



SOCIÉTÉ DE
DÉVELOPPEMENT
CRIE



LA GRANDE ALLIANCE

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ - PHASES II & III – INFRASTRUCTURE TRANSPORT

NOTE TECHNIQUE 14

STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

VERSION FINALE

DATE : LE 25 MARS 2024

PRÉPARÉ PAR :

VÉRIFIÉ PAR :

Charles Savard, P. Eng., M.A.Sc.
Chargé de projet principal, Ponts et Transports
Numéro OIQ : 122414

Jean-Pierre Blondin, P. Eng., M.Eng.
Directeur principal, Transport ferroviaire
Numéro OIQ : 114104



SOMMAIRE EXÉCUTIF

La présente note technique 14 vise à décrire les structures de génie civil proposées pour les tracés routiers et ferroviaires décrits dans la note technique 11 - Routes et la note technique 12 - Chemins de fer. La conception des structures ferroviaires civiles est principalement basée sur les règlements de l'AREMA. La conception des structures civiles routières est principalement basée sur les normes de conception des routes et des ponts du MTQ et sur les règlements et critères de la norme CSA-S6. Les structures civiles ont été développées sur la base des mêmes facteurs clés pour les routes et les chemins de fer :

- Respecter, dans la mesure du possible, la topographie naturelle du site (montagnes et plaines);
- Tenir compte de la géologie générale de la zone d'étude, y compris de l'emplacement des gisements de matériaux granulaires;
- Éviter, dans la mesure du possible, les lacs et les rivières; réduire au minimum la longueur des passages et des ponts lorsque ceux-ci sont inévitables;
- Éviter, dans la mesure du possible, les aires protégées existantes et projetées; minimiser les empiètements et prévoir des mesures d'atténuation lorsqu'ils sont inévitables;
- Minimiser les passages et les impacts sur les corridors de migration des caribous;
- Éviter, dans la mesure du possible, les zones d'importance culturelle telles que les zones actuellement utilisées par les utilisateurs cris du territoire, les sites archéologiques, etc.; réduire au minimum les empiètements et prévoir des mesures d'atténuation lorsque ceux-ci sont inévitables;
- Proposer, le cas échéant, des alternatives de tracé qui pourraient offrir une valeur ajoutée, telles que :
 - Emplacements qui minimisent l'empreinte environnementale;
 - Emplacements qui minimisent les coûts de construction;
 - Emplacements qui minimisent les impacts sur les camps et installations existants;
- Demeurer, dans la mesure du possible, à proximité des routes existantes ou proposées;
- Rester dans un corridor d'un kilomètre centré sur les routes existantes ou proposées lorsqu'il est entouré d'aires protégées reconnues de part et d'autre;
- Réduire au minimum le nombre de fois où la voie ferrée traverse les routes existantes ou proposées.

Les structures de génie civil requises pour les infrastructures de transport proposées par La Grande Alliance sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau Récapitulatif

INFRASTRUCTURE	LONGUEUR TOTALE	NOMBRE TOTAL DE PONTS	PONTS MAJEURS	LONGUEUR TOTALE DES PONTS	% DE ROUTE OU DE RAIL SUR UN PONT	NOMBRE DE PONTS PAR 10 KM
Route 167 : Réfection de deux segments	106 km 97 km	1*	-	n/a	n/a	n/a
Route 167: Prolongement jusqu'à la Transtaïga	172 km	23	2	0,5 km	0,5 %	1
Route : La Grande jusqu'à Whapmagoostui/Kuujuuarapik	207 km	62	11	2 km	1 %	3
Chemin de fer : Rupert jusqu'à La Grande	340 km	36	8	2,6 km	0,8 %	1
Chemin de fer : La Grande jusqu'à Whapmagoostui/Kuujuuarapik	219 km	66	27	9,4 km	4 %	3

Note * : Réfection d'un pont existant par le MTQ dans les 5 prochaines années

BRÈVE EXPLICATION SUR LES CHÂINAGES

Un chaînage indique la position relative le long de la ligne centrale horizontale d'une structure linéaire. Dans notre cas spécifique, les structures linéaires sont les routes. Un chaînage de départ est fixé à un endroit spécifique et la distance linéaire le long de la ligne centrale est ajoutée à ce chaînage de départ. Les chaînages sont généralement présentés comme suit :

KKK+MMM

Où :

- K : Kilomètres
- M : Mètres

A titre d'exemples :

- 1 Si le chaînage de départ était fixé à 000+000, le chaînage 000+001 serait situé sur la ligne médiane à 1 mètre du chaînage de départ.
- 2 Si le chaînage de départ était fixé à 000+000, le chaînage 000+020 serait situé sur la ligne médiane à 20 mètres du chaînage de départ.
- 3 Si le chaînage de départ était fixé à 000+000, le chaînage 000+300 serait situé sur la ligne médiane à 300 mètres du chaînage de départ.
- 4 Si le chaînage de départ était fixé à 000+000, le chaînage 004+000 serait situé sur la ligne médiane à 4 kilomètres du chaînage de départ.
- 5 Si le chaînage de départ était fixé à 000+000, le chaînage 050+000 serait situé sur la ligne médiane à 50 kilomètres du chaînage de départ.
- 6 Si le chaînage de départ était fixé à 000+000, le chaînage 600+000 serait situé sur la ligne médiane à 600 kilomètres du chaînage de départ.
- 7 Si le chaînage de départ était fixé à 000+000, le chaînage 324+678 serait situé sur la ligne médiane à 324 kilomètres et 678 mètres (324 678 m au total) du chaînage de départ.
- 8 Si le chaînage de départ était fixé à 100+000, le chaînage 324+678 serait situé sur la ligne médiane à 224 kilomètres et 678 mètres (224 678 m au total) du chaînage de départ.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	CRITÈRES DE CONCEPTION DES INFRASTRUCTURES CIVILES	2
2.1	Infrastructures civiles ferroviaires	2
2.2	Infrastructures civiles routières.....	3
2.3	Méthodologie hydrologique pour les routes	6
2.4	Méthodologie hydraulique pour les routes	8
3	INFRASTRUCTURES DE GÉNIE CIVIL PROPOSÉES.....	9
3.1	Chemin de fer : Rupert à La Grande	9
3.2	Route 167 : réfection et prolongement jusqu'à la route Transtaïga	12
3.3	Route : La Grande à Whapmagoostui/Kuujuuarapik	16
3.4	Chemin de fer : La Grande à Whapmagoostui/Kuujuuarapik.....	19
4	CONCLUSIONS ET AUTRES CONSIDÉRATIONS.....	23
5	RÉFÉRENCES	25

TABLE DES MATIÈRES

TABLEAUX

Tableau 2-1	Principaux critères de conception des chemins de fer - Infrastructures civiles	3
Tableau 2-2	Critères de conception des routes principales - Infrastructures civiles	5
Tableau 2-3	Spécifications des stations météorologiques retenues	6
Tableau 2-4	Caractéristiques des stations hydrométriques utilisées pour les ouvrages de traversée PK159 et PK337	8
Tableau 3-1	Chemin de fer de Rupert à La Grande – Structures de ponts ferroviaires.....	9
Tableau 3-2	Chemin de fer de Rupert à La Grande - Nombre de ponts	11
Tableau 3-3	Route 167 : Réfection et prolongement jusqu'à la route Transtaïga - Différents tronçons	12
Tableau 3-4	Route 167 - Prolongement de la route – Structures de ponts routiers.....	14
Tableau 3-5	Route 167 - Option alternative à la route de la mine – Structures de ponts routiers	15
Tableau 3-6	Route - La Grande à Whapmagoostui/Kuujjuarapik - Structures de ponts routiers.....	17
Tableau 3-7	Chemin de fer - La Grande à Whapmagoostui/Kuujjuarapik - Structures de ponts ferroviaires.....	19
Tableau 3-8	Chemin de fer - La Grande à Whapmagoostui/Kuujjuarapik - Nombre de ponts	21
Tableau 4-1	Tableau récapitulatif	23

FIGURES

Figure 3-1	Pont routier existant au-dessus de la rivière Eastmain	11
Figure 3-2	Route 167 – Tracé proposé	13

TABLE DES MATIÈRES

ANNEXES

- A** Résultats hydrologiques
- B** Résultats hydrauliques
- C** Photographies
- D** Cartes

1 INTRODUCTION

La présente note technique 14 vise à décrire les structures de génie civil proposées dans le cadre de l'étude de La Grande Alliance, notamment les suivantes :

PHASE I (1-5 ANS)¹ (LA PHASE I EST ÉTUDIÉE PAR DES TIERS)

- **Routes : Réfection et pavage des routes d'accès aux communautés** de Waskaganish, Eastmain, Wemindji et Nemaska.
- **Chemin de fer : Matagami à Rupert**
Un chemin de fer proposé longeant, dans la mesure du possible, celui de la route Billy-Diamond (RBD) à partir de la ville de Matagami vers le km 257 de la RBD (pont de la rivière Rupert).
- **Chemin de fer : Grevet à Chapais**
Remise en service du chemin de fer entre Grevet (Lebel-sur-Quévillon) et Chapais (distance approximative de 147 km).

PHASE II (6-15 ANS)

- **Chemin de fer : Rupert à La Grande**
Un tracé ferroviaire proposé longeant, dans la mesure du possible, celui de la route Billy-Diamond (RBD) à partir du km 257 (après le pont de la rivière Rupert, qui est le point de jonction avec le tracé ferroviaire élaboré par le consultant de la phase I) jusqu'à la rivière La Grande. Le tracé ferroviaire de la phase II s'étend sur une distance approximative de 340 km.
- **Route 167: Réfection et prolongement jusqu'à la route Transtaïga**
Réfection et pavage du tronçon allant de la route d'accès à la communauté de Mistissini à la route d'accès à la mine Renard de Stornoway, sur une distance approximative de (± 204 km);
Prolongement vers le nord pour rejoindre la route Transtaïga près du km 408, sur une distance approximative de 172 km.
- **Route : La Grande à Whapmagoostui/Kuujuarapik**
Un corridor routier proposé reliant la route d'accès de la communauté de Chisasibi et Whapmagoostui/Kuujuarapik, sur une distance de 207 km.

PHASE III (16-30 ANS)

- **Chemin de fer : La Grande à Whapmagoostui/Kuujuarapik**
Un tracé ferroviaire proposé qui s'étend à partir du tracé ferroviaire de la phase II et qui longe, dans la mesure du possible, le tracé routier proposé menant à Whapmagoostui/Kuujuarapik élaboré au cours de cette étude par WSP. Le tracé ferroviaire de la phase III s'étend sur une distance approximative de 219 km.
- **Port à Whapmagoostui/Kuujuarapik**
Un projet de port saisonnier pour les bateaux à faible tirant d'eau (~6 m de profondeur) le long de la côte de Whapmagoostui/Kuujuarapik entre l'embouchure de la Grande rivière de la Baleine et l'entrée du passage de Manitounuk.
Ce rapport complète les notes techniques 11 - Routes et 12 - Chemins de fer et décrit les besoins en infrastructures de génie civil pour les tracés routiers et ferroviaires décrits dans ces rapports.

¹ Toutes les dates indiquées dans ce document sont hypothétiques et correspondent au début de la période de construction. Elles n'incluent donc pas toutes les phases préalables au projet, notamment l'évaluation de l'impact environnemental et social, qui serait nécessaire si les infrastructures étaient mises en place.

2 CRITÈRES DE CONCEPTION DES INFRASTRUCTURES CIVILES

Toutes les infrastructures de génie civil requises doivent être conformes aux lois et réglementations en vigueur (voir les notes techniques 11 - Routes et 12 - Chemins de fer). L'approche conceptuelle est également basée sur des projets comparables (voir la note technique 1) et sur les défis de construction spécifiques aux projets nordiques et isolés.

Outre les paramètres considérés comme standard en matière de conception routière, l'approche spécifique de La Grande Alliance a fortement influencé les décisions conceptuelles. En effet, le travail de conception tient pleinement compte de l'ensemble des données socio-environnementales compilées à partir d'une grande variété de sources, y compris les connaissances du territoire par les utilisateurs cris qui ont été mobilisés avant la phase de conception afin d'identifier les zones qui seraient en conflit avec leur propre utilisation des terres. La liste ci-dessous donne des exemples de l'information prise en compte dans le cadre de cette approche très innovante :

- Respecter, dans la mesure du possible, la topographie naturelle du site (montagnes et plaines);
- Tenir compte de la géologie générale de la zone d'étude, y compris de l'emplacement des gisements de matériaux granulaires;
- Éviter, dans la mesure du possible, les lacs et les rivières; réduire au minimum la longueur des passages et des ponts lorsque ceux-ci sont inévitables;
- Éviter, dans la mesure du possible, les aires protégées existantes et projetées; minimiser les empiètements et prévoir des mesures d'atténuation lorsqu'ils sont inévitables;
- Minimiser les passages et les impacts sur les corridors de migration des caribous;
- Éviter, dans la mesure du possible, les zones d'importance culturelle telles que les zones actuellement utilisées par les utilisateurs des terres cries, les sites archéologiques, etc.; réduire au minimum les empiètements et prévoir des mesures d'atténuation lorsque ceux-ci sont inévitables;
- Proposer, le cas échéant, des alternatives de tracé qui pourraient offrir une valeur ajoutée, telles que :
 - Emplacements qui minimisent l'empreinte environnementale;
 - Emplacements qui minimisent les coûts de construction;
 - Emplacements qui minimisent les impacts sur les camps et installations existants;
- Demeurer, dans la mesure du possible, à proximité des routes existantes ou proposées;
- Rester dans un corridor d'un kilomètre centré sur les routes existantes ou proposées lorsqu'il est entouré d'aires protégées reconnues de part et d'autre;
- Réduire au minimum le nombre de fois où la voie ferrée traverse les routes existantes ou proposées.

2.1 INFRASTRUCTURES CIVILES FERROVIAIRES

Comme indiqué dans le tableau 2-1 ci-dessous, la conception des infrastructures civiles requises pour le tracé du chemin de fer est basée sur les réglementations AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association). Toutes les infrastructures ferroviaires doivent respecter les manuels AREMA pour la conception et les exigences de Transport Canada pour le chemin de fer.

Les infrastructures civiles ferroviaires doivent respecter le *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RADF) et les chargements spéciaux qui peuvent être prévus dans la conception.

Tableau 2-1 Principaux critères de conception des chemins de fer - Infrastructures civiles

CRITÈRES DE CONCEPTION	VALEUR
Vitesse de conception	80 mph passagers, 60 mph fret
Chargement	Cooper E90
Pente maximale	1,5 % (compensé), 2,0 % (sur une longueur maximale de 500 m)
Rail	136 lb RE

La distance de la traversée des cours d'eau est mesurée entre les berges et n'inclut pas l'approche. Toutes les structures de franchissement de cours d'eau de plus de 10 m de long sont considérées comme des ponts, quelle que soit la hauteur libre sous le pont ou le remblai potentiel, et sont donc décrites comme des infrastructures de génie civil dans la section suivante. Dans la détermination de toutes les traversées de cours d'eau, la présence d'une zone humide potentielle a été prise en compte. Toutes les autres structures de moins de 10 m de long sont considérées comme des ponceaux ferroviaires à des fins d'estimation. De plus, l'étude prévoit un (1) ponceau tous les 500 m de voie ferrée pour le drainage, indépendamment de la topographie. De plus, lorsque le remblai au-dessus du niveau du sol naturel est supérieur à 12 mètres et que le site ne peut pas accueillir un remblai important, il a été établi qu'une infrastructure civile était nécessaire.

Pour ces infrastructures, il faut privilégier les travées en acier ou les éléments préfabriqués en béton afin de minimiser le besoin de béton coulé sur place, ce qui peut poser problème dans le nord du pays. Des plaques ondulées en acier galvanisé ou des ponceaux en béton préfabriqués pour les infrastructures plus courtes peuvent également être utilisés dans certains cas pour faciliter la construction lorsque les réglementations environnementales le permettent. Les ponts ou éléments de pont préfabriqués et les méthodes de construction accélérée de ponts (ABC) doivent être utilisés pour minimiser le temps nécessaire à l'installation.

Les critères de passage des poissons de Pêches et Océans Canada et du RADF n'ont pas été intégrés dans la conception. Dans les phases ultérieures du projet, il est nécessaire de recueillir les informations requises (nécessité d'assurer le passage des poissons, pentes des cours d'eau, profils des voies ferrées, etc.) et d'adapter la conception en fonction du passage des poissons, le cas échéant.

2.2 INFRASTRUCTURES CIVILES ROUTIÈRES

La conception des infrastructures civiles requises pour le tracé des routes est basée sur les normes de conception des routes et des ponts du MTQ, *Tome III - Ouvrages d'art des Normes sur la conception des ouvrages d'art du MTQ* (MTQ, 2021a), et sur les *règlements et critères de la norme CSA-S6:19*, comme indiqué dans le tableau 2-2 ci-dessous. Selon les discussions tenues avec Hydro-Québec au printemps 2022, aucune demande de charge spéciale n'est requise pour les prolongements de routes proposés (par rapport à la RBD existante selon un critère de charge de conception de 500 tonnes).

Les infrastructures routières doivent respecter le *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RADF) et les charges spéciales qui peuvent être prévues dans la conception.

La distance de traversée des cours d'eau est mesurée entre les berges et n'inclut pas l'approche. Toutes les structures de traversée de cours d'eau de plus de 4,5 m de long sont considérées comme des ponts aux fins de l'estimation et sont donc décrites dans la section suivante. Toutes les autres structures de moins de 4,5 m de long sont considérées comme des ponceaux routiers et sont décrites dans la note technique 11. Notons que ces définitions des ponts et des ponceaux sont utilisées pour quantifier les besoins en infrastructures de différents types dans le cadre de cette étude.

Des études hydrauliques, environnementales et topographiques plus détaillées seront nécessaires pour confirmer le type de structure à chaque endroit.

Pour déterminer les travées de pont qui seront nécessaires pour ce tronçon routier, les éléments suivants ont été pris en compte afin de définir la longueur des traversées :

- Longueur nécessaire à partir de l'interprétation des photos aériennes pour déterminer la largeur des cours d'eau à traverser;
- Longueur requise en fonction de la présence d'une zone humide présumée;
- À cette étape de l'étude, le scénario le plus défavorable a été pris en compte pour déterminer les longueurs de traversée.

Il faut souligner qu'au cours de l'étude, la route proposée entre La Grande et Whapmagoostui/Kuujuarapik est passée à la phase de faisabilité et a donc donné lieu à des analyses hydrologiques et hydrauliques préliminaires supplémentaires. Des éléments supplémentaires ont donc été pris en compte pour définir la longueur de ces traversées :

- Détermination préliminaire des débits totaux de la rivière selon l'équipe environnementale;
- Longueur nécessaire en fonction des débits hydrauliques préliminaires;
- Les critères de passage du poisson de Pêches et Océans Canada et du RADF n'ont pas été intégrés dans la conception. Dans les étapes ultérieures du projet, il sera nécessaire de recueillir les informations requises (nécessité d'assurer le passage des poissons, pentes des cours d'eau, profils de la chaussée, etc.).

Pour la délimitation des bassins versants, les Données topographiques du Canada (série CanVec) ont été utilisées. Ces données représentent un recueil de données vectorielles représentant les éléments suivants (Gouvernement du Canada, consulté en 2023) :

- Constructions et occupation du territoire au Canada - Entités faites par l'homme;
- Lacs, rivières et glaciers au Canada - Entités hydrographiques;
- Limites administratives au Canada - Entités administratives;
- Mines, énergie et réseaux de communication au Canada - Entités gestion des ressources;
- Régions boisées, sols saturés et formes du paysage au Canada - Entités terre;
- Réseaux de transport au Canada - Entités transport;
- Élévation au Canada - Entités élévation.

Le CanVec fournit également un modèle numérique d'élévation (MNE). Ce MNE a été utilisé pour établir les caractéristiques du bassin versant (superficie, pente moyenne, couvert végétal, coefficient de ruissellement, etc.) pour tous les ouvrages de traversée des cours d'eau.

En outre, une bande LiDAR d'environ 1 km de large, longeant le tracé routier proposé, était disponible et a été utilisée pour des données hydrauliques plus spécifiques (pente du cours d'eau, largeur, élévation de la surface de l'eau, etc.).

A cette étape, on considère que les ponts acier-bois standard sont préférables, si possible, pour leur facilité de construction et leur préfabrication pour cette construction nordique. Toutefois, une analyse du cycle de vie sera réalisée à un stade ultérieur de l'étude pour confirmer cette approche. Des plaques ondulées en acier galvanisé ou des ponceaux en béton préfabriqués peuvent également être utilisés dans certains cas pour faciliter la construction lorsque les réglementations environnementales le permettent.

NOTE TECHNIQUE 14 – STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

Tableau 2-2 Critères de conception des routes principales - Infrastructures civiles

CRITÈRE DE CONCEPTION	VALEUR
Charge nominale	CL-625
Largeur minimale de la route	7,3 m (1 voie)
Particularité de la route proposée entre La Grande et Whapmagoostui/Kuujuarapik	
Débit de conception	La période de retour de la crue de conception des ponts est de 50 ans et celle des ponceaux est de 25 ans pour une route « nationale » (MTQ, 2022). À cette étape du projet, la période de retour de conception a été établie à 50 ans pour tous les ouvrages de traversée de cours d'eau.
Changement climatique	Majoration des données de base prendre en considération les changements climatiques : <ul style="list-style-type: none"> – Pour les bassins versants d'une superficie inférieure à 60 km², l'augmentation devrait être de 18 % pour la région « Ailleurs au Québec », qui comprend la région de l'étude. – Pour les bassins versants d'une superficie comprise entre 60 et 400 km², l'augmentation devrait être de 15 %; et – Pour les bassins versants de plus de 400 km², l'augmentation devrait être de 15 % pour la région « C-Région nord du Québec » qui comprend la région de l'étude.
Dégagement vertical des ponceaux	L'écoulement doit se faire à surface libre, ce qui signifie que le dégagement vertical doit être supérieur à zéro cm pour la crue de conception choisie. En d'autres termes, le niveau de l'eau en amont et en aval du ponceau doit être inférieur à la hauteur du soffite du ponceau, tant à l'entrée qu'à la sortie.
Dégagement vertical des ponts	L'ouverture préliminaire du pont a été établie à un minimum de 80 % de la largeur de la berge, à laquelle s'ajoute la largeur de la protection en enrochement typique (300-500 mm sur une largeur de 800 mm).
Protection par enrochement	Cette mesure est essentielle pour assurer la durabilité de l'ensemble de la structure et éviter les détériorations telles que l'affouillement, l'érosion, le soulèvement et les défauts de déformation généralement observés à l'entrée et à la sortie de ces structures. Le dimensionnement et l'épaisseur de l'enrochement à mettre en place aux extrémités de l'ouvrage.
Réglementation de la RADF	Les articles 98, 102 et 103 pourraient avoir une incidence sur le dimensionnement des ponceaux.
Type de ponceaux	Des ponceaux circulaires et rectangulaires ont été sélectionnés à ce stade de l'étude. Pour les ponceaux circulaires, le diamètre maximal proposé est de 1200 mm. Pour les ponceaux de moins de 1200 mm, seul un ponceau circulaire a été proposé, tandis que pour les ponceaux d'un diamètre de 1200 mm, un ponceau rectangulaire a également été proposé. Enfin, lorsqu'un ponceau circulaire de 1200 mm de diamètre n'était pas suffisant pour faire passer le débit prévu, un ponceau rectangulaire a été proposé. À certains endroits, plus d'un ponceau rectangulaire sera nécessaire.

2.3 MÉTHODOLOGIE HYDROLOGIQUE POUR LES ROUTES

Les calculs hydrologiques ont été réalisés à partir de trois méthodes différentes. Le choix de la méthode est basé sur la superficie du bassin versant :

- la méthode rationnelle a été utilisée pour les bassins versants d'une superficie inférieure à 25 km²;
- la méthode SCS a été utilisée pour les bassins versants dont la superficie est comprise entre 25 km² et environ 800 km²;
- l'analyse de fréquence combinée à un transfert de bassin versant a été utilisée pour les autres bassins versants.

Il faut souligner que la limite supérieure d'applicabilité de la méthode SCS (Soil Conservation Service) (800 km²) est basée sur la limite inférieure d'applicabilité de l'analyse de fréquence et du transfert de bassin versant. Cette dernière dépend du bassin versant des stations hydrométriques voisines qui peuvent être utilisées pour le transfert de bassin versant. Les rapports de bassin versant entre la station hydrométrique et le site d'étude doivent être compris entre 0,5 et 2,0 (Anctil, 2005).

Les résultats des calculs hydrologiques sont présentés à l'annexe A.

2.3.1 MÉTHODE RATIONNELLE

Les débits de conception des ouvrages de traversée dont le bassin versant est inférieur à 25 km² ont été calculés en utilisant la méthode rationnelle, telle que décrite dans le Manuel de Conception des ponceaux (MTQ, 2021a). Cette méthode a été utilisée pour 94 ouvrages de traversée sur 119.

Deux stations météorologiques ont été retenues comme candidates potentielles pour le calcul de l'Intensité-Durée-Fréquence (IDF) à utiliser dans le cadre de la méthode rationnelle. Les deux stations sont situées à chaque extrémité de la route proposée.

Tableau 2-3 Spécifications des stations météorologiques retenues

ID	NOM	ANNÉES ENREGISTRÉES DISPONIBLES	LATITUDE	LONGITUDE	I ¹ (mm/h)
7093716	La Grande Rivière A	1977-2015	53,63	-77,70	41,99
7103539	Kuujuarapik	1969-2017	55,37	-77,57	35,81

¹ Cette intensité correspond à la période de retour de 1:50 ans pour une précipitation d'une heure

Les courbes IDF de la station 7093716 de l'aéroport de La Grande Rivière ont été utilisées dans le cadre de cette étude, car elles produisent des taux d'intensité légèrement plus élevés et donc plus conservateurs. Il est à noter qu'une analyse de sensibilité a été effectuée sur les données consignées par les stations 7103539 de Kuujuarapik et que les résultats de la méthode rationnelle étaient légèrement mais non significativement inférieurs.

2.3.2 MÉTHODE SCS (SOIL CONSERVATION SERVICE)

Les bassins versants dont la superficie est comprise entre 25 km² et environ 800 km² sont hors de la limite d'applicabilité de la méthode rationnelle. Pour les bassins dont la superficie du bassin versant est supérieure à 25 km² et pour lesquels aucune station hydrométrique environnante ne permet de réaliser une analyse fréquentielle, la méthode du numéro de courbe SCS basée sur le modèle USDA Soil Conservation Service (SCS) a été utilisée. Cette méthode a été utilisée pour 23 ouvrages de traversée sur 119.

La méthode de numéro de courbe SCS est un modèle simple permettant d'estimer les débits de ruissellement des précipitations. Ce modèle estime le ruissellement en fonction de l'intensité des précipitations et de l'indice de courbe (IC), qui est une approximation qui inclut les conditions d'humidité antérieures, la classification hydrologique du sol et l'utilisation du territoire. Il repose sur le concept selon lequel les précipitations totales tombant sur un bassin peuvent être séparées en trois composantes : le ruissellement direct, la rétention d'eau potentielle maximale dans le sol et les pertes initiales.

2.3.3 ANALYSE DE FRÉQUENCE ET TRANSFERT DES BASSINS VERSANTS

L'analyse de fréquence est une méthode utilisant des régressions statistiques pour estimer les débits de crue d'un cours d'eau à partir des données consignées. Une fois que les valeurs de débit ont été calculées pour différentes périodes de retour, les valeurs peuvent être ajustées à un site spécifique en utilisant un transfert de bassin versant comme indiqué dans l'équation 1.

$$Q_2 = Q_1 \left[\frac{A_2}{A_1} \right]^a$$

Où :

- Q_1 = Débit de conception au site 1 (c'est-à-dire le site de la station hydrométrique);
- Q_2 = Débit de conception au site 2 (c'est-à-dire le site de l'ouvrage de traversée);
- A_1 = Superficie du bassin versant sur le site 1 (c'est-à-dire le site de la station hydrométrique);
- A_2 = Superficie du bassin versant sur le site 2 (c'est-à-dire le site de l'ouvrage de traversée);
- a = Exposant régional (égal à 1 sauf si des données sont disponibles)

Les débits de conception des ouvrages de traversée PK159 (rivière Roggan) et PK337 (Grande rivière de la Baleine) ont été calculés à l'aide d'une analyse de fréquence des débits journaliers maximaux enregistrés respectivement aux stations hydrométriques 093804, située sur la rivière Denys, et 093801, située sur la Grande rivière de la Baleine. Pour le PK 159, la station hydrométrique 093302 a également été considérée en raison des similitudes du bassin versant (superficies et réseau hydrographique), mais a été rejetée en raison de la disponibilité limitée des enregistrements (13 ans). Pour le PK 337, la station hydrométrique 093803 a également été considérée car elle est située sur la Grande rivière de la Baleine à proximité du site d'étude. Elle a été rejetée parce qu'elle contenait un nombre limité d'enregistrements.

Le logiciel HYFRAN (INRS-ÉTÉ, 2002), développé par l'Institut national de la recherche scientifique, a été utilisé pour réaliser l'analyse de fréquence à partir des séries hydrologiques de crues maximales journalières. Selon le Conseil national de recherches du Canada (CNRC, 1990), les lois de distribution les plus couramment utilisées pour l'analyse des fréquences des crues extrêmes sont les suivantes : Pearson type III, Gumbel, log-normale et la loi générale des valeurs extrêmes (GEV). Dans le cas présent, la loi générale des valeurs extrêmes (GEV) est la mieux adaptée à l'échantillon de la station Denys et la loi log-normale est la mieux adaptée à l'échantillon de la Grande rivière de la Baleine. Elles ont donc été retenues pour établir les caractéristiques des crues. Une transposition de bassin versant a ensuite été effectuée pour ajuster les débits calculés aux sites à l'étude.

Tableau 2-4 Caractéristiques des stations hydrométriques utilisées pour les ouvrages de traversée PK159 et PK337

N° DE LA STATION	NOM	ANNÉES ENREGISTRÉES DISPONIBLES	AIRE DE CAPTAGE (km ²)	COORDONNÉES	
				Lat	Long
093804	Denys	1960 – 1993	4660	55° 1'	-77° 4'
093801	Grande rivière de la baleine	1961 – en cours	32469	55° 14'	-76° 59'
093302	Anistuwach	1981 – 1993	4370	54° 25'	-78° 48'
093803	Grande rivière de la baleine	1958 – 1970	43200	55° 17'	-77° 35'

2.4 MÉTHODOLOGIE HYDRAULIQUE POUR LES ROUTES

2.4.1 APPROCHE DE MODÉLISATION

Le dimensionnement des ponceaux a été effectué à l'aide du logiciel HY-8. Le logiciel HY-8 Culvert Hydraulic Analysis Program est un logiciel développé par la Federal Highway Administration du U.S. Department of Transportation. Il permet de simuler le comportement hydraulique des ponceaux, notamment en termes de vitesse d'entrée et de sortie, de pertes de charge et de dégagement vertical à l'entrée et à la sortie. Il calcule également le régime d'écoulement et la courbe de remous entre les niveaux d'eau en amont et en aval du ponceau. Enfin, il permet de déterminer les profondeurs de contrôle à l'entrée et à la sortie et d'analyser le type de contrôle auquel les ponceaux sont soumis pour différents régimes d'écoulement.

A cette étape de l'étude, et compte tenu du peu de données disponibles, les paramètres suivants ont été utilisés pour faciliter les calculs hydrauliques :

- La largeur de la berge a été déterminée par photo-interprétation;
- Les berges ont une pente latérale de 2H : 1V;
- Le coefficient de Manning du lit du cours d'eau est de 0,035;
- Les ponceaux sont circulaires ou rectangulaires, en béton, sont droits et ont un coefficient d'entrée de 0,2 pour les ponceaux circulaires et de 0,4 pour les ponceaux rectangulaires;
- Les ponceaux ont une longueur de 24 m;
- La pente en aval du ponceau a été établie comme étant égale à celle du cours d'eau en aval (d'après le relevé LiDAR);
- Les ponceaux sont installés à peu près à la même pente que le cours d'eau;
- Il n'a pas été envisagé d'enterrer le seuil du ponceau.

Les résultats des calculs hydrauliques sont présentés à l'annexe B.

3 INFRASTRUCTURES DE GÉNIE CIVIL PROPOSÉES

Comme indiqué dans les sections précédentes, les ouvrages de traversée des cours d'eau ont été identifiés selon la méthodologie suivante :

- Interprétation des photos aériennes;
- Interprétation des cartes topographiques;
- Étude des tracés ferroviaires et routiers proposés en plan et en profil;
- Reconnaissance par hélicoptère de la route proposée entre La Grande et Whapmagoostui/Kuujuarapik;
- Études hydrologiques et hydrauliques préliminaires pour la route proposée entre La Grande et Whapmagoostui/Kuujuarapik.

Cette approche devra être affinée et détaillée au cours des prochaines phases de développement des infrastructures proposées, à partir d'études complémentaires, notamment pour chaque ouvrage d'art :

- Études hydrologiques et hydrauliques détaillées;
- Caractéristiques géotechniques des fondations;
- Études environnementales;
- Tracé routier et ferroviaire optimisé en plan et en profil.

Comme il s'agit d'une étude de préfaisabilité/faisabilité, la longueur des structures est approximative et sujette à des changements considérables. Au cours de l'étape suivante de l'étude, une optimisation et quelques modifications de l'emplacement exact des ouvrages de traversée seront nécessaires pour réduire la longueur totale des ponts et pour définir les fondations requises, le nombre de travées au niveau de l'emplacement des ponts et la longueur de chacune d'entre elles.

3.1 CHEMIN DE FER : RUPERT À LA GRANDE

Selon les critères de conception établis dans la section 2 un total de 36 ponts est nécessaire pour l'infrastructure ferroviaire proposée. Comme mentionné dans la note technique 12, l'axe ferroviaire 2000+000 correspond au point de départ de ce tronçon ferroviaire, près de la rivière Rupert.

Tableau 3-1 Chemin de fer de Rupert à La Grande – Structures de ponts ferroviaires

CHAÎNAGE (km) AXE FERROVIAIRE	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	HAUTEUR MAXIMALE (m)	LATITUDE	LONGITUDE
013+700	Rivière non-identifiée	10	5	51.455009	-77.443261
2016+000	Rivière non-identifiée	10	5	51.473607	-77.429780
2016+600	Ruisseau Waphyew	15	7	51.478377	-77.430539
2027+250	Rivière non-identifiée	10	<5	51.562693	-77.4164010
2027+750	Rivière non-identifiée	25	<5	51.567287	-77.417860
2036+000	Rivière Tetapishu	40	5	51.635128	-77.391532
2044+750	Topographie	10	10	51.711429	-77.408365
2047+800	Rivière Pontax	150	10	51.733789	-77.427183
2051+400	Rivière Enistuwach	60	10	51.761779	-77.453107

NOTE TECHNIQUE 14 – STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

CHAÎNAGE (km) AXE FERROVIAIRE	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	HAUTEUR MAXIMALE (m)	LATITUDE	LONGITUDE
2066+150	Rivière non-identifiée	25	7	51.883053	-77.429164
2075+000	Rivière non-identifiée	10	7	51.943453	-77.355255
2097+500	Rivière non-identifiée	20	<5	52.093418	-77.225132
2106+000	Rivière non-identifiée	25	<5	52.148119	-77.174148
2109+500	Rivière non-identifiée	25	<5	52.171513	-77.144408
2117+000	Rivière non-identifiée	10	<5	52.225372	-77.086093
2128+100	Eastmain	480	30	52.321791	-77.085571
2129+900	Vallée et cours d'eau	200	22	52.338324	-77.090515
2144+600	Opinaca	500	20	52.39354	-77.250483
2164+500	Rivière non-identifiée	10	<5	52.526137	-77.316144
2178+700	Vallée et cours d'eau	70	15	52.625743	-77.416558
2183+300	Rivière Pilpas	10	10	52.663017	-77.415063
2186+000	Rivière non-identifiée	15	5	52.679432	-77.388458
2195+400	Rivière Du Vieux Comptoir	600	40	52.755987	-77.345187
2201+500	Rivière non-identifiée	20	<5	52.795855	-77.318343
2207+500	Rivière non-identifiée	15	<5	52.842779	-77.286517
2216+500	Rivière non-identifiée	30	10	52.914301	-77.267417
2223+500	Rivière non-identifiée	30	<5	52.971443	-77.308136
2236+750	Rivière non-identifiée	15	<5	53.061933	-77.393146
2242+400	Rivière Awawachistikwach	10	<5	53.100096	-77.439825
2255+800	Rivière non-identifiée (près du lac Kaychikwapichu)	15	<5	53.192605	-77.463184
2260+300	Rivière non-identifiée	10	<5	53.218203	-77.418710
2270+800	Entre les lacs Amisach Wat et Yasinski	15	11	53.300127	-77.445656
2281+650	Rivière non-identifiée (effluent du lac Ekomiak)	75	11	53.371233	-77.51392
2290+400	Rivière Castor	10	10	53.432799	-77.585634
2299+000	Topographie	15	<5	53.502654	-77.618401
2317+800	Rivière non-identifiée	15	<5	53.63651	-77.68703

Dans le tableau ci-dessus, certaines traversées de cours d'eau et vallées profondes sont importantes et nécessiteraient des infrastructures majeures. Des travaux importants, des études supplémentaires et des travaux de conception sont à prévoir pour ces ouvrages. Une structure d'une portée supérieure à 50 mètres est considérée comme un ouvrage d'art majeur.

Tableau 3-2 Chemin de fer de Rupert à La Grande - Nombre de ponts

NOMBRE DE PONTS	LONGUEUR DES PONTS FERROVIAIRES		QTÉ EN %
28	Court	10 m à 50 m	78 %
3	Majeur	51 m à 100 m	8 %
4	Long	101 m à 500 m	11 %
1	Très long	501 m et plus	3 %
36	Nombre total de ponts		

En ce qui concerne les ponts d'une longueur supérieure à 50 m (ponts majeurs, longs et très longs), des études approfondies doivent être réalisées dans la prochaine phase de l'étude afin de minimiser les coûts. Ces études pourraient être réalisées en équilibrant les déblais et les remblais, et en rassemblant des informations géotechniques pour confirmer que le remblai peut avoir une hauteur supérieure à 10 mètres pour certaines zones, comme envisagé dans le cadre de cette étude préliminaire.

Un autre élément qui devra être amélioré et optimisé au cours de la phase suivante est le dégagement vertical entre le tracé ferroviaire et le niveau d'eau estimé sous les ponts. Le tracé de préféabilité a été conçu sans critère défini de hauteur libre minimale. Par conséquent, certains ponts ont une hauteur libre inférieure à 5 mètres, ce qui pourrait ne pas être viable compte tenu de l'épaisseur de la structure du pont et de la hauteur libre minimale en cas de crue printanière, de glace, de débris, etc. La hauteur maximale des ponts étant présentée dans le tableau 3-1, les tronçons à améliorer en raison de la faible hauteur libre sont ceux qui sont notés « <5 ».

L'ouvrage de traversée de la rivière Eastmain au km 2128 est majeur compte tenu de la largeur de la rivière au niveau du tracé proposé. Un pont en arc peut être envisagé pour ce site. Pour les autres structures situées au-dessus d'une vallée profonde, des ponts à travées multiples sont envisagés, en évitant autant que possible les fondations dans les milieux humides.



Figure 3-1 Pont routier existant au-dessus de la rivière Eastmain

3.2 ROUTE 167 : RÉFECTION ET PROLONGEMENT JUSQU'À LA ROUTE TRANSTAÏGA

Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, les travaux prévus pour cette infrastructure ont été divisés en quatre sections différentes, comme décrit dans la note technique 11.

Tableau 3-3 Route 167 : Réfection et prolongement jusqu'à la route Transtaïga - Différents tronçons

SECTION	CHAÎNAGE (DÉBUT)	CHAÎNAGE (FIN)	LONGUEUR (KM)
Route existante			
Réfection et pavage de la route en gravier existante	305+000	411+600	106,6
Route MTQ existante non pavée (pas de travaux)	411+600	553+000	141,4
Réfection de la route de la mine existante	553+000	650+000	97,0
Prolongement jusqu'à la route Transtaïga			
Prolongement de la route projetée	650+000	822+564	172,6
Total des infrastructures projetées	305+000	822+564	517,6

La figure 3-2 à la page suivante illustre la route 167 et le prolongement proposé.

3.2.1 RÉFECTION ET PAVAGE DE LA ROUTE EXISTANTE (305+000 À 411+600)

Le premier tronçon de la route en gravier existante entre 305+000 et 411+600 est sous la responsabilité du MTQ. Par conséquent, dans ce tronçon de route, les ponts sont également sous la responsabilité du MTQ. Les ponts existants sur ce tronçon ont deux voies de circulation pour les camions de poids légal, à l'exception d'un pont (P-0125A) au km 351,9. Ce pont en béton a déjà été renforcé temporairement par l'installation d'un pont de capacité forestière pour le transport spécial de bois de coupe forestière.

Le MTQ prévoyait dans son programme quinquennal des travaux sur le pont P-0125A situé au chaînage 351+922. Toutefois, il a été convenu avec le MTQ que tous les travaux prévus à leur programme quinquennal seraient exclus des travaux proposés dans le cadre de La Grande Alliance. De plus, le MTQ ne prévoyant pas d'asphaltage à court terme sur cette route, des discussions seraient nécessaires avec le MTQ afin de définir comment les coûts associés à ces travaux pourraient être partagés ou entièrement couverts par les infrastructures proposées dans le cadre de La Grande Alliance.

3.2.2 ROUTE MTQ NON ASPHALTÉE EXISTANTE (411+600 À 553+000)

Le deuxième tronçon routier existant est la route du MTQ entre 411+600 et 553+000. Comme cette section existante de 141,4 km a été construite récemment (il y a 8 ans - ouverte en 2014) et que la route et les ponts sont en bon état (selon notre visite du site en juin 2022), on ne prévoit pas de travaux pour ce tronçon. Les structures civiles existantes étaient adéquates pour la circulation prévue sur cette route. Ce tronçon compte 23 ponts pouvant supporter des charges vives de 50 tonnes. Les abords des ponts sont pavés sur 60 m de chaque côté.

NOTE TECHNIQUE 14 – STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

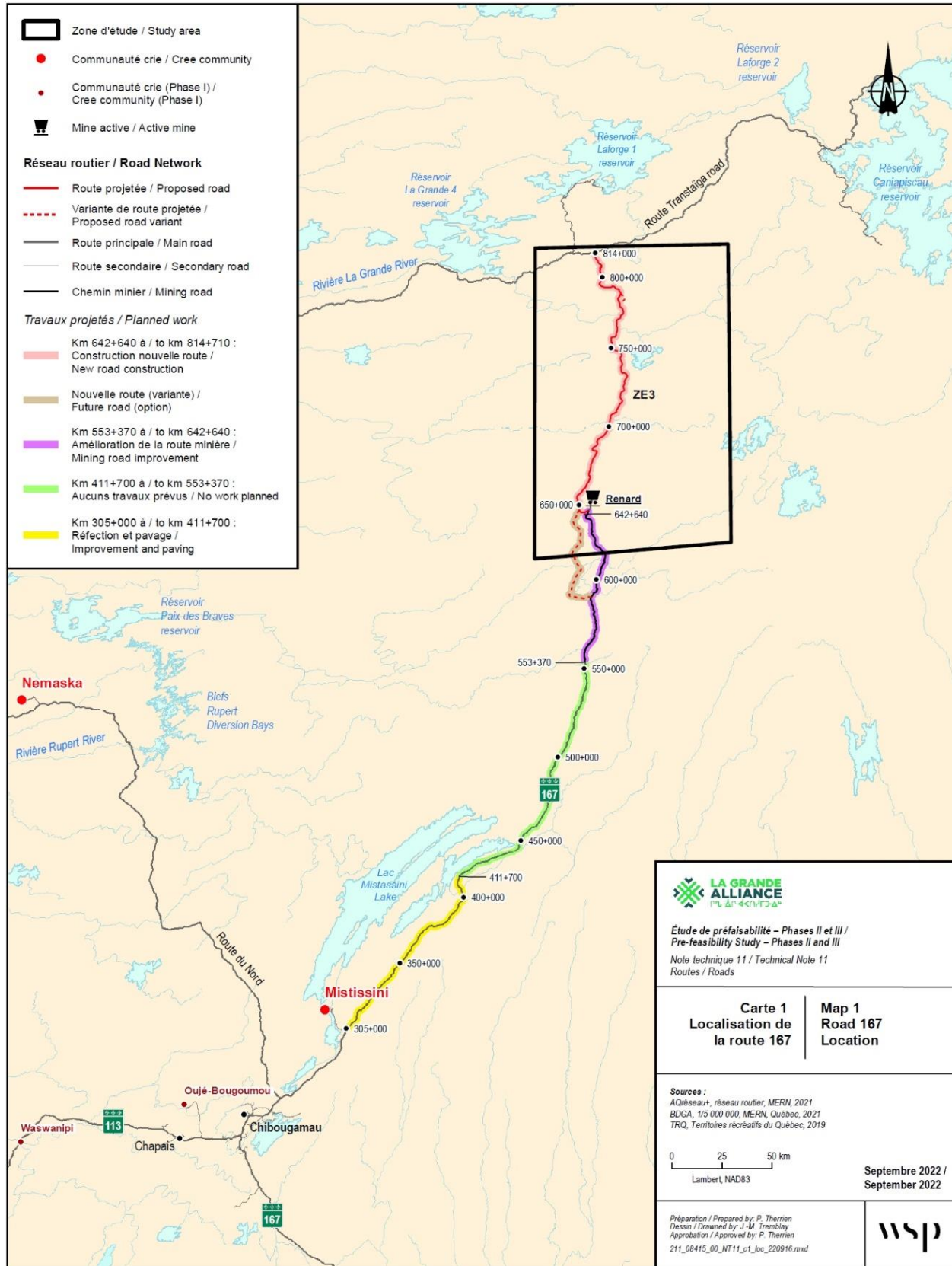


Figure 3-2 Route 167 – Tracé proposé

3.2.3 RÉFECTION DE LA ROUTE DE LA MINE EXISTANTE (553+000 À 650+000)

Le troisième tronçon de route est la route de la mine existante entre 553+000 et 650+000. Tel que décrit dans la note technique 11, ce tronçon existant de 97 km n'est pas conforme aux normes du MTQ. Des travaux sont nécessaires. La route est la propriété de la compagnie minière et sert à l'approvisionnement de la mine. Toutefois, en ce qui concerne l'utilisation de la route et de ses infrastructures, un relevé complet des infrastructures routières devra être effectué lors des prochaines étapes de développement des infrastructures proposées, incluant une analyse de l'état des infrastructures (ponceaux, ponts, etc.). Compte tenu du fait qu'une partie de la route est relativement récente, on peut supposer que les structures sont en bon état. À cette étape de l'étude, nous considérons qu'aucune réparation n'est requise sur ces infrastructures.

3.2.4 PROLONGEMENT PROJETÉ DE LA ROUTE (650+000 À 822+564)

Conformément aux critères de conception établis énumérés dans la section 2, un total de 23 ponts est prévu sur cette route projetée entre le km 650+000 et le km 822+564.

Tableau 3-4 Route 167 - Prolongement de la route – Structures de ponts routiers

CHAÎNAGE (km) AXE ROUTIER	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	LATITUDE	LONGITUDE
644+200	Lac/rivière non-identifié	20	52.748779	-72.247424
650+900	Rivière non-identifiée	7,5	52.783859	-72.291223
661+600	Topographie	7,5	52.889803	-72.230637
667+600	Topographie	15	52.908303	-72.222424
671+260	Rivière non-identifiée	20	52.939941	-72.224103
671+620	Rivière non-identifiée	15	52.942932	-72.222925
680+200	Rivière non-identifiée	7,5	53.016459	-72.185637
699+000	Rivière non-identifiée	35	53.135752	-72.098382
704+080	Rivière Sakami	50	53.178596	-72.091758
716+040	Rivière non-identifiée	15	53.266015	-72.009526
757+600	Rivière non-identifiée	7,5	53.554895	-72.082304
761+160	La Grande Rivière	150	53.585538	-72.072809
765+900	Topographie	15	53.616562	-72.081742
769+900	Topographie	10	53.650034	-72.050666
775+300	Rivière non-identifiée	15	53.689048	-72.060591
779+600	Rivière non-identifiée	7,5	53.721999	-72.078741
782+400	Lac/rivière non-identifié	25	53.744675	-72.063396
785+500	Rivière non-identifiée	7,5	53.767886	-72.080345
788+100	Topographie	7,5	53.777357	-72.110158
792+100	Topographie	7,5	53.773466	-72.166467
794+700	Rivière non-identifiée	7,5	53.778638	-72.211981
805+300	Rivière non-identifiée	15	53.861929	-72.226595

Dans le tableau ci-dessus, certains ouvrages de traversée de cours d'eau sont importants et nécessiteraient des infrastructures majeures. Des travaux importants, des études supplémentaires et des travaux de conception sont à prévoir pour ces ouvrages. Une structure dont la portée est supérieure à 50 mètres est considérée comme un ouvrage d'art majeur. Deux structures sont considérées comme des ouvrages majeurs, comme indiqué ci-dessous :

- Km 704+080 (traversée de la rivière Sakami) avec un pont de 50 mètres de long;
- Km 761+160 (traversée de La Grande Rivière) avec un pont de 150 mètres de long.

3.2.5 OPTION ALTERNATIVE (553+000 À 650+000)

À des fins de comparaison, une route alternative parallèle à une partie de la route de la mine a également été envisagée dans le cadre de l'étude. Bien que cette approche optimise la conformité avec les normes de conception, elle n'apporte pas de valeur ajoutée significative car les avantages fournis par l'option principale (telle que décrite ci-dessus) sont plus importants. Si cette option est retenue, elle impliquerait dix (10) ponts supplémentaires entre les km 553+000 et km 650+000.

Tableau 3-5 Route 167 - Option alternative à la route de la mine – Structures de ponts routiers

COURS D'EAU	LONGUEUR APPROX. (m)	LATITUDE	LONGITUDE
OPTION ALTERNATIVE (553+000 À 650+000)			
	7,5	52.360477	-72.210875
	7,5	52.362073	-72.284744
	15	52.369448	-72.330337
Structure majeure – Rivière Eastmain	225	52.503917	-72.274401
	20	52.536193	-72.305215
	50	52.604235	-72.275098
	20	52.61291	-72.267878
	25	52.615575	-72.269025
Structure majeure	70	52.645027	-72.269836
	20	52.742062	-72.307082

Dans le tableau ci-dessus, les ouvrages de traversée de cours d'eau et les vallées profondes sont plus importants que pour l'option principale et nécessiteraient donc des infrastructures plus longues. Des travaux importants, des études supplémentaires et des travaux de conception sont à prévoir pour ces ouvrages. Une infrastructure de génie civil d'une portée supérieure à 50 mètres est considérée comme un ouvrage majeur. Deux structures sont considérées comme des ouvrages d'art majeurs, comme indiqué ci-dessous :

- Traversée d'une rivière non-identifiée avec un pont de 70 mètres de long;
- Traversée de la rivière Eastmain avec un pont de 225 mètres de long.

3.3 ROUTE : LA GRANDE À WHAPMAGOOSTUI/KUJJUARAPIK

Soulignons que, durant l'étude, la route proposée de La Grande à Whapmagoostui/Kuujjuarapik est passée à l'étape de la faisabilité et a donc donné lieu à une reconnaissance hélicoptérée du site effectuée du 15 au 20 juillet 2022 par une équipe composée d'un ingénieur hydraulique (dimensionnement des ouvrages de traversée), d'un ingénieur en structure (conception des ouvrages de traversée) et d'un ingénieur civil (conception de la route) sur le tracé envisagé pour la route proposée. Cette reconnaissance du site comprend l'observation des éléments suivants :

- Cours d'eau : topographie et couvert végétal du bassin versant, réseaux de cours d'eau, sens d'écoulement, lacs, milieux humides, etc.;
- Caractéristiques hydrauliques : asservissements hydrauliques, rapides, niveaux d'eau, vitesses de l'eau, etc.;
- Terrain à proximité de la structure : morphologie, caractéristiques géologiques, affleurements rocheux, etc.

Quelques photos des principaux sites de traversée sont présentées à l'annexe C. Il est à noter qu'à ce stade de l'étude, aucune optimisation du tracé n'a été réalisée. Certaines possibilités d'optimisation ont été identifiées lors de la visite du site et seront disponibles pour les prochaines phases du projet.

Conformément aux critères de conception établis énumérés à la section 2, cette analyse des infrastructures routières proposées tient compte des considérations des études préliminaires hydrologiques et hydrauliques.

3.3.1 ÉTUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

La visite du site a permis de relever plusieurs caractéristiques du terrain qui ont été utilisées pour cette analyse, entre autres :

- D'autres ouvrages de traversée qui n'avaient pas été identifiés dans le cadre de l'étude documentaire ont été recensés;
- Le relief du secteur est relativement plat;
- La route commence par la traversée de La Grande Rivière, en aval de l'évacuateur de crues du barrage LG-2;
- L'ouvrage de traversée PK81 franchit un embranchement du lac Pamigamachi (voir photo 8, annexe C);
- PK 149 traverse un cours d'eau non identifié au-dessus d'une importante série de rapides (voir photo 15, annexe C);
- PK 199 traverse un cours d'eau non identifié au-dessus d'une chute d'eau (voir photo 18, annexe C);
- PK 214 traverse la rivière Vauquelin à environ 250 mètres en amont d'un asservissement hydraulique majeur sur la rivière (voir photo 19, annexe C);
- PK 253 traverse le ruisseau Sucker entre deux lacs (voir photo 20, annexe C);
- PK 337 traverse la Grande rivière de la Baleine en amont d'un important asservissement hydraulique de la rivière (voir photo 24, annexe C).

Selon les critères de conception établis dans la section 2, un total de 62 ponts est nécessaire pour ce nouveau tronçon routier. Comme indiqué dans la note technique 11, l'axe routier 0+000 correspond au point de départ de ce tronçon routier, à La Grande Rivière.

NOTE TECHNIQUE 14 – STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

Tableau 3-6 Route - La Grande à Whapmagoostui/Kuujjuarapik - Structures de ponts routiers

CHAÎNAGE (km) AXE ROUTIER	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	LATITUDE	LONGITUDE
7+200	Rivière non-identifiée	7,5	53.856206	-77.419542
10+550	Rivière non-identifiée	25	53.881078	-77.443032
15+150	Rivière non-identifiée	35	53.910599	-77.409148
17+300	Rivière non-identifiée	30	53.929635	-77.40663
19+000	Rivière Piagochioui	7,5	53.944699	-77.40691
19+700	Rivière non-identifiée	10	53.950341	-77.411193
20+700	Rivière non-identifiée	7,5	53.958446	-77.416828
27+650	Rivière non-identifiée	10	54.018411	-77.410913
29+700	Rivière non-identifiée	75	54.034261	-77.399022
31+600	Unidentified lake/river	10	54.050194	-77.40838
33+200	Lac Pamigamachi	25	54.06326	-77.40663
40+750	Lac/rivière non-identifié	7,5	54.117787	-77.352936
41+600	Lac/rivière non-identifié	7,5	54.125204	-77.356425
45+650	Rivière non-identifiée	50	54.156476	-77.381193
47+400	Rivière Roggan	40	54.169693	-77.388459
49+500	Atawataweats river	40	54.184914	-77.374087
51+900	Rivière non-identifiée	90	54.204583	-77.363976
52+550	Rivière non-identifiée	7,5	54.210609	-77.36392
54+400	Rivière non-identifiée	55	54.226353	-77.360054
58+200	Rivière non-identifiée	25	54.254442	-77.336644
64+732	Rivière non-identifiée	7,5	54.309171	-77.352134
68+032	Rivière non-identifiée	10	54.340754	-77.355657
74+582	Rivière non-identifiée (près du lac Wiskichan)	45	54.383343	-77.310926
77+832	Rivière non-identifiée	35	54.400376	-77.341514
81+482	Rivière non-identifiée	35	54.421218	-77.384392
83+132	Rivière non-identifiée	7,5	54.435371	-77.390129
86+732	Rivière non-identifiée	75	54.46442	-77.397692
89+132	Rivière non-identifiée	40	54.500624	-77.418621
92+532	Rivière non-identifiée	200	54.51031	-77.428758
98+607	Rivière non-identifiée	20	54.541821	-77.503747
105+607	Rivière non-identifiée	7,5	54.596858	-77.517474
108+207	Rivière Vauquelin	55	54.611326	-77.549828
115+921	Rivière non-identifiée	35	54.660064	-77.631119

NOTE TECHNIQUE 14 – STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

CHAÎNAGE (km) AXE ROUTIER	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	LATITUDE	LONGITUDE
120+021	Rivière non-identifiée	10	54.695634	-77.633492
122+421	Rivière non-identifiée	15	54.715731	-77.623915
123+821	Rivière non-identifiée	55	54.728937	-77.626527
126+471	Rivière Sucker	20	54.751268	-77.627424
135+271	Rivière non-identifiée	10	54.809279	-77.688456
139+671	Rivière non-identifiée	7,5	54.849496	-77.678472
141+121	Rivière non-identifiée	10	54.857778	-77.687143
146+546	Rivière non-identifiée	20	54.899888	-77.706913
146+821	Rivière non-identifiée	20	54.902096	-77.705829
150+571	Ouvrage majeur (Rivière non-identifiée)	35	54.934691	-77.692741
154+171	Ouvrage majeur (Rivière non-identifiée)	15	54.966795	-77.699208
155+371	Rivière non-identifiée	7,5	54.977409	-77.69947
158+871	Rivière non-identifiée	20	55.007556	-77.694456
161+821	Rivière non-identifiée	60	55.032188	-77.691883
163+021	Rivière non-identifiée	50	55.042025	-77.691613
163+321	Rivière non-identifiée	20	55.044334	-77.689686
166+321	Rivière non-identifiée	15	55.067131	-77.668208
166+421	Rivière Sasapimakwananitikw	15	55.06789	-77.667752
168+421	Rivière non-identifiée	10	55.085912	-77.661253
173+721	Rivière non-identifiée	20	55.131452	-77.671804
174+121	Rivière non-identifiée	15	55.135009	-77.672071
178+271	Rivière non-identifiée	20	55.1625053	-77.631505
181+171	Rivière non-identifiée	10	55.186994	-77.625379
185+271	Ouvrage majeur Grande rivière de la Baleine	20	55.214065	-77.590487
185+621	Ouvrage majeur (Rivière non-identifiée)	7,5	55.217231	-77.591022
187+321	Rivière non-identifiée	20	55.231353	-77.584639
188+521	Rivière non-identifiée	15	55.241921	-77.57961
193+971	Rivière non-identifiée	100	55.286871	-77.588194
196+221	Rivière non-identifiée	70	55.303005	-77.593866

À cette étape de l'étude, tel que défini dans la note technique 11 - Route, la liaison entre les berges de La Grande Rivière devrait être construite au-dessus de l'évacuateur de crues des installations LG-2 de HQ.

Dans le tableau ci-dessus, certaines traversées de cours d'eau et vallées profondes sont importantes et nécessiteraient des infrastructures majeures. Des travaux importants, des études supplémentaires et des travaux de conception sont à prévoir pour ces ouvrages. Une structure d'une portée supérieure à 50 mètres est considérée comme un ouvrage d'art majeur. Ce sont donc onze infrastructures qui sont considérées comme des ouvrages d'art majeurs.

Certaines possibilités d'optimisation du tracé de la route ont été identifiées, d'un point de vue hydraulique. Les éléments suivants pourraient être optimisés :

- PK 018 : La largeur de la berge au droit des ouvrages de traversée proposés est de 45 m. A 200 m à l'ouest, la largeur de la berge serait de 12 m.
- PK078 : La largeur de la berge au droit des ouvrages de traversée proposés est de 46 m. À 210 m à l'ouest, la largeur de la berge serait de 12 m.
- PK089.1 : La largeur de la berge au droit des ouvrages de traversée proposés est de 123 m. A 350 m à l'ouest, la largeur de la berge serait de 70 m.

3.4 CHEMIN DE FER : LA GRANDE À WHAPMAGOOSTUI/KUJJUARAPIK

Selon les critères de conception établis, énumérés à la section 2, un total de 66 ponts est nécessaire pour ce chemin de fer proposé. Comme mentionné dans la note technique 12, l'axe ferroviaire 3000+000 correspond au point de raccordement à la fin de la phase II de la voie ferrée, qui s'étend entre la rivière Rupert et La Grande Rivière. Pour ce tronçon de chemin de fer, les informations hydrauliques disponibles dans l'étude routière ont été prises en compte lorsque la traversée du cours d'eau est adjacente à celle de la route.

Tableau 3-7 Chemin de fer - La Grande à Whapmagoostui/Kuujjuarapik - Structures de ponts ferroviaires

CHAÎNAGE (km) AXE FERROVIAIRE	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	HAUTEUR MAXIMUM (m)	LATITUDE	LONGITUDE
3001+014	Rivière non-identifiée	250	15	53.762342	-77.597726
3009+349	La Grande Rivière (Viaduc + pont)	1100	75	53.7947	-77.52302
3019+300	Rivière non-identifiée	15	10	53.855899	-77.420484
3022+450	Rivière non-identifiée	25	<5	53.881243	-77.44472
3025+500	Rivière non-identifiée	50	5	53.906077	-77.436609
3026+950	Rivière non-identifiée	10	5	53.917789	-77.441233
3029+260	Rivière non-identifiée	20	11	53.931043	-77.414164
3031+088	Rivière non-identifiée	60	15	53.944502	-77.407963
3031+700	Rivière non-identifiée	10	<5	53.949958	-77.411718
3032+750	Rivière non-identifiée	10	<5	53.958212	-77.419562
3037+944	Rivière non-identifiée (2x)	200	15	54.003595	-77.418624
3039+700	Rivière non-identifiée	10	5	54.018253	-77.412444
3040+300	Rivière Piagochioui	75	<5	54.023195	-77.414289
3045+700	Lac/rivière non-identifié	40	10	54.063529	-77.427266
3053+525	Rivière non-identifiée	15	<5	54.117726	-77.353705

NOTE TECHNIQUE 14 – STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

CHAÎNAGE (km) AXE FERROVIAIRE	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	HAUTEUR MAXIMUM (m)	LATITUDE	LONGITUDE
3054+395	Rivière non-identifiée	100	17	54.125204	-77.356425
3056+592	Rivière non-identifiée	40	15	54.138866	-77.375941
3058+500	Rivière non-identifiée	50	10	54.156476	-77.381193
3060+003	Vallée importante Lac Pamigamachi	150	15	54.169693	-77.388459
3062+400	Lac non-identifié	150	5	54.184914	-77.374087
3067+343	Rivière Roggan	160	10	54.231038	-77.39281
3069+600	Rivière Atawataweats	150	<5	54.243184	-77.364265
3079+300	Lac/rivière non-identifié	25	<5	54.312032	-77.336699
3082+800	Rivière non-identifiée	10	<5	54.340859	-77.354916
3083+600	Lac non-identifié	150	<5	54.348819	-77.354395
3092+600	Lac non-identifié	140	<5	54.402486	-77.336927
3096+300	Rivière non-identifiée	35	<5	54.420662	-77.385214
3097+950	Rivière non-identifiée	10	5	54.435191	-77.389209
3101+150	Lac Wiskichan	50	5	54.463471	-77.397007
3106+000	Vallée importante	600	7	54.501443	-77.389364
3115+500	Rivière non-identifiée	20	11	54.541802	-77.502807
3119+351	Vallée importante	200	19	54.571201	-77.51807
3122+300	Rivière non-identifiée	10	8	54.595313	-77.509165
3125+300	Rivière non-identifiée	55	11	54.611914	-77.549651
3132+700	Lac/rivière non-identifié	110	8	54.660314	-77.627054
3136+700	Rivière non-identifiée	10	10	54.695722	-77.632483
3139+100	Rivière non-identifiée	40	10	54.71562	-77.623271
3140+656	Rivière Vauquelin	400	40	54.728838	-77.621775
3143+100	Rivière non-identifiée	50	10	54.750695	-77.622223
3143+700	Rivière non-identifiée	30	10	54.754051	-77.682896
3152+000	Rivière non-identifiée	30	10	54.808875	-77.685264
3156+300	Lac non-identifié	130	10	54.847361	-77.675011
3157+900	Rivière non-identifiée	10	10	54.857935	-77.686979
3161+163	Vallée/ Milieux humides	100	25	54.882452	-77.71386
3163+191	Rivière Sucker	800	35	54.901827	-77.704075
3167+300	Rivière non-identifiée	60	10	54.934786	-77.691887
3170+900	Rivière non-identifiée	15	10	54.966602	-77.697728
3172+100	Rivière non-identifiée	15	5	54.977609	-77.698903
3175+600	Rivière non-identifiée	35	<5	55.007362	-77.682862

NOTE TECHNIQUE 14 – STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

CHAÎNAGE (km) AXE FERROVIAIRE	OBSTACLE	LONGUEUR APPROX. (m)	HAUTEUR MAXIMUM (m)	LATITUDE	LONGITUDE
3178+450	Rivière non-identifiée	85	<5	55.032026	-77.692626
3179+600	Rivière non-identifiée	100	7	55.042308	-77.693313
3180+000	Rivière non-identifiée	30	<5	55.045191	-77.690398
3182+900	Rivière non-identifiée	15	9	55.067406	-77.668704
3183+000	Rivière non-identifiée	15	9	55.068401	-77.668254
3184+950	Rivière non-identifiée	10	<5	55.085702	-77.662075
3190+300	Rivière non-identifiée	25	9	55.131752	-77.674009
3190+600	Rivière non-identifiée	25	9	55.134438	-77.673602
3194+600	Rivière Sasapimakwananistikw	25	5	55.161789	-77.634334
3197+500	Rivière non-identifiée	70	7	55.186659	-77.627146
3201+300	Rivière non-identifiée	120	<5	55.214659	-77.595633
3201+700	Rivière non-identifiée	10	<5	55.217187	-77.593305
3203+400	Rivière non-identifiée	20	<5	55.231433	-77.586546
3204+600	Rivière non-identifiée	15	8	55.242052	-77.580345
3203+400	Topographie	1900	30	55.277929	-77.598373
3208+575	Grande rivière de la Baleine	1100	65	55.287706	-77.586013
3210+202	Rivière non-identifiée	30	15	55.302847	-77.594987

Tableau 3-8 Chemin de fer - La Grande à Whapmagoostui/Kuujuarapik - Nombre de ponts

NOMBRE DE PONTS	LONGUEUR DES PONTS FERROVIAIRES		QTÉ EN %
39	Court	10 m à 50 m	59 %
9	Majeur	51 m à 100 m	14 %
13	Long	101 m à 500 m	20 %
5	Très long	501 m et plus	8 %
66	Nombre total de ponts		

Une structure dont la longueur est supérieure à 50 mètres est considérée comme un ouvrage d'art majeur. Ainsi, un total de 27 ouvrages d'art majeurs sont nécessaires. Ils sont définis comme suit : 9 ponts majeurs, 13 ponts longs et 5 ponts extra longs.

Des travaux importants, des études complémentaires et des travaux de conception sont à prévoir pour ces infrastructures majeures. Le relief varié de la région nord de la ligne ferroviaire proposée a un impact sur le nombre de structures nécessaires. Par ailleurs, en raison de la pente maximale, la nécessité de construire des structures est nettement plus importante que pour la route proposée dans la même zone.

Pour les ouvrages majeurs, des études approfondies devront être menées dans la phase ultérieure du développement des infrastructures proposées afin d'en minimiser le coût. Elles pourraient être réalisées en équilibrant les déblais et les remblais, et en rassemblant des informations géotechniques pour confirmer que le remblai peut être supérieur à 10 mètres de hauteur pour certains secteurs, comme envisagé dans le cadre de cette étude préliminaire.

En outre, comme indiqué au chapitre 3.1, le tracé devra être amélioré et optimisé au cours de la phase suivante au niveau de la hauteur libre entre le tracé ferroviaire et le niveau d'eau estimé sous les ponts. Le tracé de pré faisabilité a été conçu sans critère défini de hauteur libre minimale. Par conséquent, certains ponts ont une hauteur libre inférieure à 5 mètres, ce qui pourrait ne pas être viable compte tenu de l'épaisseur de la structure du pont et de la hauteur libre minimale en cas de crue printanière, de glace, de débris, etc. La hauteur maximale des ponts étant présentée dans le tableau 3-7, les tronçons nécessitant une amélioration de la hauteur libre sont ceux notés « <5 ».

La traversée de La Grande Rivière constitue l'un des défis les plus importants de la phase III du corridor ferroviaire. Si la route peut utiliser le déversoir Robert Bourassa pour traverser la rivière, le corridor ferroviaire nécessitera sa propre infrastructure en raison de la lourdeur de la charge par essieu et des vibrations. Cette nouvelle infrastructure pourrait être conçue pour accueillir à la fois la circulation ferroviaire et la circulation routière afin d'éviter d'utiliser l'évacuateur de crues des installations du LG-2 de HQ.

La traversée de la Grande rivière de la Baleine nécessite également une structure majeure compte tenu de la largeur et de la profondeur de la rivière au point de traversée prévu. Un pont en arc doit être envisagé pour ce site. Pour les autres structures situées au-dessus d'une vallée profonde ou traversant des plans d'eau, des ponts à plusieurs travées sont envisagés, en évitant autant que possible les fondations dans les milieux humides.

4 CONCLUSIONS ET AUTRES CONSIDÉRATIONS

La conception des structures civiles ferroviaires est principalement basée sur les règlements de l'AREMA. La conception des structures civiles routières est principalement basée sur les normes de conception des routes et des ponts du MTQ et sur les règlements et critères de la CSA-S6. Les structures civiles ont été développées sur la base des mêmes facteurs clés pour les routes et les chemins de fer :

- Respecter, dans la mesure du possible, la topographie naturelle du site (montagnes et plaines);
- Tenir compte de la géologie générale de la zone d'étude, y compris de l'emplacement des gisements de matériaux granulaires;
- Éviter, dans la mesure du possible, les lacs et les rivières; réduire au minimum la longueur des passages et des ponts lorsque ceux-ci sont inévitables;
- Éviter, dans la mesure du possible, les aires protégées existantes et projetées; minimiser les empiètements et prévoir des mesures d'atténuation lorsqu'ils sont inévitables;
- Minimiser les passages et les impacts sur les corridors de migration des caribous;
- Éviter, dans la mesure du possible, les zones d'importance culturelle telles que les zones actuellement utilisées par les utilisateurs cris du territoire, les sites archéologiques, etc.; réduire au minimum les empiètements et prévoir des mesures d'atténuation lorsque ceux-ci sont inévitables;
- Proposer, le cas échéant, des alternatives de tracé qui pourraient offrir une valeur ajoutée, telles que :
 - Emplacements qui minimisent l'empreinte environnementale;
 - Emplacements qui minimisent les coûts de construction;
 - Emplacements qui minimisent les impacts sur les camps et installations existants;
- Demeurer, dans la mesure du possible, à proximité des routes existantes ou proposées;
- Rester dans un corridor d'un kilomètre centré sur les routes existantes ou proposées lorsqu'il est entouré d'aires protégées reconnues de part et d'autre;
- Réduire au minimum le nombre de fois où la voie ferrée traverse les routes existantes ou proposées.

Les structures de génie civil requises pour les infrastructures de transport proposées par La Grande Alliance sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 4-1 Tableau récapitulatif

INFRASTRUCTURE	LONGUEUR TOTALE	NOMBRE TOTAL DE PONTS	PONTS MAJEURS	LONGUEUR TOTALE DES PONTS	% DE ROUTE OU DE RAIL SUR UN PONT	NOMBRE DE PONTS PAR 10 KM
Route 167 : Réfection Réfection de deux segments	106 km 97 km	1*	-	n/a	n/a	n/a
Route 167 : Prolongement jusqu'à la Transtaïga	172 km	23	2	0,5 km	0,5 %	1
Route : La Grande jusqu'à Whapmagoostui/Kuujuarapik	207 km	62	11	2 km	1 %	3
Chemin de fer : Rupert jusqu'à La Grande	340 km	36	8	2,6 km	0,8 %	1
Chemin de fer : La Grande jusqu'à Whapmagoostui/Kuujuarapik	219 km	66	27	9,4 km	4 %	3

Note *: Réfection d'un pont existant par le MTQ dans les 5 prochaines années

Le tracé et le profil, ainsi que le nombre et la longueur des ponts pour les routes et les chemins de fer proposés devront être optimisés lors des phases ultérieures de développement des infrastructures proposées, lorsque les contraintes géotechniques seront disponibles et que le reste des quantités d'excavation sera achevé.

Enfin, il est important de rappeler que les tracés proposés sont conceptuels et préliminaires, et que les traversées de rivières et de vallées ont été définies conformément aux notes techniques 11 - Routes et 12 - Voies ferrées. Au fil du développement des infrastructures proposées, des études et des discussions supplémentaires conduiront à des ajustements et à des variations conduisant à des tracés optimisés et probablement à une réduction du nombre de ponts. Par exemple, les validations avec les maîtres de trappage, les observations aériennes et l'intégration de la conception ferroviaire entraîneront très probablement des changements dans les tracés routiers proposés dans cette étude. Néanmoins, les tracés actuellement proposés ont été développés et utilisés pour estimer les coûts de construction.

La longueur et l'emplacement estimés des ponts reflètent les informations disponibles à ce jour. Les investigations, études, analyses et phases de conception ultérieures auront très probablement un impact sur l'estimation du coût des structures. Enfin, l'équipe géotechnique n'a émis aucune recommandation formelle.

Si les infrastructures proposées (toutes ou séparément) sont jugées acceptables par les communautés, il reste encore beaucoup de travail à faire avant que la construction ne commence, cette étude n'étant que le début de toutes les étapes nécessaires à la réalisation d'un projet de cette nature et de cette envergure. L'analyse détaillée, l'optimisation des tracés et la collecte de données supplémentaires sur le site doivent être menées en coordination avec d'autres études préparatoires qui alimenteront la conception et les travaux d'ingénierie et de construction détaillés. Plus précisément, la poursuite du développement des structures civiles nécessitera de :

- Procéder aux relevés bathymétriques et hydrométriques;
- Prendre en compte l'utilisation des cours d'eau par les communautés des Premières Nations pour la navigation dans la conception des ouvrages de traversée des cours d'eau. L'application de l'article 98 du RADF entraîne un changement majeur dans l'élévation du soffite des structures, puisqu'il exige un dégagement vertical de 1,5 m au-dessus de la ligne des hautes eaux. En comparaison, lorsque le cours d'eau n'est pas utilisé pour la navigation, la hauteur libre peut aller jusqu'à 1 m, mais elle se situe généralement entre 0 cm pour les ponceaux et 1 m pour les ponts;
- Évaluer les exigences en matière de passage des poissons : Les exigences en matière de passage des poissons doivent être évaluées par des biologistes et des études doivent être planifiées le long des cours d'eau afin d'affiner le dimensionnement des ponceaux associés à ces cours d'eau;
- Procéder à une analyse du cycle de vie pour déterminer le type de structure le mieux adapté à chaque site.

5 RÉFÉRENCES

- CNRC. 1990. Hydrologie des crues au Canada - Guide de planification et de conception. Ottawa: Conseil national de recherche Canada, Ottawa.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. 2022. Logiciel HY-8 7.70.
- GOUVERNEMENT DU CANADA. 2019. Données topographiques du Canada. Récupéré sur Open Canada: <https://open.canada.ca/data/fr/dataset/8ba2aa2a-7bb9-4448-b4d7-f164409fe056>
- INRS-ETE. 2002. Logiciel Hyfran, version 1.1. Chaire en hydrologie statistique CRSNG/Hydro-Québec/Alcan.
- MINISTÈRE DES L'ENVIRONNEMENT ET LA LUTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2020. Calcul des facteurs de pointe à différentes stations hydrométriques du Québec. Rapport technique de la direction de l'Expertise hydrique et atmosphérique. Mars 2020. 10 pages et annexes.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2021. Modèle numérique de terrain. Récupéré sur Données Québec : <https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/inventaire-ecoforestier/>
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS ET DE LA MOBILITÉ DURABLE DU QUÉBEC. (MTQ). 2021. Normes ouvrages routiers. Tome III – Ouvrages d'art. 202101-30. Québec: Les publications du Québec.
- PÊCHES ET OCÉANS CANADA (MPO). 2016. Lignes directrices pour les traversées de cours d'eau au Québec.
- Western University. (2022). IDF CC Tool 6.0. Western University.

ANNEXE

A

RÉSULTATS
HYDROLOGIQUES

Hydrologie - Annexe A

ID	Chaînage	Superficie du bassin versant (km ²)	Méthode hydrologique	Pente 85-10 (%)	Crue 2 ans - m ³ /s	Crue 2 ans - CC - m ³ /s	Crue 10 ans - m ³ /s	Crue 10 ans - CC - m ³ /s	Crue 25 ans - m ³ /s -	Crue 25 ans - CC - m ³ /s	Crue 50 ans - m ³ /s	Crue 50 ans - CC - m ³ /s	Crue 100 ans - m ³ /s	Crue 100 ans - CC - m ³ /s
PK009	6+150	0,89	Méthode Rationelle	0,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7
PK010	6+700	2,18	Méthode Rationelle	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,5	1,7	1,7	1,9	1,8	2,2
PK013	7+200	13,77	Méthode Rationelle	0,5	2,4	2,8	3,8	4,5	4,5	5,3	5,1	6,0	5,6	6,6
PK017	9+900	2,28	Méthode Rationelle	0,5	0,5	0,6	0,9	1,0	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3	1,6
PK018	10+550	56,45	Méthode SCS	0,5	3,2	3,8	11,5	13,5	17,4	20,5	22,2	26,2	27,5	32,4
PK026	15+150	4,06	Méthode Rationelle	0,8	0,8	1,0	1,4	1,6	1,6	1,9	1,8	2,1	2,0	2,4
PK028	16+550	0,47	Méthode Rationelle	1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
PK030	17+300	184,04	Méthode SCS	0,5	8,4	9,7	30,9	35,5	47,2	54,3	60,9	70,0	75,6	87,0
PK031	18+050	2,45	Méthode Rationelle	0,5	0,7	0,8	1,1	1,3	1,4	1,6	1,5	1,8	1,7	2,0
PK032	19+000	0,52	Méthode Rationelle	1,9	0,5	0,6	0,9	1,0	1,1	1,3	1,2	1,4	1,4	1,6
PK034	19+700	6,97	Méthode Rationelle	0,9	1,4	1,6	2,3	2,7	2,7	3,2	3,0	3,6	3,4	4,0
PK035	20+700	5,16	Méthode Rationelle	1,0	1,8	2,1	3,0	3,5	3,6	4,2	4,0	4,7	4,4	5,2
PK036	21+100	1,87	Méthode Rationelle	0,8	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	1,1	1,1	1,3	1,2	1,4
PK037	21+400	1,39	Méthode Rationelle	0,9	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	1,0	1,2
PK039	23+000	1,2	Méthode Rationelle	1,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
PK041	24+200	0,94	Méthode Rationelle	2,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6
PK044	25+800	1,93	Méthode Rationelle	1,6	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0
PK046	26+600	0,56	Méthode Rationelle	1,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
PK047	27+650	7,76	Méthode Rationelle	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,2	1,5	1,4	1,6	1,5	1,8
PK050	29+050	0,47	Méthode Rationelle	1,8	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5
PK051	29+700	316,60	Méthode SCS	0,5	28,6	32,9	72,1	82,9	100,8	115,9	123,8	142,4	148,1	170,3
PK052	30+500	0,36	Méthode Rationelle	3,3	0,4	0,5	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3	1,2	1,5
PK053	30+900	0,48	Méthode Rationelle	1,5	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2
PK054	31+600	2,54	Méthode Rationelle	1,4	0,8	0,9	1,3	1,6	1,6	1,9	1,8	2,2	2,0	2,4
PK057	33+200	90,55	Méthode SCS	0,1	8,1	9,3	25,1	28,9	36,8	42,3	46,2	53,2	56,3	64,8
PK064	37+500	12,48	Méthode Rationelle	0,3	1,6	1,8	2,5	2,9	2,9	3,4	3,3	3,8	3,6	4,2
PK067	39+200	0,30	Méthode Rationelle	1,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
PK068	39+700	0,43	Méthode Rationelle	1,7	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5
PK070	40+750	1,48	Méthode Rationelle	0,6	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
PK071	41+600	43,98	Méthode SCS	0,1	2,8	3,3	12,2	14,4	19,1	22,5	24,8	29,3	31,0	36,5
PK075	43+100	0,67	Méthode Rationelle	2,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5
PK078	45+650	15,17	Méthode Rationelle	0,2	0,8	1,0	1,3	1,5	1,5	1,8	1,7	2,0	1,9	2,2
PK081	47+400	199,34	Méthode SCS	0,5	18,3	21,0	52,7	60,6	75,8	87,2	94,5	108,7	114,4	131,5
PK085	49+500	108,01	Méthode SCS	0,5	12,6	14,5	37,6	43,2	54,2	62,3	67,6	77,8	81,8	94,1
PK089.1	51+900	3,45	Méthode Rationelle	0,5	0,9	1,1	1,5	1,8	1,8	2,2	2,1	2,4	2,3	2,7
PK089.2	52+100	3,69	Méthode Rationelle	0,5	0,8	1,0	1,4	1,6	1,6	1,9	1,8	2,2	2,0	2,4
PK090	52+550	1,85	Méthode Rationelle	0,5	0,5	0,6	0,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,3	1,5
PK094	54+400	158,84	Méthode SCS	0,5	19,8	22,8	47,0	54,0	64,3	74,0	78,1	89,8	92,5	106,4
PK095	55+500	1,07	Méthode Rationelle	1,0	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1
PK098	57+000	0,57	Méthode Rationelle	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
PK100	58+200	152,40	Méthode SCS	0,1	13,4	15,4	38,6	44,4	55,6	63,9	69,3	79,7	83,9	96,5
PK104	60+700	3,09	Méthode Rationelle	0,2	0,5	0,6	0,8	1,0	1,0	1,2	1,1	1,3	1,2	1,5
PK108	62+500	0,22	Méthode Rationelle	2,6	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4

Hydrologie - Annexe A

ID	Chaînage	Superficie du bassin versant (km ²)	Méthode hydrologique	Pente 85-10 (%)	Crue 2 ans - m ³ /s	Crue 2 ans - CC - m ³ /s	Crue 10 ans - m ³ /s	Crue 10 ans - CC - m ³ /s	Crue 25 ans - m ³ /s -	Crue 25 ans - CC - m ³ /s	Crue 50 ans - m ³ /s	Crue 50 ans - CC - m³/s	Crue 100 ans - m ³ /s	Crue 100 ans - CC - m ³ /s
PK110	64+000	1,64	Méthode Rationelle	1,2	0,9	1,1	1,6	1,9	1,9	2,3	2,2	2,6	2,4	2,9
PK111	64+700	11,92	Méthode Rationelle	0,5	2,0	2,3	3,2	3,7	3,7	4,4	4,2	4,9	4,6	5,5
PK117	68+000	16,11	Méthode Rationelle	0,5	2,7	3,1	4,3	5,0	5,1	6,0	5,7	6,7	6,3	7,4
PK121	70+400	1,37	Méthode Rationelle	0,5	0,4	0,5	0,7	0,9	0,9	1,1	1,0	1,2	1,1	1,3
PK124	72+000	20,92	Méthode Rationelle	0,5	3,1	3,7	4,9	5,8	5,8	6,9	6,5	7,7	7,1	8,4
PK127	74+000	8,31	Méthode Rationelle	0,5	1,8	2,1	2,9	3,5	3,5	4,1	3,9	4,6	4,3	5,1
PK128	74+600	7,86	Méthode Rationelle	0,5	2,0	2,3	3,2	3,7	3,8	4,5	4,2	5,0	4,7	5,5
PK133	77+800	354,30	Méthode SCS	0,1	48,5	55,8	97,1	111,6	127,2	146,3	150,6	173,2	174,9	201,2
PK138	81+000	3,82	Méthode Rationelle	0,2	0,7	0,9	1,2	1,4	1,4	1,6	1,5	1,8	1,7	2,0
PK140	81+300	19,56	Méthode Rationelle	0,1	2,5	2,9	3,7	4,4	4,4	5,2	4,9	5,7	5,3	6,3
PK141	81+400	0,28	Méthode Rationelle	1,7	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
PK142	83+100	1,94	Méthode Rationelle	0,6	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8	1,0	0,9	1,1	1,0	1,2
PK144	83+900	2,41	Méthode Rationelle	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3	1,2	1,4
PK149	86+700	0,02	Méthode Rationelle	3,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PK153	88+100	2,05	Méthode Rationelle	0,8	0,8	0,9	1,3	1,5	1,5	1,8	1,7	2,1	1,9	2,3
PK156	89+100	638,53	Méthode SCS	0,5	79,2	91,1	148,4	170,6	191,4	220,2	224,8	258,5	259,5	298,4
PK159	92+500	3037,86	Analyse fréquentielle	0,5	202,2	202,2	261,2	261,2	279,4	279,4	289,3	289,3	297,6	297,6
PK167	97+100	4,61	Méthode Rationelle	0,5	1,0	1,2	1,7	2,0	2,0	2,4	2,3	2,7	2,5	3,0
PK169	98+600	114,20	Méthode SCS	0,5	14,2	16,4	38,8	44,6	54,9	63,1	67,7	77,9	81,3	93,4
PK182	105+600	4,80	Méthode Rationelle	0,7	1,2	1,5	2,1	2,4	2,5	2,9	2,8	3,3	3,1	3,6
PK186	108+200	38,95	Méthode SCS	0,5	4,6	5,4	19,7	23,3	30,4	35,8	39,2	46,3	48,7	57,4
PK199	115+900	332,72	Méthode SCS	0,5	35,7	41,0	80,2	92,3	108,8	125,2	131,5	151,2	155,2	178,5
PK202	117+400	1,39	Méthode Rationelle	2,5	1,1	1,3	2,0	2,4	2,5	2,9	2,8	3,3	3,1	3,7
PK204	118+700	2,46	Méthode Rationelle	1,8	3,0	3,6	5,4	6,4	6,6	7,8	7,5	8,9	8,4	9,9
PK206	119+600	0,42	Méthode Rationelle	1,7	1,0	1,1	1,8	2,1	2,2	2,6	2,5	2,9	2,8	3,3
PK207	120+000	35,85	Méthode SCS	0,5	11,0	12,9	34,2	40,4	48,9	57,7	60,6	71,6	72,8	85,9
PK211	122+400	3,98	Méthode Rationelle	0,8	2,9	3,4	4,9	5,7	5,9	6,9	6,6	7,8	7,3	8,7
PK214	123+800	812,60	Méthode SCS	0,5	71,6	82,4	158,3	182,0	214,7	246,9	259,6	298,5	306,8	352,8
PK216	125+000	0,77	Méthode Rationelle	2,0	0,7	0,8	1,2	1,4	1,4	1,7	1,6	1,9	1,8	2,2
PK218	126+400	167,33	Méthode SCS	0,5	26,9	31,0	65,9	75,8	90,4	103,9	109,7	126,2	129,9	149,4
PK224	130+200	0,20	Méthode Rationelle	2,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
PK230	133+500	0,08	Méthode Rationelle	2,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PK233	135+200	8,08	Méthode Rationelle	0,5	1,5	1,8	2,4	2,9	2,9	3,4	3,3	3,9	3,6	4,3
PK234	135+900	0,01	Méthode Rationelle	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
PK235	136+300	0,63	Méthode Rationelle	0,9	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2
PK236	137+000	0,31	Méthode Rationelle	3,0	0,3	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
PK241	139+700	2,87	Méthode Rationelle	0,8	0,9	1,1	1,5	1,8	1,8	2,1	2,0	2,4	2,3	2,7
PK243	140+500	1,11	Méthode Rationelle	1,1	0,5	0,6	0,9	1,0	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3	1,6
PK244	141+100	2,53	Méthode Rationelle	1,1	0,8	0,9	1,3	1,5	1,5	1,8	1,7	2,1	1,9	2,3
PK246	142+400	0,60	Méthode Rationelle	1,6	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9
PK249	144+500	0,64	Méthode Rationelle	2,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2	1,1	1,3
PK253	146+500	124,67	Méthode SCS	0,5	16,8	19,3	52,4	60,3	76,0	87,5	95,2	109,5	115,3	132,6
PK254	146+800	10,60	Méthode Rationelle	0,5	3,0	3,5	4,8	5,7	5,8	6,8	6,4	7,6	7,1	8,4
PK258	149+500	0,11	Méthode Rationelle	1,5	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
PK260	150+570	119,39	Méthode SCS	0,5	26,6	30,6	70,0	80,4	97,0	111,5	118,3	136,1	140,5	161,6
PK262	151+600	0,42	Méthode Rationelle	3,7	1,1	1,3	2,1	2,5	2,6	3,0	2,9	3,5	3,3	3,9

Hydrologie - Annexe A

ID	Chaînage	Superficie du bassin versant (km ²)	Méthode hydrologique	Pente 85-10 (%)	Crue 2 ans - m ³ /s	Crue 2 ans - CC - m ³ /s	Crue 10 ans - m ³ /s	Crue 10 ans - CC - m ³ /s	Crue 25 ans - m ³ /s -	Crue 25 ans - CC - m ³ /s	Crue 50 ans - m ³ /s	Crue 50 ans - CC - m³/s	Crue 100 ans - m ³ /s	Crue 100 ans - CC - m ³ /s
PK264	153+000	1,43	Méthode Rationelle	0,3	1,1	1,2	1,8	2,2	2,2	2,6	2,5	3,0	2,8	3,3
PK266	154+200	3,33	Méthode Rationelle	0,9	2,5	2,9	4,3	5,0	5,1	6,1	5,8	6,8	6,4	7,6
PK268	155+400	1,37	Méthode Rationelle	0,7	0,8	0,9	1,3	1,6	1,6	1,9	1,8	2,2	2,0	2,4
PK270	156+400	1,41	Méthode Rationelle	0,3	1,3	1,5	2,2	2,6	2,7	3,2	3,0	3,6	3,4	4,0
PK274	158+400	22,52	Méthode Rationelle	0,5	10,7	12,6	17,3	20,4	20,7	24,4	23,1	27,3	25,6	30,2
PK275	158+900	2,88	Méthode Rationelle	0,5	2,1	2,4	3,5	4,2	4,3	5,0	4,8	5,7	5,3	6,3
PK280	161+800	26,60	Méthode SCS	0,5	7,6	8,9	22,3	26,3	31,6	37,3	39,0	46,0	46,6	55,0
PK282	163+000	35,00	Méthode SCS	0,5	7,4	8,8	19,5	23,0	26,9	31,8	32,9	38,8	39,0	46,1
PK283	163+300	1,66	Méthode Rationelle	1,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9
PK288	166+300	102,91	Méthode SCS	0,5	25,4	29,2	60,3	69,3	81,5	93,7	98,0	112,7	115,1	132,4
PK291	168+400	3,16	Méthode Rationelle	0,7	1,4	1,6	2,4	2,8	2,8	3,4	3,2	3,8	3,6	4,2
PK293	169+300	0,75	Méthode Rationelle	1,1	0,4	0,5	0,8	0,9	0,9	1,1	1,0	1,2	1,1	1,4
PK294	169+900	0,82	Méthode Rationelle	2,4	0,7	0,8	1,2	1,4	1,5	1,7	1,7	2,0	1,9	2,2
PK297	171+400	0,19	Méthode Rationelle	1,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6
PK301	173+700	1,94	Méthode Rationelle	0,5	1,0	1,1	1,6	1,9	1,9	2,3	2,2	2,6	2,4	2,9
PK302	174+100	2,95	Méthode Rationelle	0,5	0,7	0,8	1,1	1,3	1,3	1,6	1,5	1,8	1,7	2,0
PK309	178+300	62,92	Méthode SCS	0,5	13,0	14,9	33,6	38,6	46,4	53,4	56,6	65,1	67,1	77,2
PK310	178+900	0,46	Méthode Rationelle	3,8	0,5	0,6	0,9	1,1	1,1	1,4	1,3	1,5	1,5	1,7
PK311	179+700	0,53	Méthode Rationelle	2,1	0,9	1,1	1,6	1,9	2,0	2,4	2,3	2,7	2,6	3,0
PK314	181+200	12,82	Méthode Rationelle	0,5	2,8	3,3	4,5	5,3	5,3	6,3	6,0	7,1	6,6	7,8
PK317	183+000	0,53	Méthode Rationelle	2,4	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
PK321	185+300	1,91	Méthode Rationelle	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6
PK322	185+600	0,18	Méthode Rationelle	1,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PK324	186+500	0,03	Méthode Rationelle	5,7	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
PK325	187+300	7,05	Méthode Rationelle	0,5	2,3	2,7	3,8	4,5	4,5	5,4	5,1	6,0	5,7	6,7
PK327	188+500	0,29	Méthode Rationelle	1,7	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7
PK331	190+800	0,55	Méthode Rationelle	1,6	0,6	0,7	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,5	1,8
PK333	191+700	0,95	Méthode Rationelle	3,6	1,9	2,3	3,5	4,2	4,4	5,1	5,0	5,9	5,6	6,6
PK337	194+000	42196,66	Analyse fréquentielle	0,5	1932,2	1932,2	2611,4	2611,4	2913,3	2913,3	3124,7	3124,7	3320,9	3320,9
PK341	196+200	7,53	Méthode Rationelle	1,0	5,2	6,2	8,8	10,4	10,7	12,6	12,0	14,2	13,3	15,7

ANNEXE

B

RÉSULTATS
HYDRAULIQUES

Hydraulique - Annexe B

ID	Chaînage	Débit de conception (m³/s)	Pente du cours d'eau en aval %	Pente de l'ouvrage de traversée (%)	Largeur au débit plein bord (m)	Forme du ponceau	Dimensions (LxH) / Diamètre minimal (mm)	Dégagement vertical (m)	Vitesse à la sortie (m/s)	Protection en enrochement (mm)
PK009	6+150	0,65	3,2	3,2	5	Circulaire	900	0,24	3,68	300-500
PK010	6+700	1,95	0,5	0,5	2	Circulaire	1200	0,07	2,64	200-300
						Rectangulaire	1800 x 900	0,14	1,90	100-200
PK013	7+200	5,97	0,8	0,8	32	Rectangulaire	2400 x 1500	0,18	3,6	300-500
PK017	9+900	1,41	0,4	0,4	10	Circulaire	1050	0,02	2,40	200-300
PK018	10+550	26,23	0,2	0,2	45	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 38,4m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (36,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK026	15+150	2,15	0,0	0,02	35	Rectangulaire	1800 x 1200	0,30	2,27	100-200
PK028	16+550	0,21	1,7	1,68	1	Circulaire	525	0,09	2,36	200-300
PK030	17+300	70,01	0,5	0,45	28	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 24 m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (22,4 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK031	18+050	1,81	0,4	0,4	1	Circulaire	1200	0,09	2,48	200-300
						Rectangulaire	1800 x 900	0,09	1,38	100-200
PK032	19+000	1,45	0,3	0,29	82	Circulaire	1200	0,22	2,28	100-200
						Rectangulaire	1800 x 900	0,22	1,99	100-200
PK034	19+700	3,59	1,2	0,78	10	Rectangulaire	2400 X 1200	0,26	3,07	300-400
PK035	20+700	4,72	0,1	0,1	8	Rectangulaire	2000 X 1500	0,07	2,85	300-400
PK036	21+100	1,26	1,2	1,2	1	Circulaire	1050	0,13	3,11	300-400
PK037	21+400	1,06	1,0	1,00	1	Circulaire	1050	0,22	2,83	300-400
PK039	23+000	0,93	2,3	1,81	1	Circulaire	900	0,07	3,31	300-500
PK041	24+200	0,56	2,0	2	9	Circulaire	750	0,08	3,08	300-400
PK044	25+800	0,89	1,2	1,2	< 1	Circulaire	900	0,09	2,90	300-400
PK046	26+600	0,35	1,2	1,17	1	Circulaire	600	0,03	2,35	200-300
PK047	27+650	1,64	3,1	3,13	1	Circulaire	1200	0,20	4,31	300-500
						Rectangulaire	1800 x 900	0,24	3,87	300-500
PK050	29+050	0,47	2,9	1,67	1	Circulaire	750	0,15	2,80	200-300
PK051	29+700	142,37	0,1	0,14	25	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 21,6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (20 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK052	30+500	1,30	1,2	1,2	1	Circulaire	1050	0,11	3,23	300-500
PK053	30+900	1,03	1,5	1,5	2	Circulaire	900	0,01	3,29	300-500
PK054	31+600	2,16	0,3	0,3	8,5	Rectangulaire	1800 x 900	0,09	2,69	200-300
PK057	33+200	53,17	1,0	1,04	8	Rectangulaire	3 culverts 3000 x 2400	0,03	4,87	300-500
PK064	37+500	3,84	1,6	1,6	5	Rectangulaire	2000 x 1500	0,39	3,98	300-500
PK067	39+200	0,25	0,9	0,9	2	Circulaire	525	0,03	2,09	100-200
PK068	39+700	0,48	0,6	0,6	2	Circulaire	750	0,13	2,12	100-200
PK070	40+750	0,94	0,1	0,1	4	Circulaire	1050	0,22	2,06	100-200
PK071	41+600	29,25	0,61	0,61	5	Rectangulaire	2 ponceaux 3000 x 2100	0,01	3,12	300-400
PK075	43+100	0,46	2,35	2,3	2	Circulaire	750	0,12	3,2	300-400
PK078	45+650	1,99	0,10	0,1	12	Rectangulaire	1800 x 900	0,05	2,21	100-200
						Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 17,6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (16 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				
PK081	47+400	108,70	0,10	0,10	20	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 17,6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (16 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK085	49+500	77,75	0,10	0,10	45	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 38,4m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (36,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK089.1	51+900	2,42	0,10	0,10	123	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 100m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (98.4 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK089.2	52+100	2,16	0,94	0,94	2	Rectangulaire	1800 x 900	0,39	3,01	300-400
PK090	52+550	1,36	0,16	0,16	4	Circulaire	1050	0,04	2,36	200-300
PK094	54+400	89,80	8979,82	0,10	140	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 113.6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (112,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				
PK095	55+500	0,94	1,47	1,5	2	Circulaire	900	0,06	3,24	300-500
PK098	57+000	0,28	4,4	4,4	5	Circulaire	600	0,12	3,60	300-500
PK100	58+200	79,71	0,1	0,1	10	Rectangulaire	8000 x 4000	0,43	3,4	300-500
PK104	60+700	1,33	1	1,0	2	Circulaire	1050	0,10	2,99	300-400
PK108	62+500	0,39	1	1,0	1	Circulaire	750	0,21	2,26	100-200
PK110	64+000	2,58	1	1,0	1	Rectangulaire	1800 x 1200	0,29	3,16	300-400
PK111	64+700	4,94	1	1,0	55	Rectangulaire	2000 x 1500	0,18	3,69	300-500

Hydraulique - Annexe B

ID	Chaînage	Débit de conception (m³/s)	Pente du cours d'eau en aval %	Pente de l'ouvrage de traversée (%)	Largeur au débit plein bord (m)	Forme du ponceau	Dimensions (LxH) / Diamètre minimal (mm)	Dégagement vertical (m)	Vitesse à la sortie (m/s)	Protection en enrochement (mm)
PK117	68+000	6,71	1	1,0	8	Rectangulaire	2400 x 1500	0,06	3,86	300-500
PK121	70+400	1,19	1	1,0	1	circulaire	1050	0,16	2,91	300-400
PK124	72+000	7,65	1	1,0	10	Rectangulaire	2400 x 1800	0,24	4,00	400-600
PK127	74+000	4,62	1	1,0	1	Rectangulaire	2000 x 1500	0,24	3,62	300-500
PK128	74+600	5,00	1	1,0	1	Rectangulaire	2000 x 1500	0,17	3,7	300-500
PK133	77+800	173,21	1	1,0	18	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 14,4m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (14,4 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK138	81+000	1,82	1	1,0	1,5	Rectangulaire	1800 x 900	0,18	2,87	300-400
PK140	81+500	5,73	1	1,0	13	Rectangulaire	2400 x 1500	0,22	3,7	300-500
PK141	81+300	0,36	1	1,0	1	Circulaire	750	0,23	2,21	100-200
PK142	83+100	1,11	1	1,0	20	Circulaire	1050	0,19	2,86	300-400
PK144	83+900	1,26	1	1,0	8	Circulaire	1050	0,13	2,95	300-400
PK149	86+600	0,12	1	1,0	24	Circulaire	600	0,10	1,72	100-200
PK153	88+100	2,06	1	1,0	1	Rectangulaire	1800 x 900	0,11	3,06	300-400
PK156	89+100	258,54	1	1,0	40	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 33.6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (32,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK159	92+500	3037,86	1	1,0	200	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 161.6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (160,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK167	97+100	2,69	1	1,0	3	Rectangulaire	1800 x 1200	0,26	3,19	300-400
PK169	98+600	77,89	1	1,0	18	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 16m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (14,4 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK182	105+600	3,28	1	1,0	3	Rectangulaire	1800 x 1200	0,13	3,37	300-500
PK186	108+200	46,28	1	1,0	15	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 13,6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (12m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK199	115+900	151,18	0,1	0,1	35	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 29.6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (28,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK202	117+400	3,29	0,63	0,63	30	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 25.6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (24,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK204	118+700	8,88	1,11	1,11	30	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 25.6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (24,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK206	119+600	2,91	3,33	3,33	2	Rectangulaire	1800 x 1200	0,22	4,55	300-500
PK207	120+000	71,56	2,5	0,5	5	Rectangulaire	6100 x 4000	0,32	5,42	300-500
PK211	122+400	7,80	1	1,0	5	Rectangulaire	2400 x 1800	0,22	4,02	300-500
PK214	123+800	298,50	0,01	0,01	42	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 35.2m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (33.6 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				
PK216	125+000	1,92	1,75	1,75	2	Circulaire	1200	0,09	3,75	300-500
						Rectangulaire	1,62	0,15	3,39	300-500
PK218	126+500	126,20	1	0,5	15	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 13,6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (12m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK224	130+200	0,28	1	1,00	1	Circulaire	600	0,10	2,11	100-200
PK230	133+500	0,13	2,7	1	1	Circulaire	600	0,09	1,75	100-200
PK233	135+300	3,85	1	1	4	Rectangulaire	2000 x 1500	0,39	3,45	300-500
PK234	135+900	0,06	1,0	1	1	Circulaire	450	0,22	1,42	100-200
PK235	136+300	1,05	0,75	0,75	2	Circulaire	1050	0,22	2,59	200-300
PK236	137+000	0,87	2,5	2,5	1	Circulaire	900	0,11	3,61	300-500
PK241	139+700	2,42	2	2	2	Rectangulaire	1800 x 1200	0,33	3,74	300-500
PK243	140+500	1,43	2	1	1	Circulaire	1050	0,05	3,04	300-400
PK244	141+100	2,06	1	1	6	Circulaire	1200	0,04	3,28	300-500
						Rectangulaire	1800 x 900	0,11	2,96	300-400
PK246	142+400	0,81	1	1	2	Circulaire	900	0,13	2,68	200-300
PK249	144+500	1,15	2	1	1	Circulaire	1050	0,17	2,88	300-400
PK253	146+500	109,46	0,15	0,15	15	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 13,6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (12m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK254	146+800	7,61	0,1	0,1	5	Rectangulaire	2400 x 1800	0,08	2,57	200-300

Hydraulique - Annexe B

ID	Chaînage	Débit de conception (m³/s)	Pente du cours d'eau en aval %	Pente de l'ouvrage de traversée (%)	Largeur au débit plein bord (m)	Forme du ponceau	Dimensions (LxH) / Diamètre minimal (mm)	Dégagement vertical (m)	Vitesse à la sortie (m/s)	Protection en enrochement (mm)
PK258	149+500	0,43	8	8	1	Circulaire	750	0,20	4,69	300-500
PK260	150+600	136,09	0,83	0,01	35	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 29.6m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (28,0 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				300-500
PK262	151+600	3,45	0,5	0,5	3	Rectangulaire	1800 x 1200	0,08	2,86	300-400
PK264	153+000	2,99	1,2	0,1	6	Rectangulaire	1800 x 1200	0,09	2,54	200-300
PK266	154+200	6,84	0,1	0,1	6	Rectangulaire	2400 x 1800	0,21	2,66	200-300
PK268	155+400	2,16	0,1	0,1	5	Rectangulaire	1800 x 1200	0,3	1,95	100-200
PK270	156+400	3,59	0,2	0,2	3	Rectangulaire	2000 x 1500	0,33	2,11	100-200
PK274	158+400	27,30	2,5	2,5	8	Rectangulaire	8000 x 2200	0,33	4,3	400-600
PK275	158+900	5,67	0,5	0,5	2	Rectangulaire	2000 x 1500	0,05	3,24	300-500
PK280	161+800	45,97	0,1	0,1	3	Rectangulaire	5000 x 4000	0,06	2,68	200-300
PK282	163+000	38,81	0,07	0,07	7	Rectangulaire	5000 x 3500	0,16	2,8	200-300
PK283	163+300	0,83	0,90	0,90	4	Rectangulaire	1200 x 900	0,34	2,4	200-300
						Circulaire	900	0,12	2,61	200-300
PK288	166+300	112,74	2	2	28	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 24m, correspondant à 80% de la largeur au débit plein bord (22.4 m) additionnée de la largeur de la protection en enrochement de 300-500 mm				
PK291	168+400	3,78	0,1	0,1	7	Rectangulaire	2000 x 1500	0,29	2,65	200-300
PK293	169+300	1,22	0,8	0,8	2	Circulaire	1050	0,14	2,74	200-300
PK294	169+900	1,96	0,75	0,75	1	Circulaire	1200	0,07	3,00	300-400
						Rectangulaire	1800 x 900	0,14	1,67	100-200
PK297	171+400	0,56	0,1	0,1	2	Circulaire	900	0,22	1,76	100-200
PK301	173+700	2,58	0,1	0,1	5	Rectangulaire	1800 x 1200	0,17	2,11	100-200
PK302	174+100	1,79	0,2	0,1	4	Rectangulaire	1800 x 900	0,1	1,96	100-200
						Circulaire	1200	0,07	2,47	200-300
PK309	178+300	65,06	0,01	0,01	15	Rectangulaire	2 culverts 6000 x3100	0,33	2,25	100-200
PK310	178+900	1,54	3	3	2	Rectangulaire	1200 x 900	0,06	3,82	300-500
PK311	179+700	2,70	2,5	2,5	1	Rectangulaire	1800 x 1200	0,27	4,10	300-500
PK314	181+200	7,06	1	1	9	Rectangulaire	2400 x 1800	0,33	3,91	300-500
PK317	183+000	0,90	1	1	2	Circulaire	900	0,24	2,59	200-300
PK321	185+300	0,58	6,0	3,5	5	Rectangulaire	1200 x 900	0,42	3,38	300-500
						Circulaire	750,00	0,07	3,75	300-500
PK322	185+600	0,11	0,1	0,1	3	Circulaire	450	0,08	1,34	100-200
PK324	186+500	0,29	0,4	0,4	1	Circulaire	600	0,07	1,69	100-200
PK325	187+300	6,02	0,1	0,1	3	Rectangulaire	2400 x 1800	0,22	1,89	100-200
PK327	188+500	0,64	1,5	1,5	1	Circulaire	900	0,23	2,85	300-400
PK331	190+800	1,64	4	4	2	Rectangulaire	1800 x 900	0,24	4,30	600-800
PK333	191+700	1,60	4	4	2	Rectangulaire	1800 x 900	0,25	4,30	600-800
PK337	194+000	42196,66	1,5	1	70	Un pont ayant une ouverture hydraulique d'approximativement 70 m				Non-Applicable
PK341	196+200	14,18	1,3	1,25	4	Rectangulaire	3000 x 2400	0,38	4,69	600-800

ANNEXE

C

PHOTOGRAPHIES



LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 1

Site de l'ouvrage de traversée PK013 - Vue de dessus



Photo 2

Site de l'ouvrage de traversée PK018 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 3

Site de l'ouvrage de traversée PK026 - Vue de dessus



Photo 4

Site de l'ouvrage de traversée PK030 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 5

Site de l'ouvrage de traversée PK032 - Vue de dessus



Photo 6

Site de l'ouvrage de traversée PK051 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 7

Site de l'ouvrage de traversée PK078 - Vue de dessus



Photo 8

Site de l'ouvrage de traversée PK081 - Vue de dessus, Lac Pamigamichi

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 9

Site de l'ouvrage de traversée PK085 - Vue de dessus



Photo 10

Site de l'ouvrage de traversée PK089.1 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 11

Site de l'ouvrage de traversée PK094 - Vue de dessus



Photo 12

Site de l'ouvrage de traversée PK111 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 13

Site de l'ouvrage de traversée PK133 - Vue de dessus



Photo 14

Site de l'ouvrage de traversée PK140 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 15

Site de l'ouvrage de traversée PK149 - Vue de dessus



Photo 16

Site de l'ouvrage de traversée PK156 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujjuarapik



Photo 17

Site de l'ouvrage de traversée PK159 - Vue de dessus



Photo 18

Site de l'ouvrage de traversée PK199 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujuarapik



Photo 19

Site de l'ouvrage de traversée PK214 - Vue de dessus



Photo 20

Site de l'ouvrage de traversée PK253 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujuarapik



Photo 21

Site de l'ouvrage de traversée PK260 - Vue de dessus



Photo 22

Site de l'ouvrage de traversée PK288 - Vue de dessus

LA GRANDE ALLIANCE

Étude hydrologique et hydraulique des ouvrages de traversée sous la route proposée entre Radisson et Kuujuarapik



Photo 23

Site de l'ouvrage de traversée PK337 - Vue de dessus



Photo 24

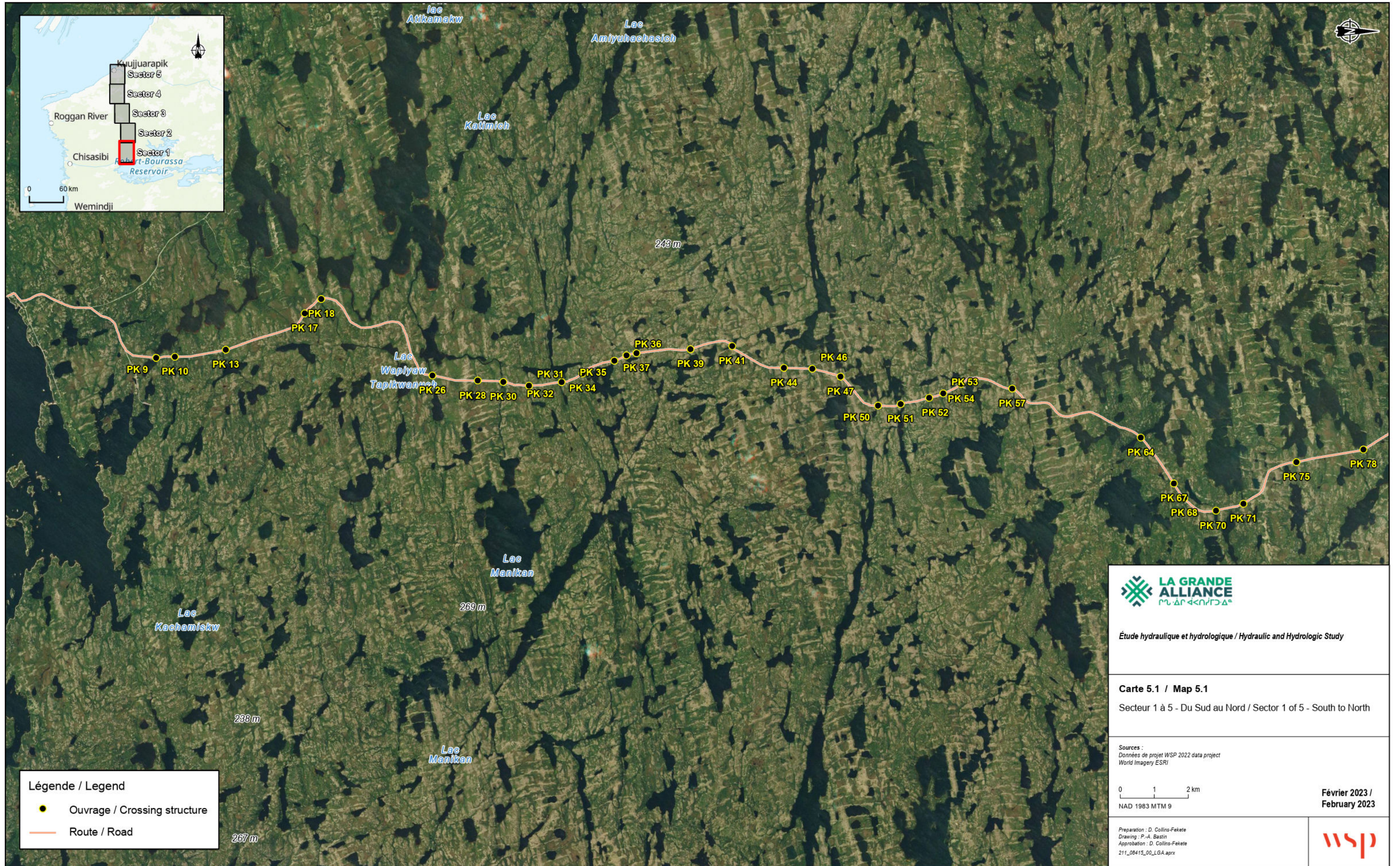
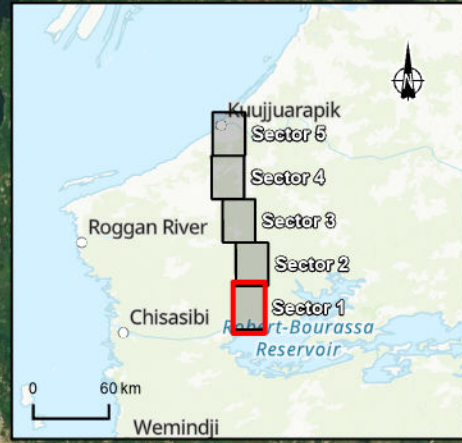
Site de l'ouvrage de traversée PK337 - Vue de dessus

ANNEXE

D

CARTES





Légende / Legend

- Ouvrage / Crossing structure
- Route / Road

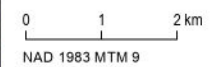


Étude hydraulique et hydrologique / Hydraulic and Hydrologic Study

Carte 5.1 / Map 5.1

Secteur 1 à 5 - Du Sud au Nord / Sector 1 of 5 - South to North

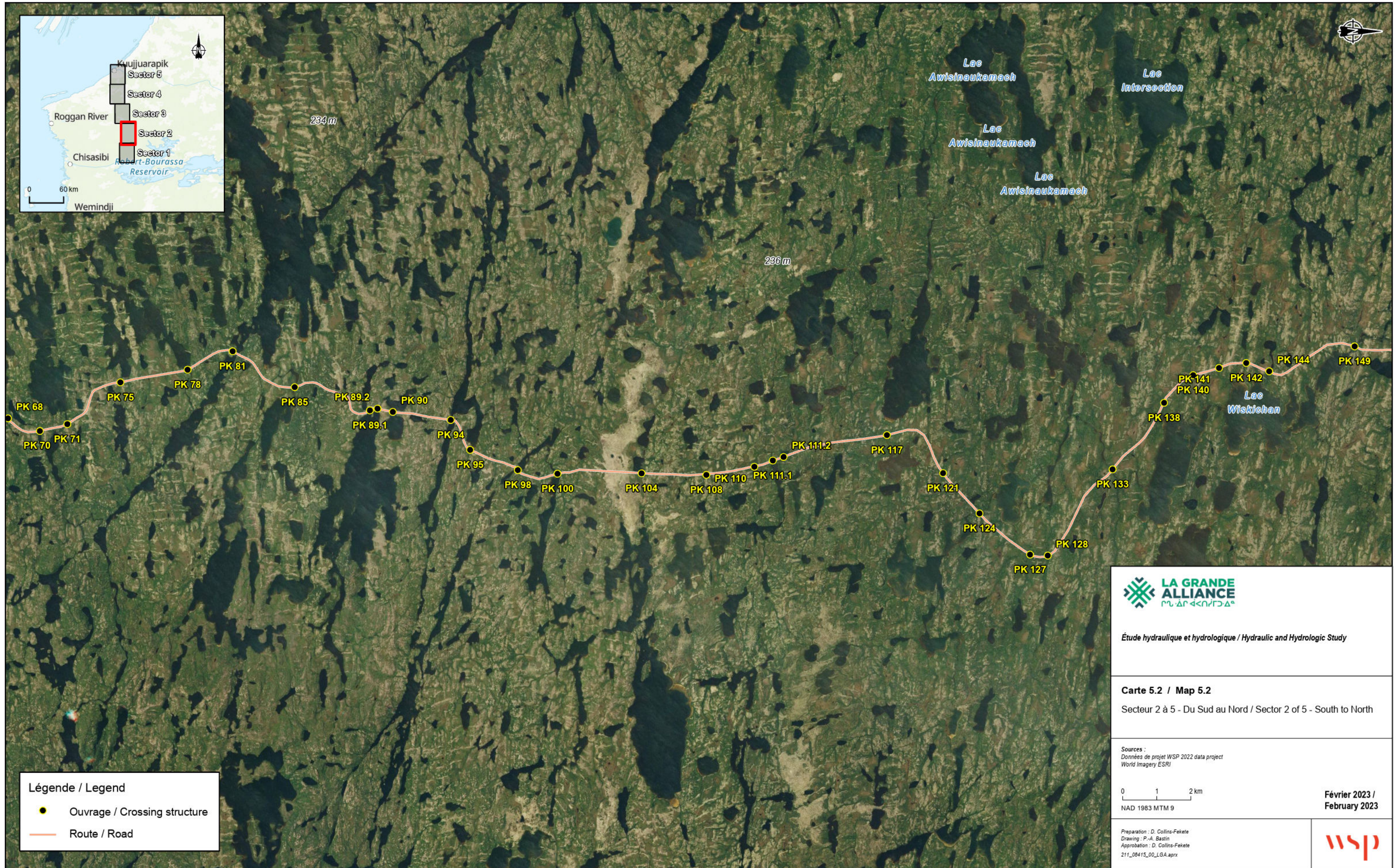
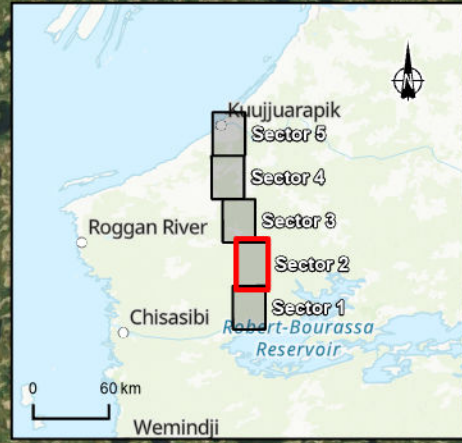
Sources :
Données de projet WSP 2022 data project
World Imagery ESRI



Février 2023 /
February 2023

Preparation : D. Collins-Fekete
Drawing : P.-A. Bastin
Approbation : D. Collins-Fekete
211_08415_00_LGA.aprx





Légende / Legend

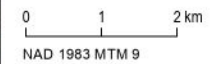
- Ouvrage / Crossing structure
- Route / Road



Étude hydraulique et hydrologique / Hydraulic and Hydrologic Study

Carte 5.2 / Map 5.2
 Secteur 2 à 5 - Du Sud au Nord / Sector 2 of 5 - South to North

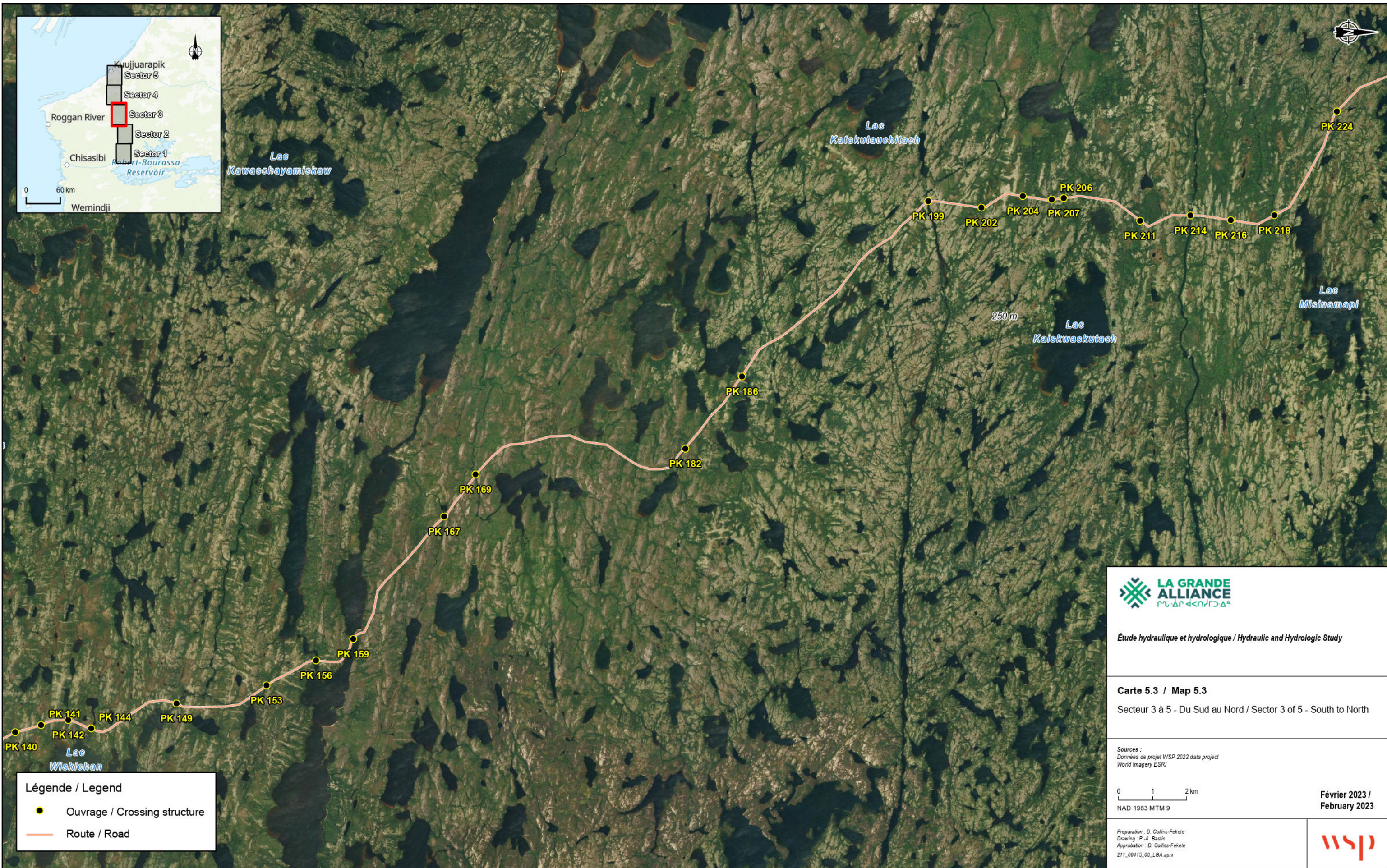
Sources :
 Données de projet WSP 2022 data project
 World Imagery ESRI



Février 2023 /
 February 2023

Preparation : D. Collins-Fekete
 Drawing : P.-A. Bastin
 Approbation : D. Collins-Fekete
 211_08415_00_LGA.aprx





LA GRANDE ALLIANCE
ᓄᓄ ᓄᓄ ᓄᓄ ᓄᓄ ᓄᓄ

Étude hydraulique et hydrologique / Hydraulic and Hydrologic Study

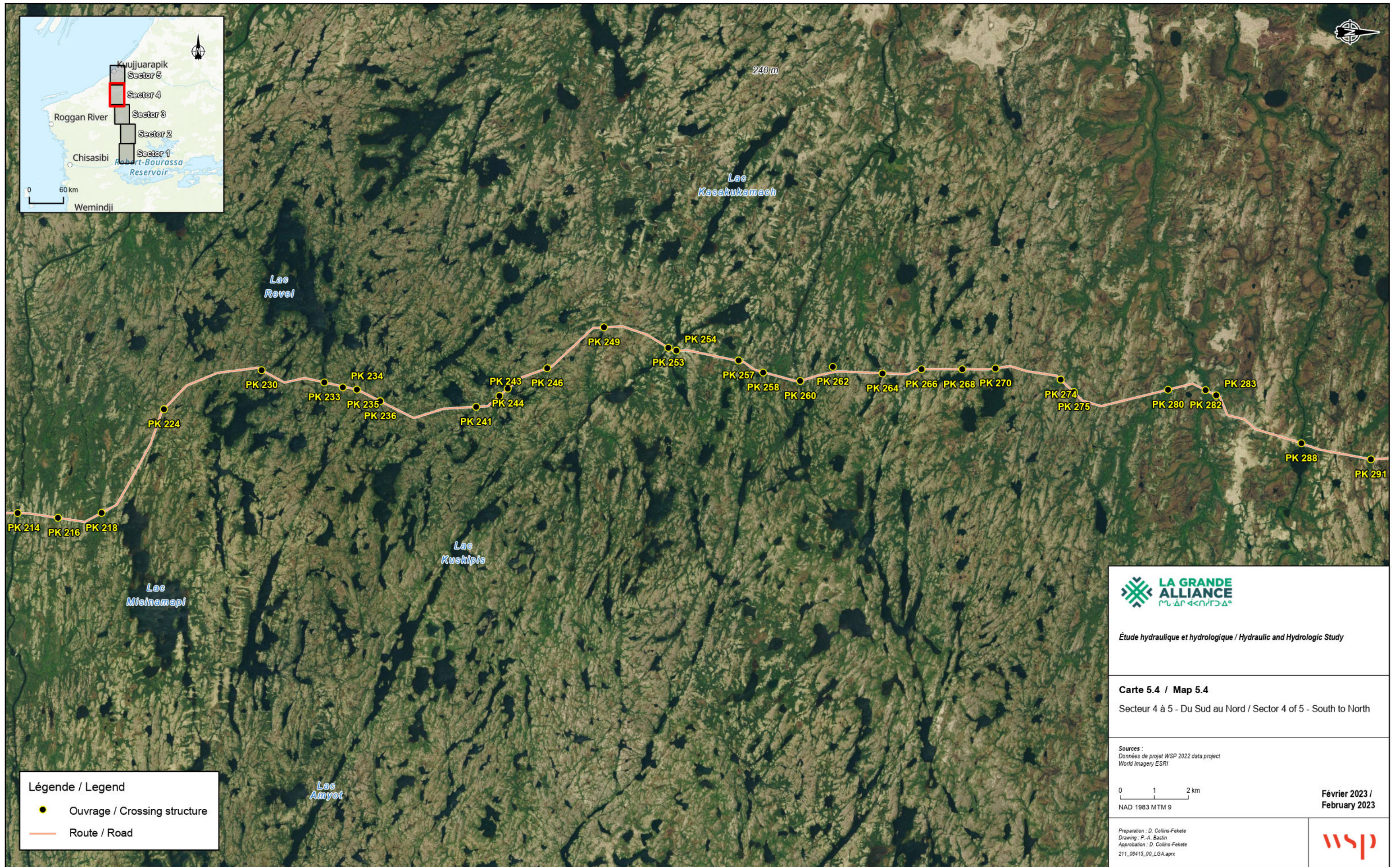
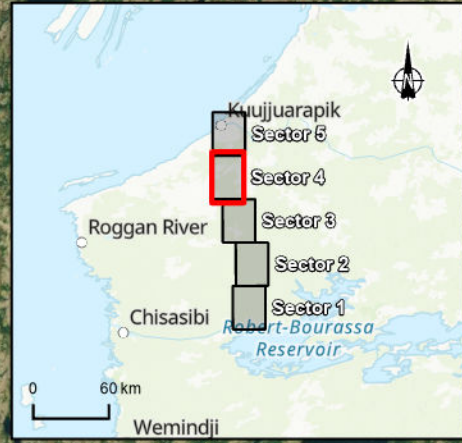
Carte 5.3 / Map 5.3
Secteur 3 à 5 - Du Sud au Nord / Sector 3 of 5 - South to North

Sources :
Données de projet WSP 2022 data project
World Imagery ESRI

0 1 2 km
NAD 1983 MTM 9


Février 2023 / February 2023

Preparation : D. Collins-Fekete
Drawing : P.-A. Bastin
Approbation : D. Collins-Fekete
211_08415_00_LGA.aprx



Légende / Legend

- Ouvrage / Crossing structure
- Route / Road



LA GRANDE ALLIANCE
ᓄᓐ ᓂᓐ ᓂᓐ ᓂᓐ ᓂᓐ

Étude hydraulique et hydrologique / Hydraulic and Hydrologic Study

Carte 5.4 / Map 5.4
Secteur 4 à 5 - Du Sud au Nord / Sector 4 of 5 - South to North


Sources :
Données de projet WSP 2022 data project
World Imagery ESRI

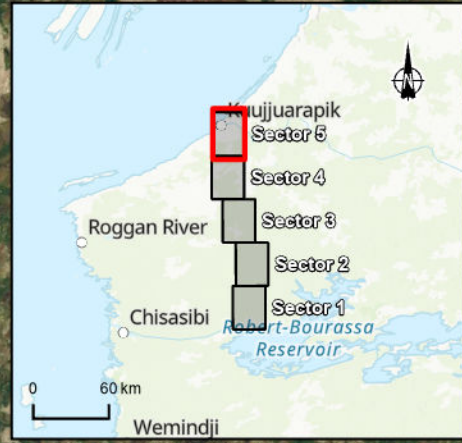
0 1 2 km

NAD 1983 MTM 9

Février 2023 /
February 2023

Preparation : D. Collins-Fekete
Drawing : P.-A. Bastin
Approbation : D. Collins-Fekete
211_08415_00_LGA.aprx





Légende / Legend

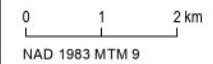
- Ouvrage / Crossing structure
- Route / Road



Étude hydraulique et hydrologique / Hydraulic and Hydrologic Study

Carte 5.5 / Map 5.5
 Secteur 5 à 5 - Du Sud au Nord / Sector 5 of 5 - South to North

Sources :
 Données de projet WSP 2022 data project
 World Imagery ESRI



Février 2023 /
 February 2023

Preparation : D. Collins-Fekete
 Drawing : P.-A. Bastin
 Approbation : D. Collins-Fekete
 211_08415_00_LGA.aprx

