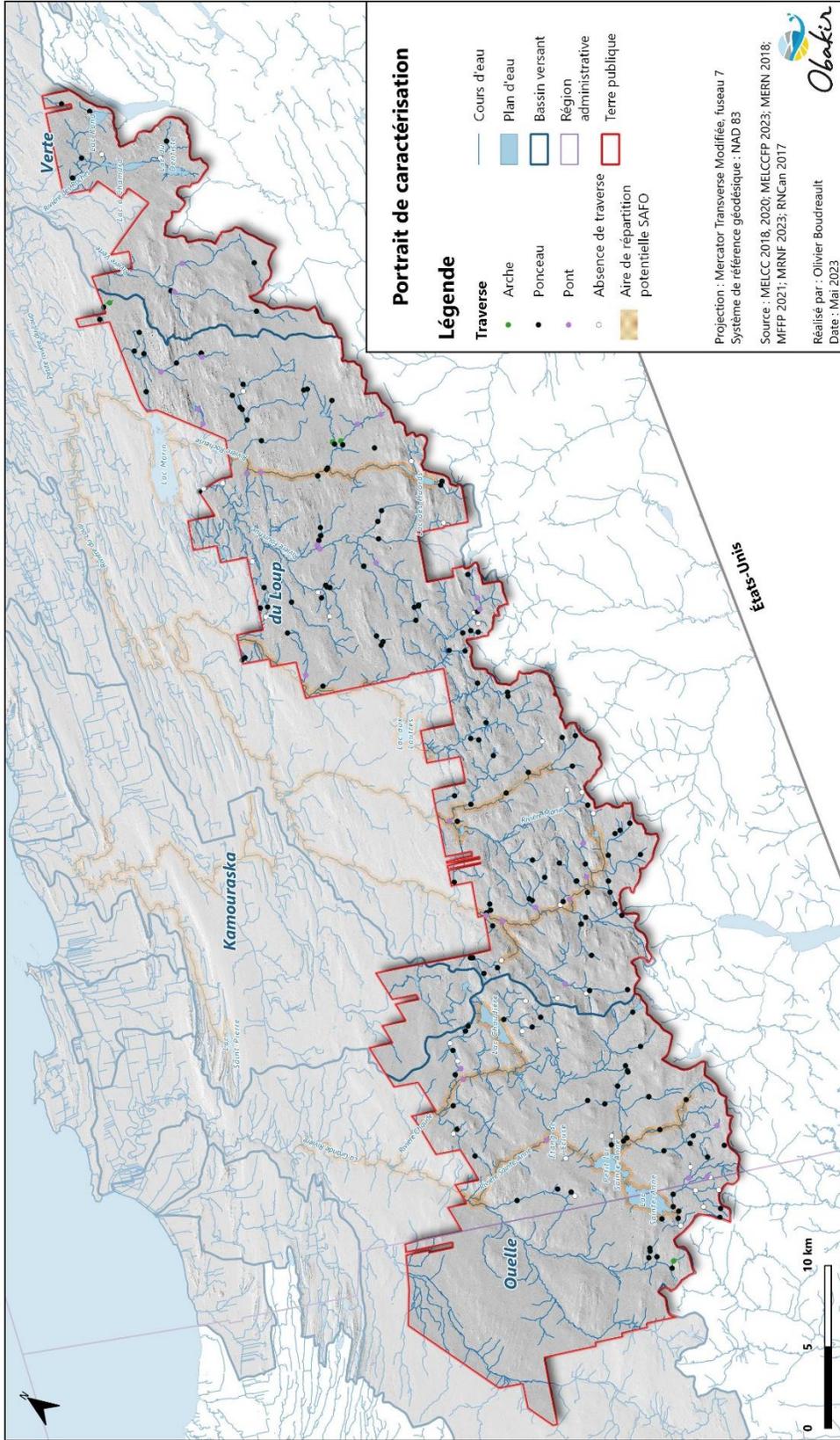
OBVMR. 2020. *Caractérisation de l'impact des traverses et ponceaux dans les sentiers Quad sur le saumon*. Rapport final. Organisme de bassin versant Matapédia-Restigouche. 22p. + Annexes

Paradis-Lacombe, P. 2018. *Caractérisation de l'état et de la durabilité des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers*. Mémoire. Maîtrise en sciences forestières. Université Laval. Québec, Canada. 92 p.

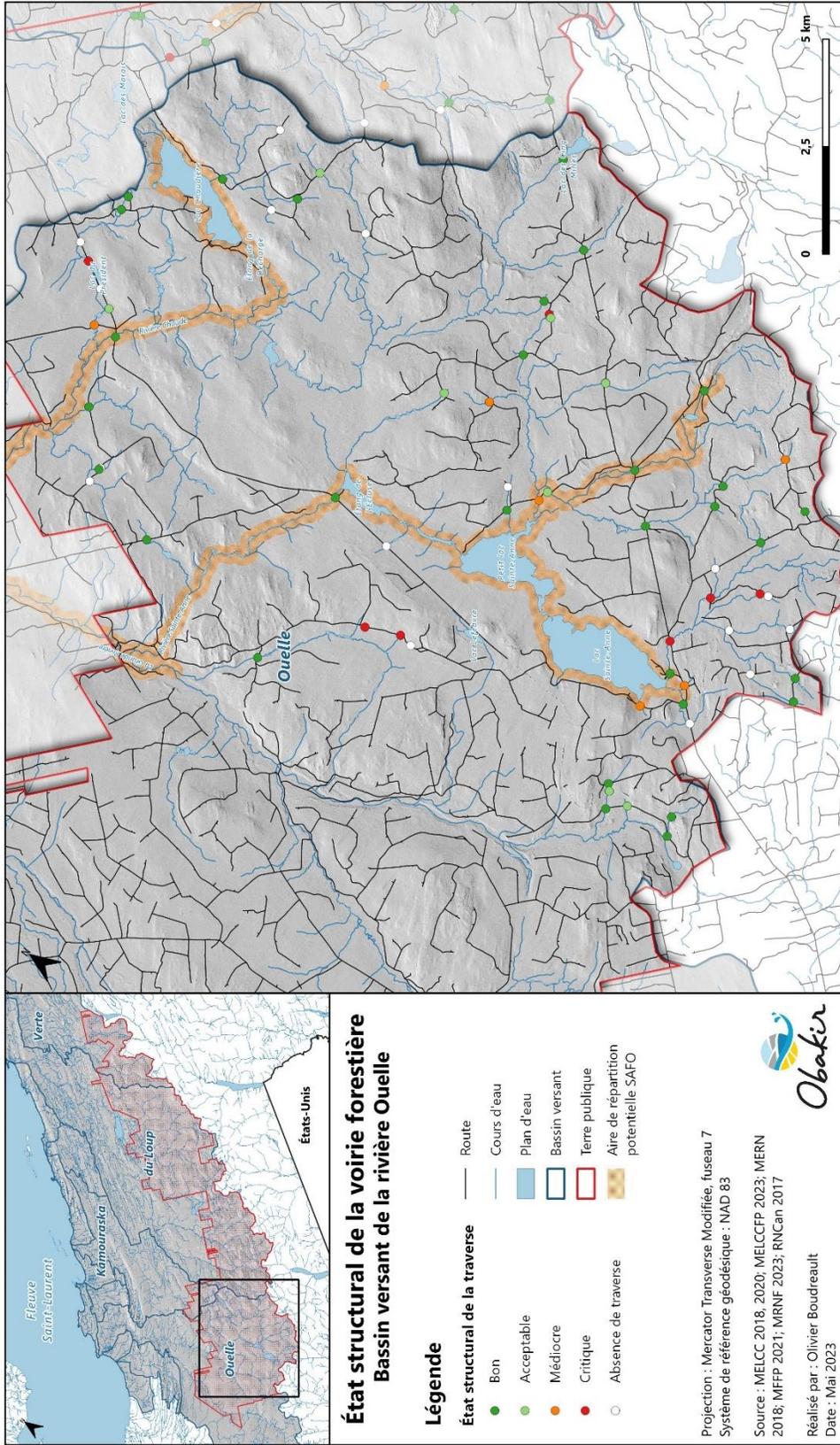
Annexe 1 - Cartographie



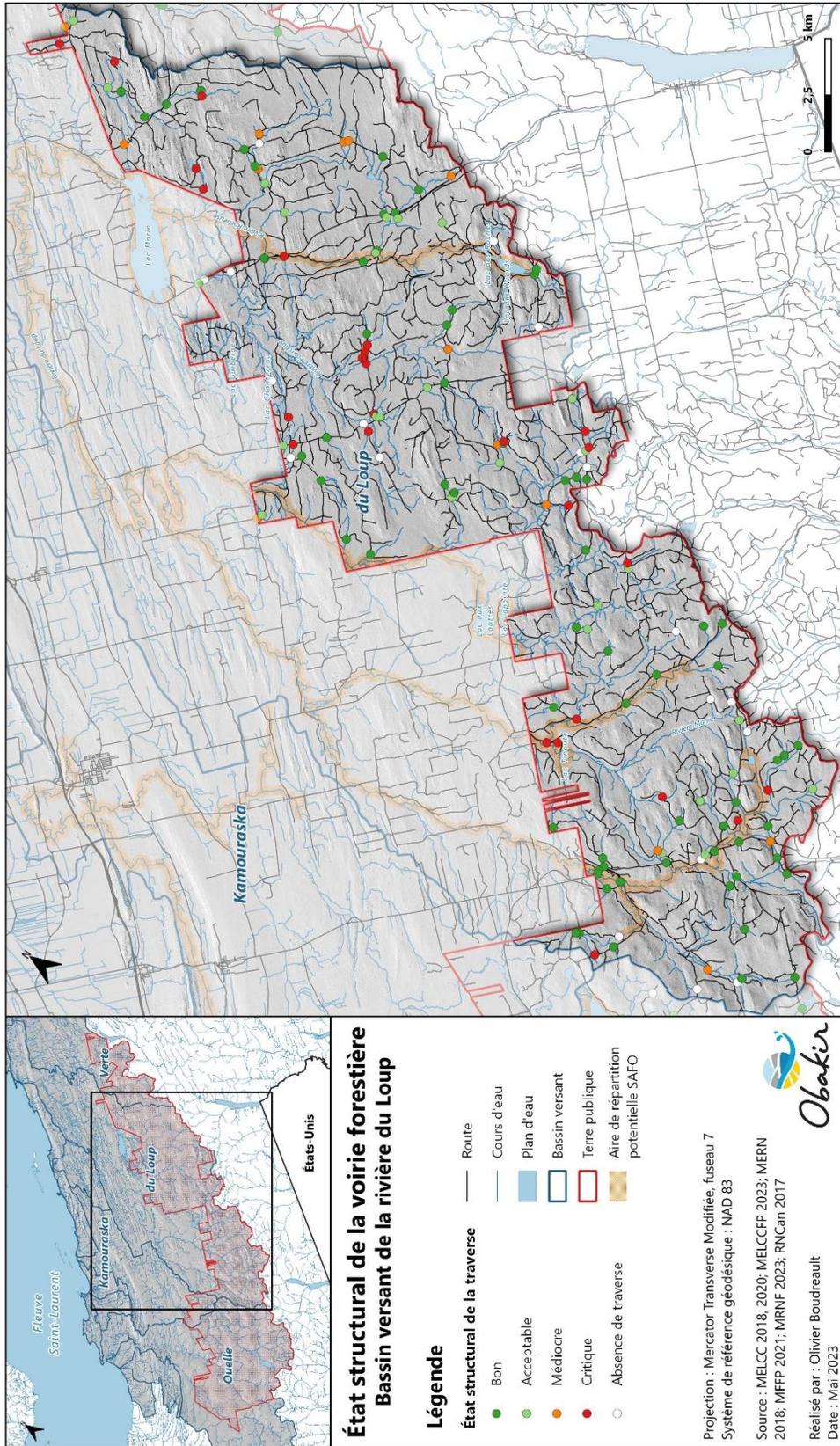
Carte 1. Localisation du territoire à l'étude



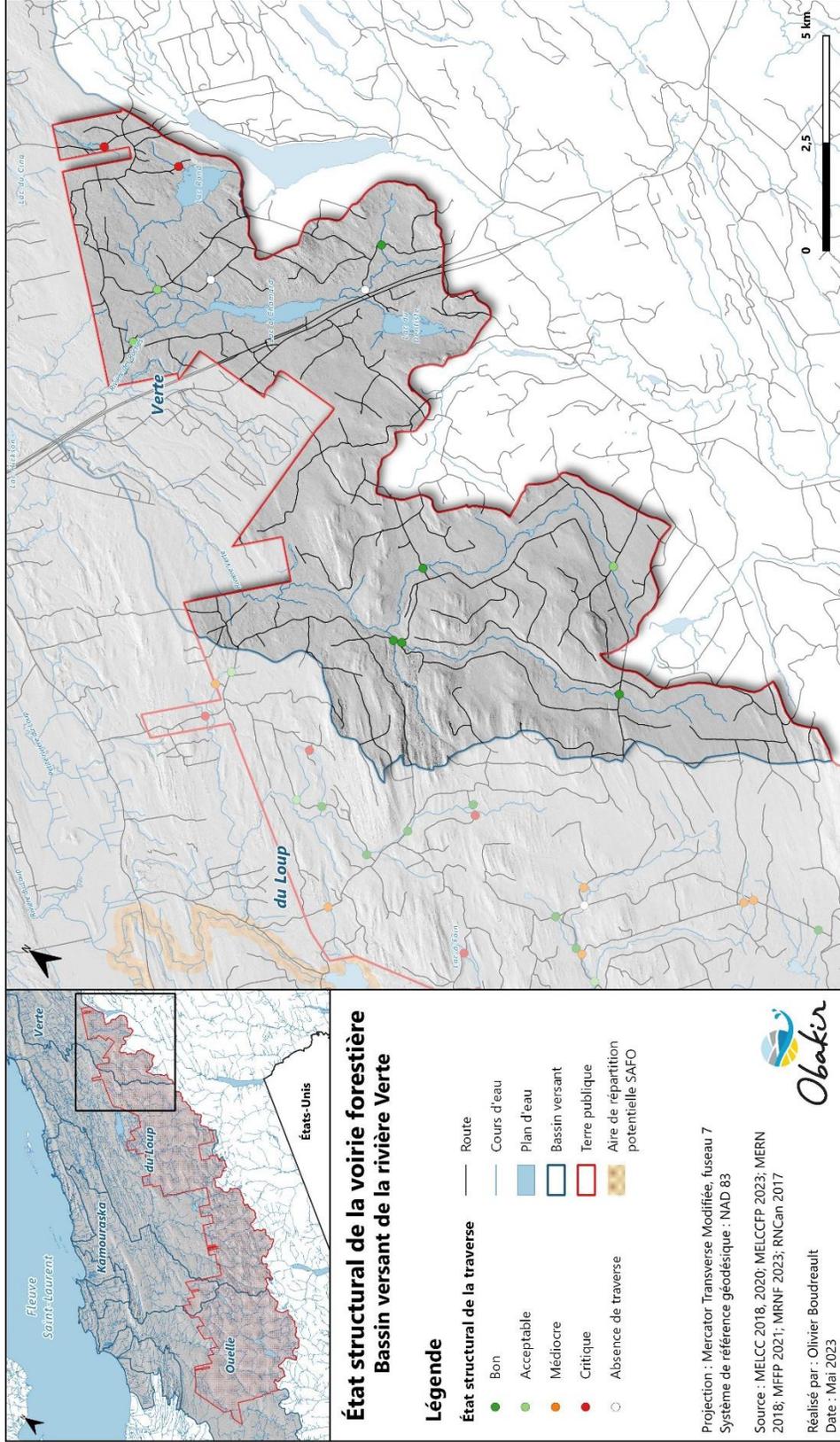
Carte 2. Portrait de la caractérisation des traverses de cours d'eau



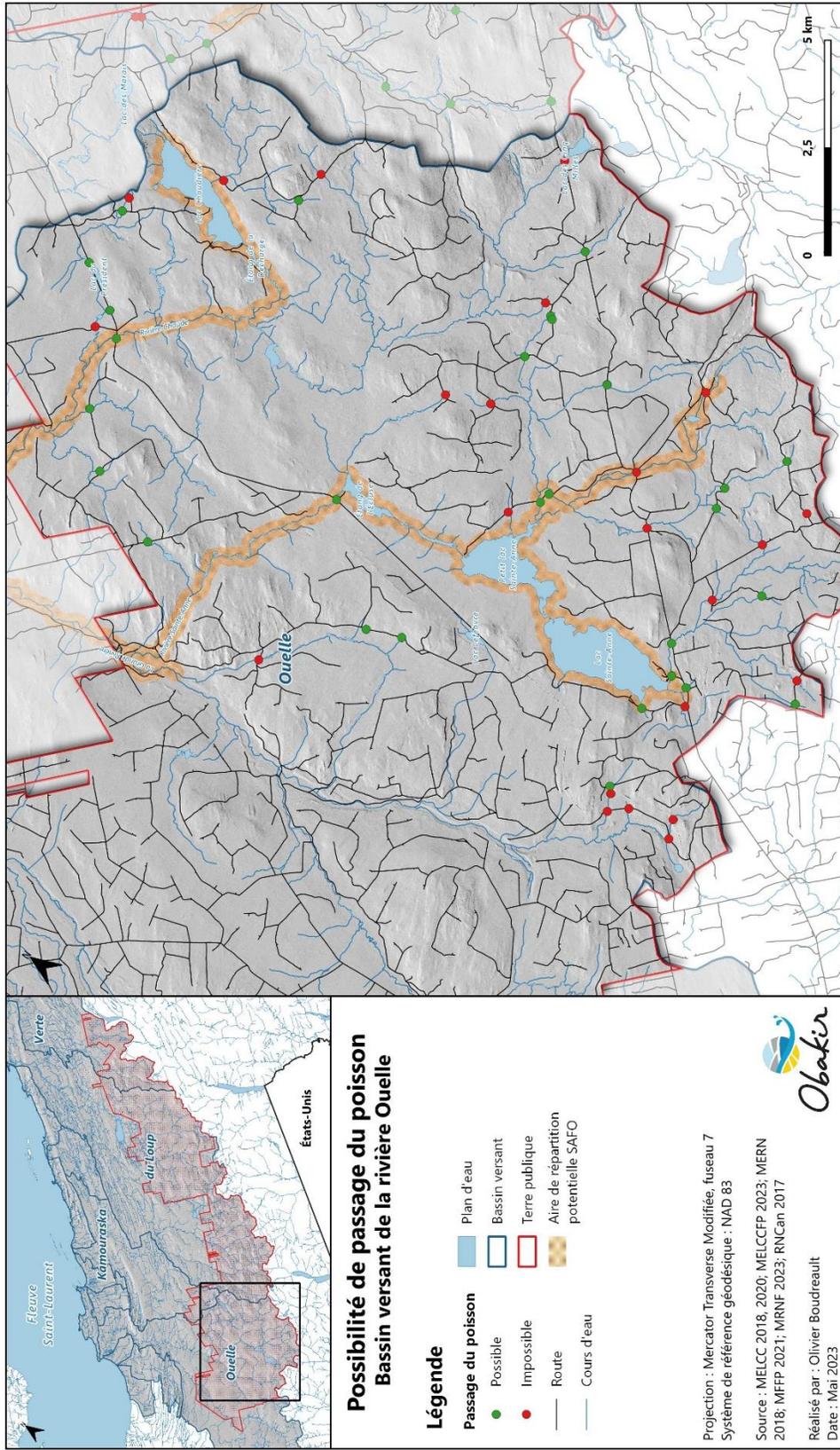
Carte 3. État structural des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Ouelle



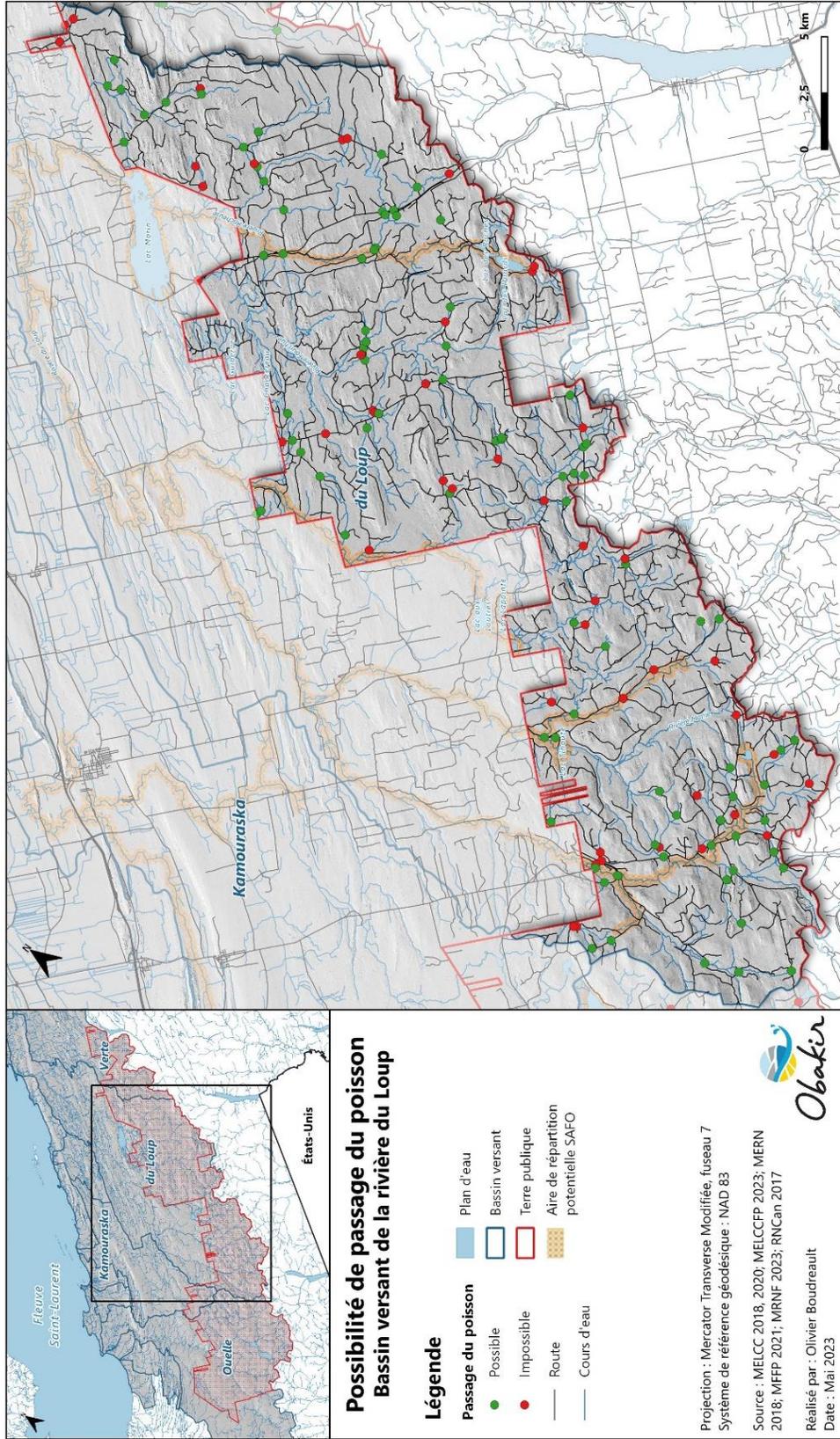
Carte 4. État structural des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière du Loup



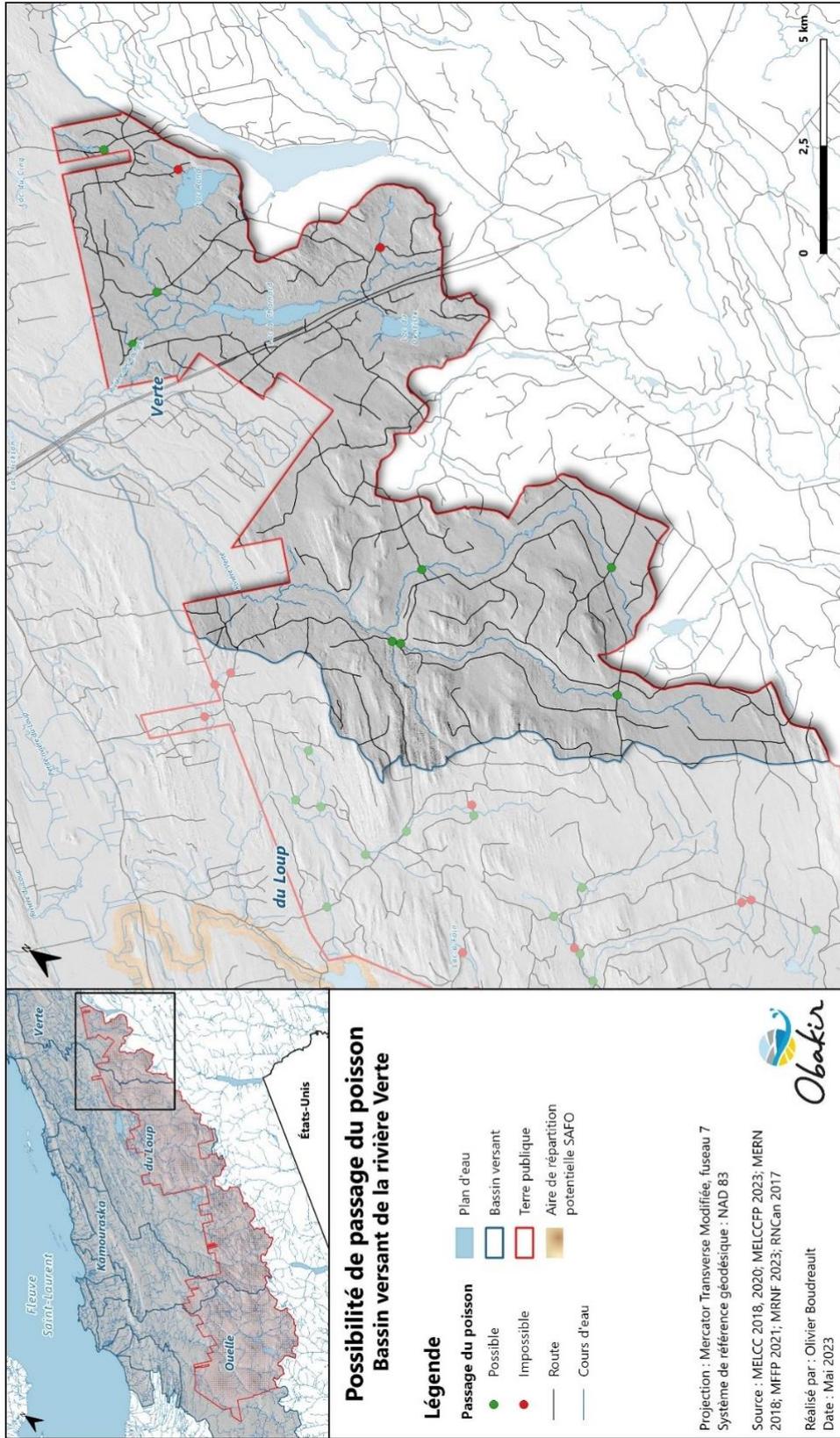
Carte 5. État structural des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Verte



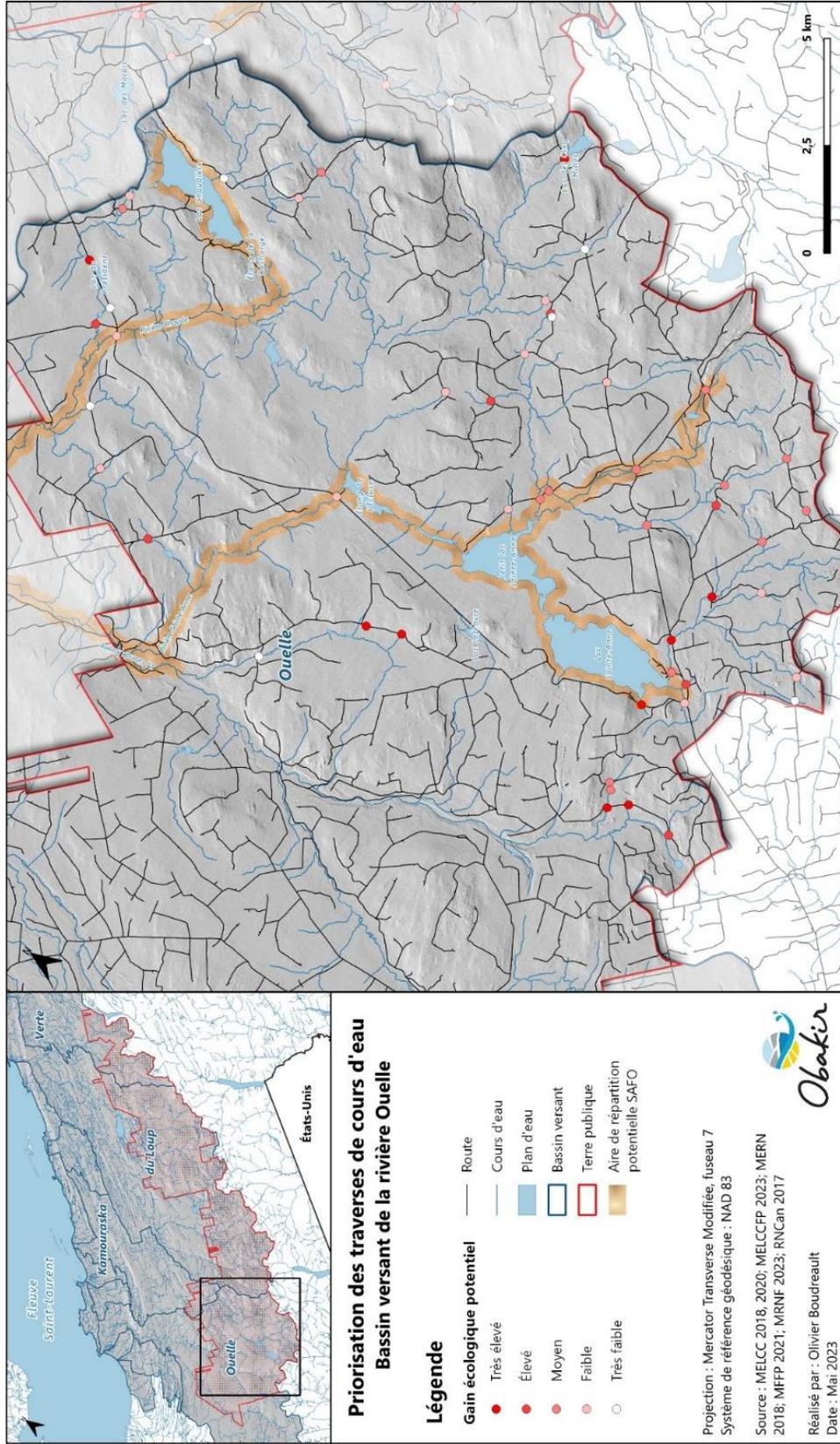
Carte 6. Évaluation de la possibilité de passage du poisson dans le bassin versant de la rivière Ouelle



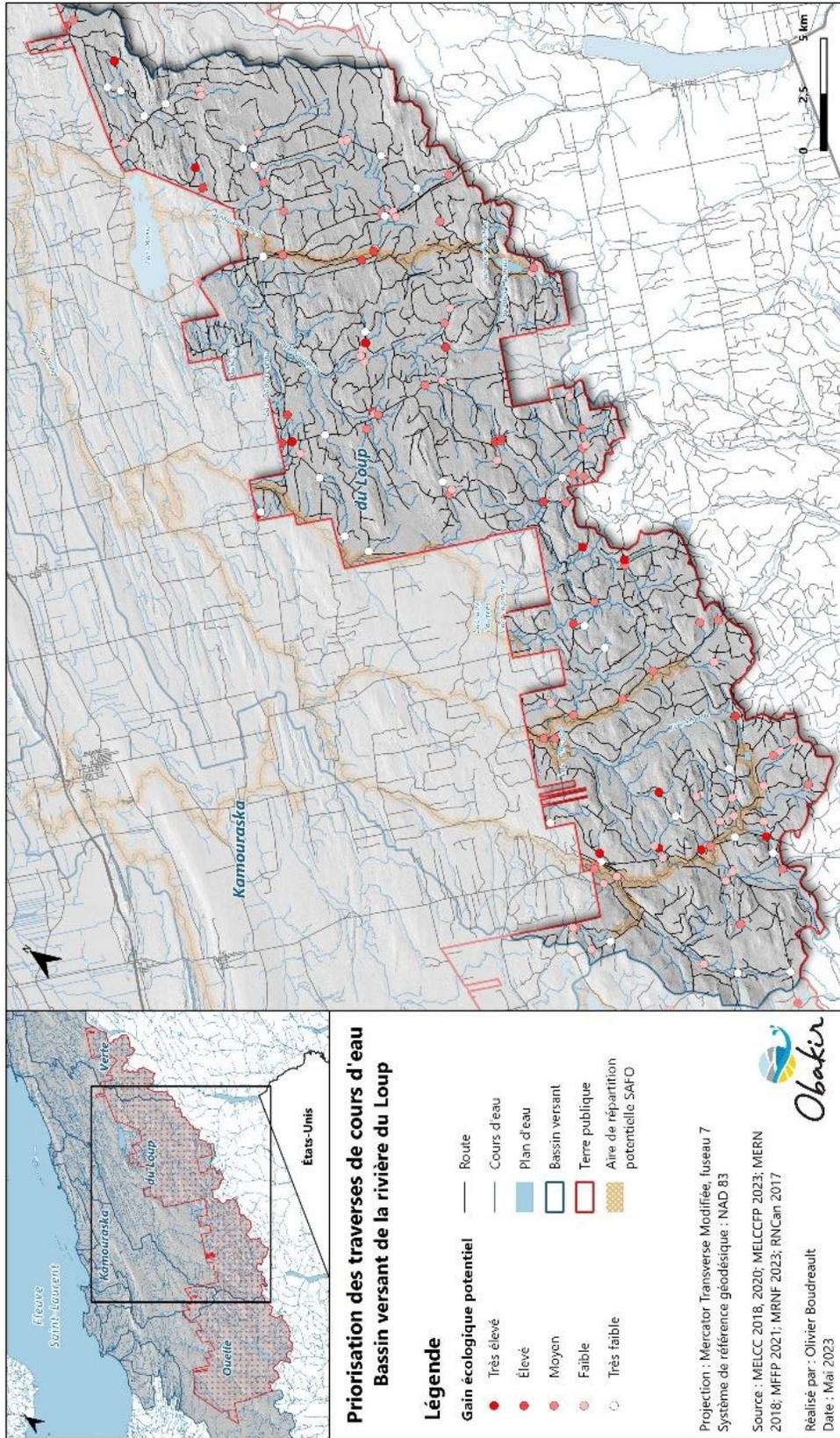
Carte 7. Évaluation de la possibilité de passage du poisson dans le bassin versant de la rivière du Loup



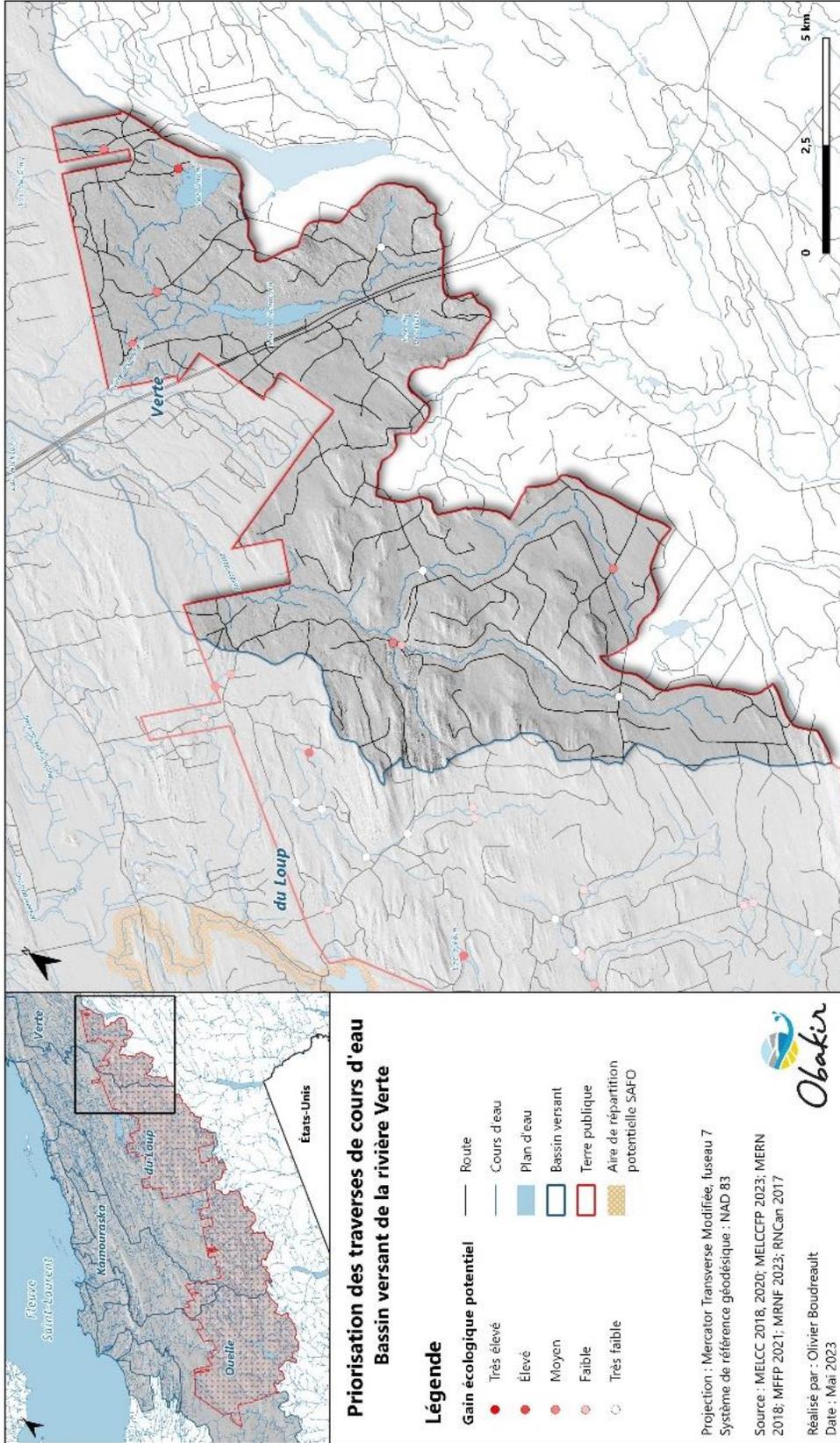
Carte 8. Évaluation de la possibilité de passage du poisson dans le bassin versant de la rivière Verte



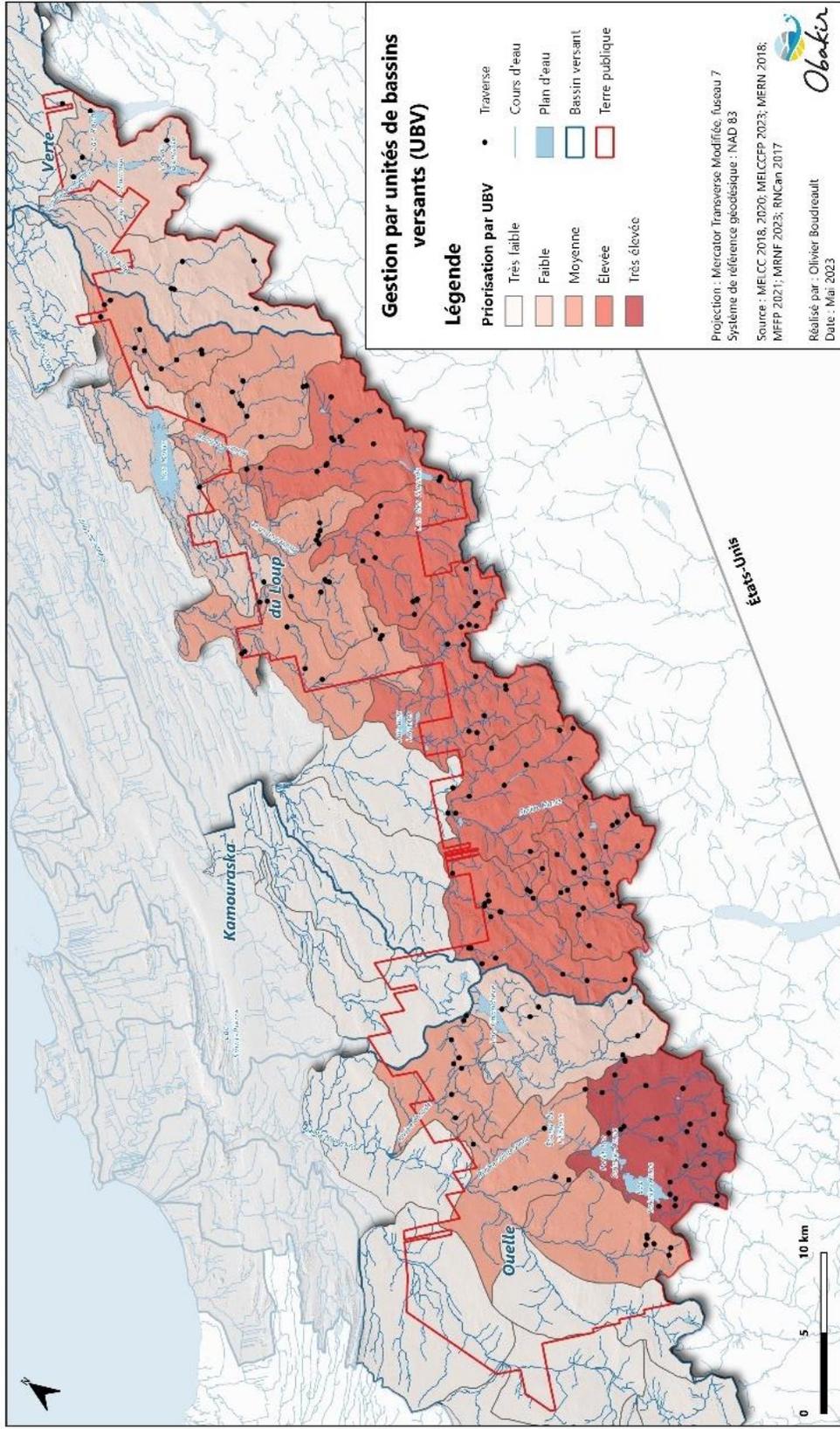
Carte 9. Priorisation des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Ouelle



Carte 10. Priorisation des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière du Loup



Carte 11. Priorisation des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Verte



Carte 12. Proposition de gestion des traverses de cours d'eau par unités de bassins versants (UBV)

Annexe 3 - Classification des chemins forestiers

Critères de conception	Classes de chemin						Chemin d'hiver	
	Hors norme	1	2	3	4	5		Sentier destiné aux véhicules tout terrain motorisés
Durée d'utilisation	50 ans	25 ans	25 ans	10-15 ans	3-10 ans	1-3 ans	Variable	3 mois
Vitesse affichée	70 km/h	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h	20 km/h	Variable	-
Distance minimale de visibilité d'arrêt (conception)	170 m	110 m	65 m	65 m	45 m	30 m	-	-
Dimensions du chemin								
Emprise	35 m	35 m	30 m	30 m	25 m	20 m	moins de 10 m	20 m
Chaussée	9,1 m et plus	8,5 m à < 9,1 m	8 m à < 8,5 m	7,5 m à < 8 m	5,5 m à < 7,5 m	4 m à < 5,5 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	Matériau en place (sol minéral, sol organique ou débris ligneux)						
Surface de roulement	Concassé	Concassé ou gravier tamisé	Gravier naturel	Neige compactée				
Ouvrages permis								
Type	Pont ¹ et ponceau	Ouvrage amovible						

Figure 18. Caractéristiques des chemins forestiers selon leur classement (RADF, annexe 4)

Annexe 4 - Liste des ponceaux prioritaires

Tableau 7. Traverses prioritaires, soient où le gain écologique potentiel est très élevée ou élevée, selon l' analyse multicritère

No Traverse	Type	Bassin versant	Type chemin	Paramètres						Pointage analyse	Gain écologique potentiel
				SAFO	Chute et/ou Cascade	Obstacle	État	Source érosion	Connexion fossé		
163	Ponceau	Loup	Non classé		X	X	X	X	X	0,63	Très élevée
170	Ponceau	Ouelle	Classe 4		X	X	X	X	X	0,58	Très élevée
10	Ponceau	Ouelle	Non forestier			X	X	X	X	0,55	Très élevée
68	Ponceau	Loup	Classe 4			X	X	X	X	0,55	Très élevée
89	Ponceau	Loup	Non classé			X	X	X	X	0,55	Très élevée
122	Ponceau	Loup	Classe 5		X	X	X	X	X	0,55	Très élevée
156	Ponceau	Loup	Classe 5			X	X	X	X	0,55	Très élevée
197	Pont	Loup	Non classé			X	X	X	X	0,55	Très élevée
169	Ponceau	Ouelle	Classe 4			X	X	X	X	0,54	Très élevée
95	Ponceau	Loup	Inconnu			X	X	X	X	0,53	Très élevée
107	Ponceau	Loup	Classe 5			X	X	X	X	0,5	Très élevée
151	Ponceau	Loup	Non forestier		X	X	X	X	X	0,5	Très élevée
173	Ponceau	Loup	Non classé		X	X	X	X	X	0,5	Très élevée
39	Ponceau	Ouelle	Classe 5			X	X	X	X	0,47	Très élevée
40	Ponceau	Ouelle	Classe 5			X	X	X	X	0,47	Très élevée
175	Pont	Ouelle	Non classé			X	X	X	X	0,47	Très élevée
153	Ponceau	Loup	Non forestier			X	X	X	X	0,46	Très élevée
43	Ponceau	Ouelle	Classe 4	X			X	X	X	0,46	Très élevée
46	Ponceau	Ouelle	Non forestier			X	X	X	X	0,46	Très élevée
82	Ponceau	Loup	Non forestier			X	X	X	X	0,46	Très élevée
28	Ponceau	Ouelle	Classe 5		X		X	X	X	0,43	Élevée
21	Ponceau	Ouelle	Classe 5		X		X	X	X	0,42	Élevée
47	Ponceau	Ouelle	Classe 5		X		X	X	X	0,42	Élevée
80	Ponceau	Loup	Non classé			X	X	X	X	0,4	Élevée
24	Ponceau	Ouelle	Non classé			X	X	X	X	0,38	Élevée
56	Ponceau	Loup	Inconnu	X		X	X	X	X	0,38	Élevée

Suite annexe 4. Liste des ponceaux prioritaires

Suite du tableau 7. Traverses prioritaires, soient où le gain écologique potentiel est très élevée ou élevée, selon l' analyse multicritère

No Traverse	Type	Bassin versant	Type chemin	Paramètres						Pointage analyse	Gain écologique potentiel
				SAFO	Chute et/ou Cascade	Obstacle	État	Source érosion	Connexion fossé		
73	Ponceau	Loup	Non classé			X	X			0,38	Élevée
81	Ponceau	Loup	Non forestier		X		X	X	X	0,38	Élevée
88	Ponceau	Loup	Non classé			X	X			0,38	Élevée
92	Ponceau	Loup	Non classé			X	X			0,38	Élevée
124	Ponceau	Verte	Non forestier			X	X			0,38	Élevée
138	Ponceau	Loup	Classe 4		X		X	X	X	0,38	Élevée
198	Pont	Loup	Non classé			X	X			0,38	Élevée
54	Ponceau	Loup	Inconnu	X			X	X		0,34	Élevée
118	Ponceau	Loup	Non classé			X	X			0,34	Élevée
41	Ponceau	Ouelle	Non forestier	X			X	X	X	0,34	Élevée
67	Ponceau	Loup	Classe 5		X		X	X		0,34	Élevée
75	Ponceau	Loup	Classe 5		X		X	X		0,34	Élevée
78	Ponceau	Loup	Non classé			X	X	X		0,34	Élevée
110	Ponceau	Loup	Classe 5			X	X	X		0,34	Élevée
168	Ponceau	Ouelle	Classe 4		X		X			0,33	Élevée
50	Ponceau	Ouelle	Classe 4			X			X	0,33	Élevée

Annexe 5 – Stratégies de gestion pour les chemins à faible utilisation

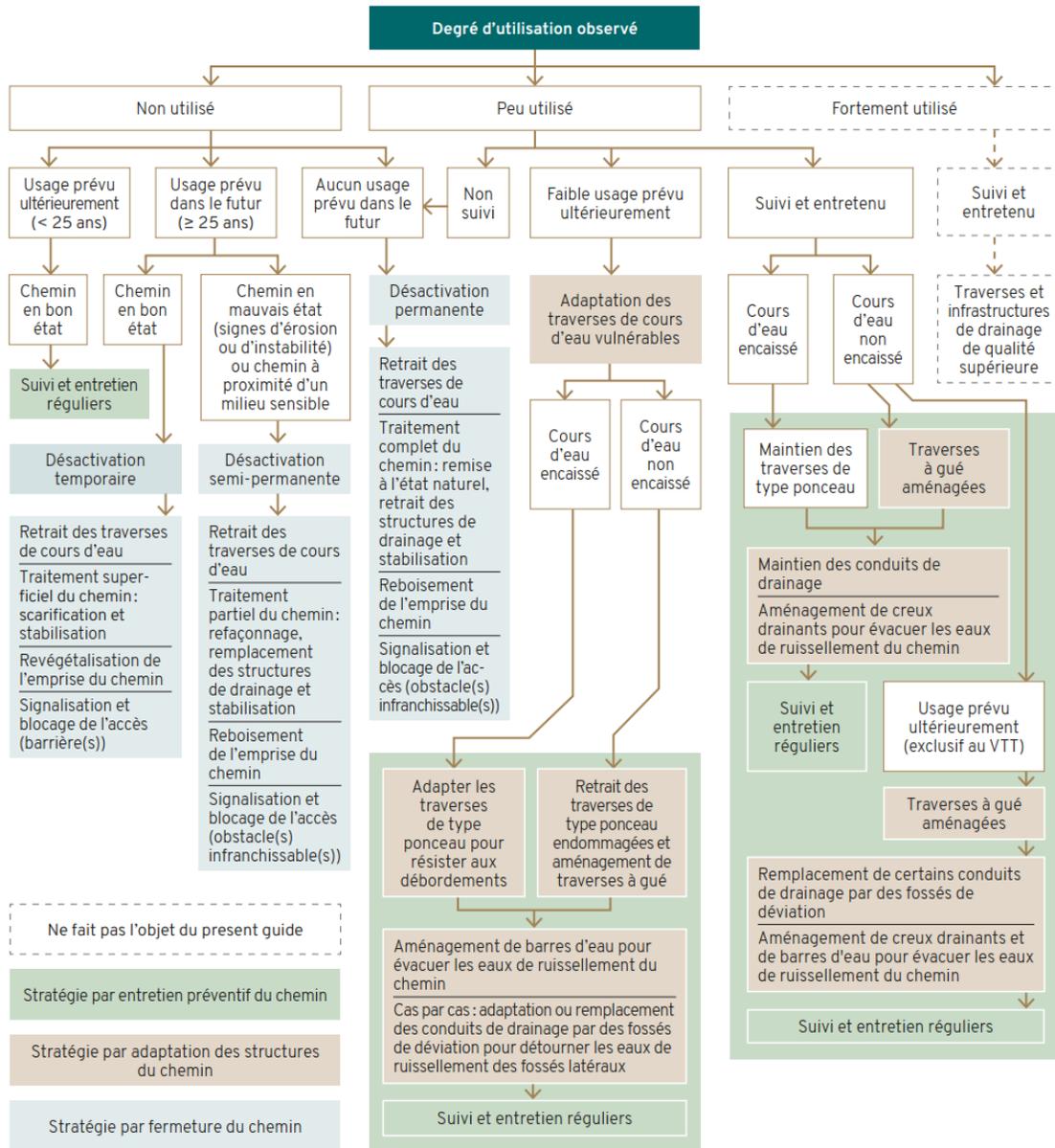


Figure 19. Schéma décisionnel pour le réseau de chemins existants (Jutras et coll. 2022)

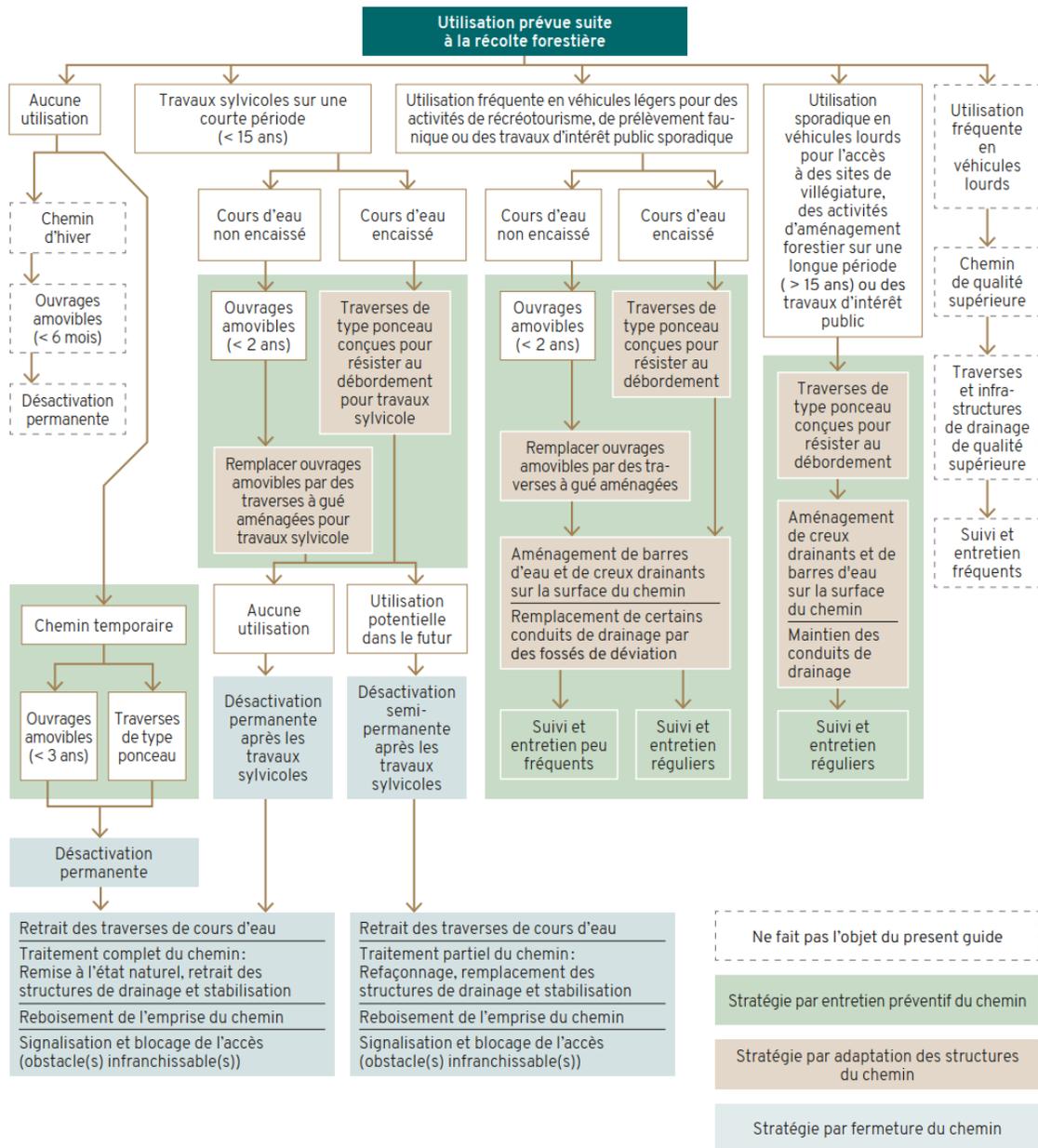


Figure 20. Schéma décisionnel pour la construction de nouveaux chemins ou la réactivation de chemins existants (Jutras et coll., 2

Annexe 6 - Description de la base de données