



RAPPORT

VOLUME 2 - Étude technique



Référence du consultant : LGA-1-GN-F-FRN-RT-0002_01
2024-03-19



Stantec ■ DESFOR ■ SYSTRA

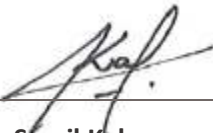
avec sous-consultant 

Historique et statut du document

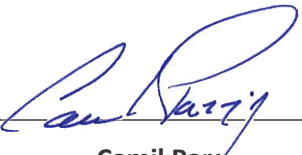
Révision :	00	01	02
Date :	2023-02-24	2023-04-14	2024-03-19
Préparé par :	SK, CP	SK, CP	SK, CP
Vérifié par :	CS	CS	CS
Approuvé par :	CA	CA	AC
Commentaires :	Ébauche pour révision et commentaires	Version finale	Revised Final document

Approbations

Document
préparé par :


Smail Kalem
Responsable du domaine ferroviaire, VEI

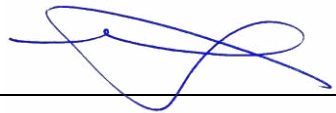
Document
préparé par :


Camil Pare
Responsable du domaine routier, VEI

Document
vérifié par :


Christopher Salhany
Directeur adjoint du projet, VEI

Document
approuvé par :


Alessandro Cirella
Directeur adjoint du projet, VEI



Identification du document

RAPPORT

VOLUME 2 - Étude technique

[Objet]

Référence du consultant :
LGA-1-GN-F-FRN-RT-0002_01
2024-03-19

Collaborators

Domaine	Nom
Directeur du projet	Alessandro Cirella
Directeur adjoint du projet	Christopher Salhany
Responsable du domaine ferroviaire	Smail Kalem
Opérations ferroviaires	Carolyn Fitzpatrick Christopher O'Brien Saro Derkeorkian
Propulsion des trains à batterie et électriques	Maya Dimitrova Ercan Afacan Nicolas Quelled
Voie	Tarek Khoury Amine Belhamri
Bâtiments ferroviaires	Mohamed Zouaoui
Tracé ferroviaire	Edmond Gradin Li Zeng
Terrassement de la voie ferrée	Reza Araghi
Entretien de la voie ferrée	Laurent Jean
Hydrologie de la voie ferrée	David Chou Saro
Matériel roulant et équipement d'EVF	Thomas Hewitt Claude Messier
Signalisation et télécommunication de la voie ferrée	Paul Poinot
Structures de la voie ferrée	Sylvain Beland Fernando Segura Christopher O'Brien
Route	Camil Pare Daniel Bilodeau Leon Bélanger
Piste	Marc Antoine Allard
Estimation des coûts	Robin Pelletier Leon Belanger Christopher O'Brien



Collaborateurs

Liste des Volumes

TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE FEASIBILITY STUDY, PHASE I

Sommaire exécutif

Volume 1 - Introduction

Volume 2 – Étude technique

Volume 3 – Étude socio-environnemental

Volume 4 – Étude de marché (avec Phases II et III)

Volume 5 – Étude économique, financière et de risques

Volume 6 - Annexes

Table des matières

8. ÉTUDE TECHNIQUE.....	1
8.1 Acronymes, abréviations et unités	1
8.2 Champ d'application et objectif	6
8.3 Étude géotechnique et géomorphologique	6
8.4 Sources potentielles d'emprunt et d'extraction	8
8.5 Chemin de fer proposé le long de la route Billy Diamond et chemin de fer de Grevet-Chapais	11
8.5.1 Historique de la voie ferrée Grevet-Chapais	11
8.5.2 Vue d'ensemble	12
8.5.3 Conditions environnementales.....	13
8.5.4 Emprise ferroviaire (EF)	14
8.5.5 Clôture	15
8.5.6 Végétation et faune	15
8.5.7 Zones humides	17
8.5.8 Intégration des avis et des connaissances des Cris, dans la conception du tracé du chemin de fer	19
8.5.9 Contrôle du bruit	22
8.5.10 Documents de référence et standards	23
8.5.11 Comparaison avec d'autres projets similaires	24

8.5.12	Critères de conception.....	24
8.5.13	Visites de site	25
8.5.14	Topographie.....	26
8.5.15	Travaux de génie civil et de terrassement.....	28
8.5.16	Voie	37
8.5.17	Tracé du chemin de fer le long de la route Billy Diamond (CFRBD)	42
8.5.18	Tracé du chemin de fer Grevet-Chapais	48
8.5.19	Modélisation 3D – Civil 3D.....	49
8.5.20	Passages à niveau	53
8.5.21	Voies d’évitement.....	58
8.5.22	Gares et quais de voyageurs.....	58
8.5.23	Gares de transbordement.....	64
8.5.24	Structures.....	69
8.5.25	Hydrologie et drainage	98
8.5.26	Système de signalisation et de télécommunications	110
8.5.27	Alimentation en électricité du chemin de fer.....	117
8.5.28	Opérations ferroviaires.....	118
8.5.29	Matériel roulant.....	135
8.5.30	Entretien du matériel roulant.....	148
8.5.31	Stratégie d’entretien des équipements EVF.....	153
8.5.32	Entretien de l’infrastructure	154
8.5.33	Stratégie d’entretien de la voie ferrée (EVF)	154
8.5.34	Personnel	157
8.5.35	Trafic voyageurs.....	167
8.5.36	Calendrier de construction	179
8.6	Estimation des coûts.....	187
8.6.1	Coûts en capital (CAPEX).....	187
8.6.2	Capital de maintien.....	190
8.6.3	Frais d’exploitation	192
8.7	Route d’accès vers les communautés	196
8.7.1	Introduction	196
8.7.2	Paramètres de conception.....	198
8.7.3	Portée et objectifs	199
8.7.4	Approche d’analyse sur une route existante.....	200
8.7.5	Routes d’accès aux communautés et Route du Nord.....	201
8.7.6	Dévers	204
8.7.7	Profil en long.....	204
8.7.8	Section transversale.....	207
8.7.9	Accès	209
8.7.10	Ponceaux.....	209
8.7.11	Glissières de sécurité sur les routes d’accès.....	210

8.7.12	Signalisation et marquage	211
8.7.13	Sentiers multifonctionnels à proximité des communautés.....	212
8.7.14	Maintien de la circulation	212
8.7.15	Vents et neige	213
8.7.16	Travaux d'entretien	214
8.7.17	Perspectives d'integrations des preoccupations des cris	215
8.7.18	Services publics.....	215
8.7.19	Estimation des coûts de travaux.....	216
8.8	Route d'accès secondaire de Mistissini : aspects techniques	217
8.8.1	Recherche des antécédents.....	217
8.8.2	Données obtenues par les différents ministères.....	218
8.8.3	Données du ministère des Transports concernant la circulation sur le territoire	219
8.8.4	Documents publiés pris en considération dans l'étude	220
8.8.5	Intrants et recommandations de conception	221
8.8.6	Photo-interprétation.....	222
8.8.7	Tracés.....	223
8.8.8	Conception préliminaire de la construction de la route.....	226
8.8.9	Traversées de cours d'eau et drainage	227
8.8.10	Estimation des quantités (terrassment)	228
8.8.11	Estimation des coûts.....	229
8.8.12	Conclusion et recommandations	231
8.9	Autres études techniques	231
8.9.1	Évaluation de la voie du CN et estimation des coûts de remise en état	231
8.9.2	Étude sur les technologies de propulsion des trains à batterie et électriques ...	236
8.9.3	Étude du remplacement de la voie de Grevet à Chapais	244
8.10	Conclusion et recommandations	249

Liste des tableaux

Tableau 8.3-1 : Résumé de l'enquête géotechnique préliminaire	7
Tableau 8.4-1 : Résumé des sources potentielles d'emprunt et d'extraction identifiées le long de l'infrastructure de transport (phase I)	9
Tableau 8.4-2 : Résumé des enquêtes sur le terrain concernant les sources d'emprunt (matériaux granulaires et roche-mère)	10
Tableau 8.5-1 : Conditions environnementales à Matagami et à Chapais	13
Tableau 8.5-2 : Données sur le vent à Val-d'Or	14
Tableau 8.5-3 : Données sismiques à Val-d'Or	14
Tableau 8.5-4 : Caractéristiques générales des voies ferrées	24
Tableau 8.5-5 : Sujets couverts dans le document sur les critères de conception	25
Tableau 8.5-6 : Granularité pour le sous-ballast	29
Tableau 8.5-7 : Facteurs de sécurité (FS) pour l'analyse de stabilité des pentes	36
Tableau 8.5-8 : Résumé des critères relatifs à la voie	42
Tableau 8.5-9 : Hiérarchie des options de conception du CFRBD	43
Tableau 8.5-10 : Score technique (coût) du tracé de base et du tracé optimisé	45
Tableau 8.5-11 : Score environnemental social du tracé de base et du tracé optimisé	45
Tableau 8.5-12 : Score final du tracé de base et du tracé optimisé	45
Tableau 8.5-13 : Hiérarchie des priorités pour le tracé hybride.....	46
Tableau 8.5-14 : Comparaison entre le tracé de base, le tracé optimisé et le tracé hybride	47
Tableau 8.5-15 : Nombre de passages à niveau	54
Tableau 8.5-16 : Critères de revêtement du passage à niveau	56
Tableau 8.5-17 : Description générale des gares.....	59
Tableau 8.5-18 : Dimensions d'un quai de passagers.....	64
Tableau 8.5-19 : Principales caractéristiques des ponts existants sur le CFGC	77
Tableau 8.5-20 : Travaux proposés pour les ponts existants du CFGC.....	87
Tableau 8.5-21 : Charges mortes superposées.....	90
Tableau 8.5-22 : Contraintes admissibles pour la capacité normale.....	92
Tableau 8.5-23 : Contraintes admissibles pour le niveau maximal	93
Tableau 8.5-24 : Résultats de l'analyse de la capacité des ponts GC	94
Tableau 8.5-25 : Liste de ponts – chemin de fer Grevet-Chapais.....	97
Tableau 8.5-26 : Liste de ponts – chemin de fer de la route Billy Diamond.....	98
Tableau 8.5-27 : Taux de précipitation (mm/h) à la période de retour à la station de Matagami	99
Tableau 8.5-28 : Volume des précipitations (mm) à la période de retour à la station de Matagami.....	99
Tableau 8.5-29 : Taux de précipitation (mm/h) à la période de retour à la station de Chapais	100
Tableau 8.5-30 : Volume des précipitations (mm) à la période de retour à la station de Chapais	100
Tableau 8.5-31 : Changement climatique à Matagami dans les années 2080	100

Tableau 8.5-32 : Changement climatique à Chapais dans les années 2080	101
Tableau 8.5-33 : Calculs de drainage et méthode hydrologique	103
Tableau 8.5-34 : Exigences minimales de conception pour les ponceaux.....	104
Tableau 8.5-35 : Observations des ponceaux existants inspectés	107
Tableau 8.5-36 : Liste des infrastructures du CFRBD.....	111
Tableau 8.5-37 : Liste des infrastructures du chemin de fer Grevet-Chapais	111
Tableau 8.5-38 : Description et évaluation des systèmes de signalisation	112
Tableau 8.5-39 : Résumé de la circulation des marchandises	120
Tableau 8.5-40 : Composition d'un train sur le CFRBD.....	122
Tableau 8.5-41 : Composition d'un train sur le CFGC.....	122
Tableau 8.5-42 : Résumé des temps de parcours minimaux calculés pour chaque train	124
Tableau 8.5-43 : Exemple de durée du cycle du train sur le CFRBD	127
Tableau 8.5-44 : Exemple de durée du cycle du train sur le CFGC	128
Tableau 8.5-45 : Horaires des trains de marchandises.....	129
Tableau 8.5-46 : Emplacement des bâtiments et des installations d'exploitation.....	130
Tableau 8.5-47 : Exigences du bureau administratif	130
Tableau 8.5-48 : Exigences relatives au matériel roulant.....	135
Tableau 8.5-49 : Caractéristiques des REU	136
Tableau 8.5-50 : Caractéristiques des wagons plats de 20 m (64 pi)	138
Tableau 8.5-51 : Caractéristiques des wagons-trémies couverts	139
Tableau 8.5-52 : Caractéristiques des wagons plats.....	140
Tableau 8.5-53 : Caractéristiques d'un wagon-tombereau pour copeaux de bois	141
Tableau 8.5-54 : Caractéristiques des wagons-tombereaux de scierie	142
Tableau 8.5-55 : Caractéristiques des wagons plats de 27 m (89 pi)	143
Tableau 8.5-56 : Caractéristiques du conteneur-citerne.....	144
Tableau 8.5-57 : Caractéristiques des wagons à déversement par le fond.....	145
Tableau 8.5-58 : Caractéristiques des wagons à déversement par le côté	146
Tableau 8.6-1 : Caractéristiques d'un wagon couvert type	147
Tableau 8.6-2 : Caractéristiques des locomotives typiques	148
Tableau 8.6-3 : Approche d'entretien préventif des locomotives.....	149
Tableau 8.6-4: Listes des principaux composants des locomotives qui doivent être révisés ou remplacés	151
Tableau 8.6-5 : Véhicules routiers et rail-route d'EVF.....	154
Tableau 8.6-6 : Exigences en matière d'inspection de la voie principale.....	156
Tableau 8.6-7 : Principales activités d'entretien en sous-traitance	157
Tableau 8.6-8 : Personnel d'administration du siège social	158
Tableau 8.6-9 : Personnel de supervision de l'exploitation.....	159
Tableau 8.6-10 : Employés de l'équipe de gare de triage	160
Tableau 8.6-11 : Employés de l'équipe de gare de triage	160
Tableau 8.6-12 : Dotation en personnel de chargement des wagons en total d'équivalents temps plein requis	161
Tableau 8.6-13 : Postes intermodaux : nombre d'employés.....	162
Tableau 8.6-14 : Personnel supplémentaire.....	162
Tableau 8.6-15 : Total des besoins en personnel du ministère des Transports	163

Tableau 8.6-16 : Dotation en personnel du service d'entretien du matériel roulant	164
Tableau 8.6-17 : Dotation en personnel du service infrastructure	166
Tableau 8.6-18 : Personnel requis pour les chemins de fer de la route Billy Diamond et Grevet-Chapais.....	166
Tableau 8.6-19 : Personnel ferroviaire permanent par fonction et emplacement	167
Tableau 8.6-20 : Horaires voyageurs	170
Tableau 8.6-21 : Caractéristiques des trains de voyageurs	171
Tableau 8.6-22 : Composition d'un train de voyageurs.....	171
Tableau 8.6-23 : Caractéristiques typiques des voitures.....	174
Tableau 8.6-24 : Groupes d'inspection pour l'entretien et la révision des voitures	176
Tableau 8.6-25 : Personnel de supervision du trafic voyageurs.....	177
Tableau 8.6-26 : Personnel de service à bord.....	178
Tableau 8.6-27 : Personnel de gare	178
Tableau 8.6-28 : Résumé de la dotation en personnel des services voyageurs	178
Tableau 8.6-29 : Catégories de routes d'accès temporaires	179
Tableau 8.6-30 : Numéro et emplacement des routes d'accès temporaires	180
Tableau 8.6-31 : Calendrier des activités de construction	184
Tableau 8.7-1 : Coûts en capital pour la construction de la phase 1 B du CFRBD par secteur (en millions de dollars canadiens)	189
Tableau 8.7-2 : Coûts en capital pour la construction du chemin de fer Grevet-Chapais par secteur.	189
Tableau 8.7-3 : Coûts en capital pour la construction des quatre voies d'accès communautaires par secteur.....	190
Tableau 8.7-4 : Coûts en capital pour la construction de la Route du Nord par secteur	190
Tableau 8.7-5 : Coûts en capital de maintien du CFRBD, en million de dollars canadiens.....	191
Tableau 8.6-6 : Coûts en capital de maintien pour le chemin de fer Grevet-Chapais. Tous les coûts sont en millions CAD.	191
Tableau 8.6-7 : Coûts en capital de maintien des routes d'accès aux communautés.....	192
Tableau 8.6-3 : Coûts en capital de maintien de la route du Nord.....	192
Tableau 8.8-4 : Frais d'exploitation de la voie et des infrastructures	193
Tableau 8.9-1 : Critères de conception.....	199
Tableau 8.9-2 : Données Lidar	201
Tableau 8.9-3: Courbes horizontales et vitesses correspondantes.....	201
Tableau 8.9-4 : Courbes horizontales nécessitant des interventions.....	202
Tableau 8.9-5: Pentes supérieures à 10 %.....	205
Tableau 8.9-6 : Courbes verticales et vitesses correspondantes.....	207
Tableau 8.9-7 : Classes d'état des ponceaux	209
Tableau 8.9-8 : Distribution et condition des ponceaux (MTMD)	209
Tableau 8.9-9 : Glissières de sécurité requises.....	211
Tableau 8.9-10 : Travaux d'entretien	214
Tableau 8.9-11 : Problématiques soulevées par la communauté Crie	215
Tableau 8.9-12 : Croisements avec les lignes de transmission électrique	216
Tableau 8.9-13 : Estimation des coûts.....	217
Tableau 8.10-1 : Longueur des routes par classe sur les terres de catégorie 1	219

Tableau 8.10-2 : Trafic journalier moyen sur les routes existantes autour de Mistissini.....	219
Tableau 8.10-3 : Critères de conception.....	222
Tableau 8.10-4 : Emplacement des sites d’emprunt	223
Tableau 8.10-5 : Caractéristiques des itinéraires proposés.....	226
Tableau 8.10-6 : Ponceaux existants à remplacer et diamètre prescrit	227
Tableau 8.10-7 : Nouveaux ponceaux à installer.....	228
Tableau 8.10-8 : Travaux assumés sur les sections de reconstruction.....	228
Tableau 8.10-9 : Quantités de terrassement – section 27+000 à 35+000.....	229
Tableau 8.10-10 : Quantités de terrassement – section 37+000 à 41+000.....	229
Tableau 8.10-11 : Coûts de construction.....	230
Tableau 8.11-1 : Résumé des infrastructures existantes des subdivisions de CN	233
Tableau 8.11-2 : Résumé des coûts	236
Tableau 8.11-3 : Résumé des besoins en matériel roulant pour chaque scénario.....	239
Tableau 8.11-4 : Résumé de la consommation d’énergie pour chaque scénario	240
Tableau 8.11-5 : Comparaison des besoins en infrastructures et autres pour chaque scénario, et impact sur les opérations	241
Tableau 8.11-6 : Résumé de la réduction annuelle de la consommation de carburant et des émissions	243
Tableau 8.11-7 : Description des routes en conflit.....	246
Tableau 8.11-8 : Hypothèse des travaux de déplacement des pistes de motoneige	247
Tableau 8.11-9 : Hypothèse des travaux de relocalisation de la route forestière	247
Tableau 8.11-10 : Frais de déplacement des pistes de motoneige et des chemins forestiers.	248

Liste des Figures

Figure 8.5-1: Carte des subdivisions actuelles du CN (en bleu) dans la région de Chibougamau-Senneterre	11
Figure 8.5-2 : Train de marchandises du CN chargeant du concentré de minerai à la mine de Chapais, 1976.....	12
Figure 8.5-3 : Vue d’ensemble des chemins de fer.....	13
Figure 8.5-4 : Exemple d’emplacement typique d’une clôture	15
Figure 8.5-5 : Zone compacte d’épicéas noirs PK 55	16
Figure 8.5-6 : Zone déboisée, environ PK 77	16
Figure 8.5-7 : Distribution du caribou des bois.....	17
Figure 8.5-8 : Répartition des zones humides (environ du PK 76 au PK 84).....	18
Figure 8.5-9 : Zone humide observée depuis la route Billy Diamond, à peu près au PK 91+300.	19
Figure 8.5-10 : Contournement d’un lac, environ au PK 178	19
Figure 8.5-11 : Rencontre avec les maîtres de trappe de Waswanipi - juillet 2022	20
Figure 8.5-12 : Rencontre avec les maîtres de trappe.....	20
Figure 8.5-13 : Zone d’évitement du caribou des bois	21

Figure 8.5-14 : Évitement des camps des Maîtres de trappe	21
Figure 8.5-15 : Évitement des zones de récolte	22
Figure 8.5-16 : Zone de marécages et de tourbières.....	22
Figure 8.5-17 : Dimensions de l'écran antibruit proposé	23
Figure 8.5-18 : Progression des visites.....	26
Figure 8.5-19 : Exemple de la couverture du levé LIDAR.....	27
Figure 8.5-20 : Exemple de qualité d'image – Billy-Diamond.....	27
Figure 8.5-21 : Coupe transversale typique d'une plateforme sur un sol en bon état	28
Figure 8.5-22 : Coupe transversale typique d'une plateforme sur un sol en bon état	30
Figure 8.5-23 : Mise en place des remblais lors de la construction d'une plateforme	31
Figure 8.5-24 : Microphotographie électronique à balayage de la tourbe de la Baie James	32
Figure 8.5-25 : Coupe transversale typique d'une plateforme sur des matériaux compressibles	33
Figure 8.5-26 : Coupe transversale typique des travaux d'enlèvement et de remplacement ...	34
Figure 8.5-27 : Enlèvement du matériau de surcharge granulaire; manuel sur les sols compressibles	35
Figure 8.5-28 : Section transversale typique en sol humide $H < 5$ m	37
Figure 8.5-29 : Composants de la structure de la voie	38
Figure 8.5-30 : Ancrage typique amélioré	39
Figure 8.5-31 : Photo d'un aiguillage typique n° 8.....	40
Figure 8.5-32 : Butoirs typiques du CN	41
Figure 8.5-33 : Coupe transversale de l'agencement typique de la route et de la voie ferrée adjacentes.....	47
Figure 8.5-34 : Exemples de l'érosion et de l'empiétement de la forêt sur le sentier du lotissement Chapais.....	48
Figure 8.5-35 : Capture d'écran du modèle 3D utilisé pour la conception du tracé et du terrassement - PK18+280 (abscisse = 233 386, ordonnée = 5 518 070)	50
Figure 8.5-36 : Capture d'écran du modèle 3D utilisé pour la conception du tracé et du terrassement - PK17+900 (abscisse = 233 008, ordonnée = 5 518 038)	50
Figure 8.5-37 : Capture d'écran du modèle 3D utilisé pour la conception du tracé et du terrassement - PK19+550 (abscisse = 234 589, ordonnée = 5 518 443)	51
Figure 8.5-38 : Zone rocheuse (PK 16+040; la voie ferrée sera à 60 m sur la gauche).....	51
Figure 8.5-39 : Passage d'une zone humide (PK 197+400; la voie ferrée sera à 30 m sur la gauche)	52
Figure 8.5-40 : Deux exemples de passages à niveau mineurs.....	54
Figure 8.5-41 : Vue d'un passage à niveau majeur	55
Figure 8.5-42 : Dimensions de la surface du passage à niveau	55
Figure 8.5-43 : Dégagements standard pour les chemins de fer.....	57
Figure 8.5-44 : Emplacement des lignes à haute tension traversant la ligne ferroviaire Grevet-Chapais.....	57
Figure 8.5-45 : Exemples d'architecture locale inspirée de la culture crie.....	59
Figure 8.5-46 : Schéma d'aménagement de la gare voyageurs.....	60
Figure 8.5-47 : Plan conceptuel de la gare voyageurs - option A	60
Figure 8.5-48 : Schéma de planification illustrant l'approche générale - option A de la gare voyageurs.....	61

Figure 8.5-49 : Plan conceptuel de la gare voyageurs - option B	61
Figure 8.5-50 : Schéma de planification illustrant l'approche générale - option B de la gare voyageurs.....	61
Figure 8.5-51 : Plan conceptuel de la gare voyageurs - option C	62
Figure 8.5-52 : Schéma de planification illustrant l'approche générale - option C de la gare voyageurs.....	62
Figure 8.5-53 : Plan de la gare voyageurs : installations.....	63
Figure 8.5-54 : Vue en plan des salles de gare.....	63
Figure 8.5-55 : Exemple d'un quai d'une gare voyageurs.....	64
Figure 8.5-56 : Plan d'emplacement : communauté de Waskaganish et gare de triage de Waskaganish	65
Figure 8.5-57 : Plan d'emplacement : gare de triage de Waskaganish	65
Figure 8.5-58 : Plan d'emplacement : gare de triage de Waskaganish	66
Figure 8.5-59 : Plan schématique de la gare de triage de Waskaganish	66
Figure 8.5-60 : Plan d'emplacement : communauté et gare de triage de Matagami	67
Figure 8.5-61 : Plan d'emplacement : gare de triage de Waskaganish	67
Figure 8.5-62 : Plan schématique de la gare de triage de Matagami	68
Figure 8.5-63 : Plan d'emplacement : communauté de Chapais, gare de Chapais et gare de triage de Chapais	68
Figure 8.5-64 : Plan schématique de la gare de triage de Chapais.....	69
Figure 8.5-65 : Dessin de la reconstruction du pont de la rivière Bachelor (1974).....	72
Figure 8.5-66 : Grille de 2016 de la subdivision Chapais du CN.....	73
Figure 8.5-67 : Exemple de travées à poutres de pont.....	74
Figure 8.5-68 : Exemple de pont PPT.....	75
Figure 8.5-69 : Exemple de pont PPT.....	75
Figure 8.5-70 : Exemple de pont PPT.....	76
Figure 8.5-71 : Inspection du pont de la rivière O'Sullivan.....	77
Figure 8.5-72 : Vue générale du pont au PK 146.50	78
Figure 8.5-73 : Vue générale du pont au PK 163.85	79
Figure 8.5-74 : Vue générale du pont au PK 167.59	80
Figure 8.5-75 : Vue générale du pont au PK 169.95	81
Figure 8.5-76 : Vue générale du pont au PK 191.15	82
Figure 8.5-77 : Vue générale du pont au PK 196.86	83
Figure 8.5-78 : Vue générale du pont au PK 201.72	84
Figure 8.5-79 : Vue générale du pont au PK 236.71	85
Figure 8.5-80 : Vue générale du pont au PK 156.00	86
Figure 8.5-81 : Figure : Diagramme de l'analyse de scénario de pont	87
Figure 8.5-82 : Modèle 2D d'un treillis à tablier inférieur	88
Figure 8.5-83 : Coupes transversales de la membrure inférieure du treillis (à gauche) et de la poutre à âme pleine (à droite).....	89
Figure 8.5-84 : Diagramme de surcharge Cooper E80.....	90
Figure 8.5-85 : Flux de travail de la capacité de charge du pont.....	91
Figure 8.5-86 : Structures types - PPT.....	95
Figure 8.5-87 : Structures types - PPF.....	96

Figure 8.5-88 : Structures types en treillis à tablier inférieur	97
Figure 8.5-89 : Exemple d'un bassin versant	101
Figure 8.5-90 : Vue d'ensemble des bassins versants le long du tracé du CFRBD.....	102
Figure 8.5-91 : Vue d'ensemble des bassins versants le long du tracé Grevet-Chapais.....	102
Figure 8.5-92 : Exemple d'un ponceau en TTO	105
Figure 8.5-93 : Exemple de ponceau en arc à plaque d'acier sans fond	105
Figure 8.5-94 : Résultat HY-8 pour le passage des ponceaux sous le tracé Grevet-Chapais	106
Figure 8.5-95 : Ponceau en TTO existant de 600 mm de diamètre traversant la plateforme Grevet-Chapais au PK 132.0	108
Figure 8.5-96 : Ponceaux en TTO existants de 1 000 mm et 600 mm de diamètre traversant la plateforme Grevet-Chapais	108
Figure 8.5-97 : Ponceau en TTO existant de $\pm 1\,500$ mm de diamètre traversant la plateforme Grevet-Chapais au PK 220.1	109
Figure 8.5-98 : Ponceaux en TTO existants de 3 x 2 400 mm traversant la plateforme Grevet- Chapais au PK 229.2.....	109
Figure 8.5-99 : Configuration du système de signalisation.....	113
Figure 8.5-100 : Vue schématique des lignes avec plusieurs installations	117
Figure 8.5-101 : Vue schématique des lignes avec des installations électriques	118
Figure 8.5-102 : Demande potentielle de transport évaluée dans le cadre du projet proposé	119
Figure 8.5-103 : Vitesse d'un train de marchandises circulant de Waskaganish à la voie d'évitement située au PK 60.....	123
Figure 8.5-104 : Détails de l'atelier d'entretien du matériel roulant	132
Figure 8.5-105 : Exemple d'un entrepôt de stockage : plan schématique	134
Figure 8.5-106 : Stockage et chargement : plan schématique (estimé et indicatif).....	134
Figure 8.5-107 : Conteneurs renforcés pour le transport de spodumène	136
Figure 8.5-108 : Grue (à gauche), empileur de conteneurs (à droite).....	137
Figure 8.5-109 : Wagon plat de 20 m (64 pi) transportant trois conteneurs ISO (en haut), trois REU (en bas).....	137
Figure 8.5-110 : Trémie couverte pour le transport en vrac du spodumène	138
Figure 8.5-111 : Wagon plat à parois de bout pour le transport des billes	139
Figure 8.5-112 : Wagon-tombereau pour copeaux de bois.....	140
Figure 8.5-113 : Wagon-tombereau avec couvercle en plastique.....	141
Figure 8.5-114 : Wagon plat de 27 m (89 pi)	142
Figure 8.5-115 : Conteneur-citerne type	144
Figure 8.5-116 : Wagon à ballast à fond mobile	145
Figure 8.5-117 : Wagon à ballast à déversement sur le côté	145
Figure 8.6-1 : Wagon couvert	146
Figure 8.6-2 : Locomotives typiques à forte puissance. Fabriquées par Progress Rail (gauche) et Wabtec (droite)	147
Figure 8.6-3 : Répartition des entretiens programmés des locomotives	150
Figure 8.6-4 : Camionnette (à gauche), camion de chemin de fer (à droite)	155
Figure 8.6-5 : Camion rail-route (à gauche), chariot d'entretien (à droite)	155
Figure 8.6-6 : Excavatrice de chemin de fer (à gauche), régaleuse à ballast (à droite)	155
Figure 8.6-7 : Organigramme du personnel ferroviaire.....	158
Figure 8.6-8 : Croissance prévue du trafic pendant la durée de vie du projet.	168

Figure 8.6-9 : Emplacements des gares	169
Figure 8.6-10 : Voiture type	174
Figure 8.6-11 : Voiture à groupe électrogène type	175
Figure 8.8-1 : Frais d'exploitation de la voie et des infrastructures M\$2022.....	193
Figure 8.8-2 : Coût d'entretien du matériel roulant	194
Figure 8.8-3 : Flux de trésorerie pour la construction du CFRBD. Tous les coûts sont en millions CAD.	195
Figure 8.8-4 : Flux de trésorerie pour la construction du chemin de fer Grevet-Chapais.....	195
Figure 8.8-5 : Flux de trésorerie pour les routes d'accès aux communautés et la Route du Nord	196
Figure 8.9-1 : Localisation des routes d'accès	197
Figure 8.9-2 : Courbe avec rayon trop petit au kilomètre 69 (Route du Nord)	203
Figure 8.9-3 : Courbe au kilomètre 242 (Route du Nord).....	203
Figure 8.9-4: Visibilité à l'intérieur d'une courbe	204
Figure 8.9-5: Exemple de profil entre les chaînages 240+498 à 240+743	206
Figure 8.9-6: Courbes verticales convexes et concaves.....	206
Figure 8.9-7 : Visibilité dans une courbe convexe	207
Figure 8.9-8 : Coupe transversale de la chaussée.....	208
Figure 8.9-9 : Ponceau inspecté sur la Route du Nord	210
Figure 8.9-10 : Site avec manque de glissière au droit d'un ponceau	211
Figure 8.9-11 : Exemple de panneau de signalisation pour la présence d'originaux	212
Figure 8.9-12 : Barrière de contrôle de la circulation	212
Figure 8.9-13 : Statistiques de vent et météo Eastmain River Airport-Windfinder.....	213
Figure 8.9-14 : Statistiques de vent et météo Aéroport de Chibougamau / Chapais-Windfinder	213
Figure 8.9-15 : Ligne de transmission électrique sur la Route du Nord	216
Figure 8.10-1 : Extrait de la carte interactive montrant les flux de trafic	220
Figure 8.10-2 : Carte des circuits de motoneige durables	221
Figure 8.10-3 : Section suggérée de la route de Mistissini	222
Figure 8.10-4 : Emplacement des options proposées	224
Figure 8.10-5 : Distribution des coûts de construction	230
Figure 8.10-6 : Distribution des coûts associés à la route	231
Figure 8.11-1 : Vue d'ensemble des subdivisions du CN	232
Figure 8.11-2 : Passage sur la subdivision Matagami (vitesse de 25 mi/h)	234
Figure 8.11-3 : Plan de réseau triennal du CN	235
Figure 8.11-4 : Comparaison du coût total en capital pour tous les scénarios	242
Figure 8.11-5 : Comparaison des frais d'exploitation et du capital de maintien pour les différents scénarios	243
Figure 8.11-6 : Photos du site du pont et de la route par VEI	246
Figure 8.11-7 : Proportion du coût du déplacement des routes forestières et des pistes de motoneige par rapport au coût total du projet.....	249
Figure 8.12-1 : Division du coût du capital - Voie ferrée	250
Figure 8.12-2 : Division du coût du capital - Routes	251

Liste des Annexes

- Annexe 6.1 – Géomorphologie et géotechnique
- Annexe 6.2 – Comparaison des projets ferroviaires
- Annexe 6.3 – Critères de conception ferroviaire
- Annexe 6.4 – Géométrie ferroviaire
- Annexe 6.5 – Schémas et profils ferroviaires
- Annexe 6.6 – Topographie
- Annexe 6.7 – Hydrologie et drainage ferroviaires
- Annexe 6.8 – Coupes transversales de terrassement ferroviaire
- Annexe 6.9 – Inspection du pont ferroviaire de Grevet Chapais
- Annexe 6.10 – Rapports d'évaluation de la charge des ponts ferroviaires
- Annexe 6.11 – Coûts unitaires détaillés des chemins de fer
- Annexe 6.12 – Liste des passages à niveau
- Annexe 6.13 – Planning de construction
- Annexe 6.14 – Mesures de protection de l'environnement
- Annexe 6.15 – Électrification ferroviaire complète
- Annexe 6.16 – Étude du sentier Grevet Chapais
- Annexe 6.17 – Forfait route Mistissini
- Annexe 6.18 – Propulsion électrique à batterie ferroviaire
- Annexe 6.19 – Estimé des coûts de construction de route
- Annexe 6.20 – État des ponceaux routiers
- Annexe 6.21 – Géométrie de la route
- Annexe 6.22 – Dessins de profil du plan de route
- Annexe 6.23 – Dossier Route du Nord
- Annexe 6.24 – Hydrologie des ponts
- Annexe 6.25 - Route d'accès Wemindji

8. ÉTUDE TECHNIQUE

8.1 ACRONYMES, ABRÉVIATIONS ET UNITÉS

Acronymes	Définition
\$	Dollar
\$ M	Million de dollars
%	Pourcentage
°C	Celsius
2D	Deux dimensions
3D	Trois dimensions
AACE	Association for the Advancement of Cost Engineering
AAR	Association of American Railroads
CA	Courant alternatif
ACS	Sous-système de contrôle d'accès
ADA	Advance Design America
AISC	American Institute of Steel Construction
AM	Ante Meridiem (avant-midi)
AREMA	American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association
ASTM	American Standard Test Method
ATS	Arrêt automatique du train
VTT	Véhicule tout-terrain
RBD	Route Billy Diamond
CFRBD	Chemin de fer potentiel le long de la route Billy Diamond
DB	Dureté Brinell
BMS	Travée à poutres
c', ϕ'	Paramètres de résistance drainée
CAD	Dollar canadien
CAPEX	Dépenses en capital
CBI	Système d'enclenchement informatisé
CTBC	Contrôle des trains basé sur les communications
TCF	Télévision en circuit fermé
CDC	Corporation de développement Crie
CGVD28	Système canadien de référence géodésique verticale de 1928
cm	Centimètre
CN	Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada
REFC	Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada
CSA	Canadian Standards Association (Association canadienne de normalisation)

Acronymes	Définition
TTO	Tuyau en tôle ondulée
SCRS	Système canadien de référence spatiale
LRS	Long rail soudé
CD	Conception détaillée
DGNSS	Système mondial de navigation par satellite différentiel
CM	Charge morte
PPT	Poutre à âme pleine à tablier
SPEE	Service de police Eeyou Eenou
PCE	Pneumatique à commande électronique
EIE	Évaluation de l'impact environnemental
NE	Normes européennes
EPA	Environmental Protection Agency
IAGC	Ingénierie, approvisionnement et gestion de la construction
SECT	Système européen de contrôle des trains
UE	Union européenne
FHWA	Federal Highway Administration
FS	Facteur de sécurité
pi	Pied
pi ²	Pied carré
BM	Bulletin(s) de marche
EG	Entrepreneur général
CFGC	Chemin de fer Grevet-Chapais
GES	Gaz à effet de serre
GMC	Gravier mal calibré
GPS	Global Positioning System (système mondial de localisation)
LGC	Levés géodésiques du Canada
GBC	Gravier bien calibré
GBC-GM	Gravier bien calibré avec limon
ha	Hectare
DBRC	Détecteurs de boîtes et de roues chaudes
PTR	Puissance de la tête de réseau
RHF	Rail à haute fréquence
TT	Traité thermiquement
HP	Cheval-puissance
h	Heure
HSM	Modules de sécurité de route

Acronymes	Définition
GEVL	Groupe d'entretien pour voie lourde
ID	Identifiant
IM	Impact
po	Pouce
ISO	International Organization for Standardization
IXL	Enclenchement (signalisation de la voie ferrée)
kg	Kilogramme
km	Kilomètre
km/h	Kilomètre par heure
kN	Kilonewton
kN/m ³	Kilonewton par mètre cube
PK	Point kilométrique
kPa	Kilopascal
ksi	Kilo/livre par pouce carré
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
LAN	Réseau local
lb	Livre (masse)
LIDAR	Identification, détection et télémétrie par laser
pi lin	Pied linéaire
LL	Surcharge
URV	Unité remplaçable sur la voie
ELT	Évolution à long terme
m	Mètre
M	Million
m/s	Mètre par seconde
m ²	Mètre carré
m ³	Mètre cube
max.	Maximum
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques
MEP	Mécanique, électricité et plomberie
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
min	Minute
min.	Minimum
mm	Millimètre

Acronymes	Définition
EVF	Entretien de la voie ferrée
mi/h	Milles par heure
MGF	Manuel de génie ferroviaire
TPM	Temps de parcours minimum
MSCN	Réseau de communications multiservices
MTU	Mercator transverse universel
MTMDET	Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec
MTPA	Million de tonnes par année
MTMD	Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec
MRFN	Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
MW	Mégawatt
N	Nord
S.O.	Sans objet
NAD83	Système nord-américain de référence géodésique 1983
CNBC	Code national du bâtiment du Canada
SGR	Système de gestion de réseau
No	Numéro
AMO	Avis de mise en œuvre
SNT	Système national de topographie
Ø	Diamètre
CCO	Centre de contrôle des opérations
SCA	Système de caténaire aérien
IP	Ingénieur du propriétaire
FEO	Fabricant d'équipement d'origine
OPEX	Coûts d'exploitation
AMS	Accélération maximale au sol
GPGF	Guide pratique du génie ferroviaire
VMS	Vélocité maximal au sol
PM	Post Méridien (après-midi)
OGP	Opérations de gestion de projet
psi	Livre-force par pouce carré
CIT	Commande intégrale des trains
PIZ	Panoramique, inclinaison et zoom
SCR	Sous-système de communication radio
REU	Conteneur renforcé
AO	Appel d'offres

Acronymes	Définition
DP	Demande de prix
EF	Emprise ferroviaire
CTF	Contrôleur de trafic ferroviaire (répartiteur)
V	Vitesse
APN	Aiguillage et passage à niveau
ST	Signalisation et télécommunications
AS	Accélération spectrale
SCAD	Sous-système de contrôle et d'acquisition de données
SCS	Service de conservation du sol
SDBJ	Société de développement de la Baie-James
SFNQ	Société ferroviaire du Nord québécois
SIG/TEL	Signalisation et télécommunications
NIS	Niveau d'intégrité de la sécurité
Sr	Charge de pluie associée de 1 sur 50 ans
Ss	Charge de neige associée de 1 sur 50 ans
su, cu	Résistance au cisaillement non drainé
t/m ³	Tonne par mètre cube
AD	À déterminer
TC	Transport Canada
RTRP	Radio terrestre à ressources partagées
RIT	Réseau irrégulier triangulé
GEV	Groupe d'entretien pour voie
POVF	Permis d'occupation de la voie ferrée
LS	Longeron supérieur
TPA	Tonne par année
CPT	Calculateur de performance des trains
PPF	Poutre à âme pleine à tablier inférieur
TTI	Treillis à tablier inférieur
VEI	Consortium Vision Eeyou Istchee
PFV	Piézomètre à fil vibrant
O	Ouest
T	Toilette
RE	Réseau étendu
DDR	Détecteurs de défauts de roues
SPRD	Système de pesage routier dynamique
XXX+XXX.XX	Chaînage des points kilométriques

8.2 CHAMP D'APPLICATION ET OBJECTIF

Ce volume décrit l'ensemble des travaux d'ingénierie visant à évaluer la faisabilité des infrastructures proposées dans la phase 1, notamment :

- L'amélioration des routes d'accès entre la route Billy-Diamond et les communautés crie de Waskaganish, d'Eastmain et de Wemindji.
- L'amélioration de la route d'accès entre la Route du Nord et la communauté crie de Nemaska.
- Une ligne de chemin de fer suivant, dans la mesure du possible, la route Billy-Diamond entre la ville de Matagami et le km 253 (pont de la rivière Rupert) de la route.
- La remise en service de la voie ferrée abandonnée entre Grevet (Lebel-sur-Quévillon) et Chapais (longueur approximative de 165 km).
- Des zones de transbordement le long de la route Billy-Diamond et des corridors ferroviaires Grevet-Chapais. Localisées aux environs du km 238 pour le Billy Diamond et à Chapais, pour la ligne Grevet Chapais.

Dans l'exécution de son travail, l'équipe de l'étude a réalisé les activités suivantes :

- La planification du travail technique sur le terrain;
- La réalisation d'enquêtes visuelles;
- L'interprétation des photos, calibrage;
- La validation de l'imagerie LIDAR;
- La préparation de la documentation pour les travaux d'échantillonnage géotechnique;
- La préparation d'un inventaire des agrégats;
- La collaboration avec les AIC par le biais d'ateliers et de réunions;
- La préparation des recommandations préliminaires relatives à la conception, à l'exploitation et à l'entretien de l'infrastructure ferroviaire (pour le trafic de marchandises et de voyageurs) sur la base des résultats de l'étude de marché et du travail sur le terrain;
- L'établissement des échéances et des coûts globaux liés à la construction de l'infrastructure.

8.3 ÉTUDE GÉOTECHNIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

Dans le cadre de l'étude de faisabilité, l'étendue des travaux comprenait la réalisation d'une étude géotechnique préliminaire pour chacun des corridors d'infrastructure de transport du projet.

L'étude géotechnique préliminaire a été réalisée pour déterminer les caractéristiques du site en ce qui concerne la nature et les propriétés des matériaux granulaires en place, des dépôts de sol organique, du substratum rocheux et des sols minéraux indigènes. Les informations recueillies au cours de cette enquête ont été utilisées pour estimer les conditions de base in situ sur les différents sites qui alimentent l'étude de faisabilité pour la modernisation de ces infrastructures de transport.

Des études géotechniques préliminaires ont été menées pour les infrastructures de transport suivantes :

- Le chemin de fer potentiel le long de la route Billy Diamond;
- Le chemin de fer potentiel entre Grevet et Chapais;
- La route d'accès aux communautés (Eastmain, Waskaganish, Wemindji et Nemaska), et;
- La route du Nord.

Avant d’entreprendre des travaux géotechniques sur le territoire visé, Vision Eeyou Istchee s’est assurée d’obtenir les autorisations et permis nécessaires à l’exécution des travaux :

- L’utilisation du sol (MERN);
- La coupe de bois (MFFP, MRNF), et
- Les forages dans les zones humides et à proximité des cours d’eau (Déclaration de conformité – MELCC).

Toutes les activités menées sur le territoire (occupation du sol, coupe de bois, puits d’exploration et forage) ont été réalisées dans le respect des lois et règlements en vigueur au moment de la rédaction du présent rapport.

Avant d’entamer les travaux de terrain intrusifs, y compris les études géotechniques préliminaires, nous avons déposé une demande auprès d’Info-Excavation et auprès des propriétaires des sites afin d’identifier les services publics souterrains présents à proximité des sites d’exploration. En outre, les employés qui ont participé à ce projet se sont familiarisés avec toutes les pratiques de travail sûres (PTS) et avec le plan de santé et de sécurité avant de commencer le travail sur le terrain. De plus, la liste de contrôle en matière de santé et de sécurité avant les travaux, qui identifie les risques en matière de santé et de sécurité, a été remplie et signée par tous les participants au travail sur le terrain, y compris les sous-traitants.

Des études géotechniques préliminaires ont été menées sur le site de la mi-février à la mi-novembre 2022 (32 semaines au total). Le Tableau 8.3-1 ci-dessous résume toutes les enquêtes géotechniques sur le terrain qui ont été effectuées dans le cadre de ce projet.

Tableau 8.3-1 : Résumé de l’enquête géotechnique préliminaire

Infrastructure de transport	Enquête géotechnique préliminaire
Route d’accès à Waskaganish	15 forages avec gestion du trafic routier
Route d’accès à Eastmain	14 forages avec gestion du trafic routier
Route d’accès à Wemindji	15 forages avec gestion du trafic routier
Route d’accès à Nemaska	4 forages avec gestion du trafic routier
Route du Nord	153 forages avec gestion du trafic routier
Chemin de fer potentiel le long de la RBD	41 forages et 198 trous de test manuel dans la tourbe
Chemin de fer Grevet-Chapais	35 forages

Les emplacements des forages ont été choisis de manière à obtenir une caractérisation représentative des conditions in situ en ce qui concerne les points bas, les ponceaux, les ponts, les cours d’eau, les tourbières et les remblais. Pour ce qui est de la route, les forages ont été généralement positionnés à des intervalles réguliers de 3 à 5 km sur la route. Tous les forages ont été positionnés sur le site par le biais d’un GPS portatif avec une précision de 3 m avant le forage. Lorsque les forages ont été réalisés à un endroit différent de celui initialement prévu, les nouvelles coordonnées ont été enregistrées par le technicien sur le terrain, mais aucune élévation géodésique n’a été mesurée. Tous les forages ont été effectués directement sur la surface du sol ou sur la surface du gravier des routes. Toutes les profondeurs mentionnées dans les rapports géotechniques se réfèrent à la surface au moment des travaux en « mètres sous la surface du sol ».

Tous les échantillons de sol géotechnique prélevés dans les trous de forage ont été placés dans des sacs résistants à l’humidité, étiquetés de manière appropriée et renvoyés au laboratoire pour un examen visuel détaillé, une

classification géotechnique et des analyses géotechniques en laboratoire. Tous ces résultats sont discutés dans les rapports géotechniques présentés en annexe de ce rapport (Volume 6). Tous les échantillons de sol seront stockés pendant une période de 12 mois après la publication du rapport final. Les échantillons sont ensuite éliminés, sauf indication contraire.

La cartographie des matériaux superficiels a été réalisée le long d'un corridor de 250 m de large centré sur les tracés potentiels du CFRBD et de la Route du Nord. La cartographie des matériaux superficiels fait appel à la formation, à l'expérience et au jugement d'experts pour l'identification et la délimitation des formes géomorphologiques visibles à la surface de la terre afin d'interpréter et de classer le paysage. Elle constitue la base de l'étude géotechnique et aide à la prise de décision dans le cadre des phases suivantes du projet. La cartographie finale a été mise à jour sur la base des résultats de l'étude géotechnique sur le terrain.

Toutes ces informations sont rassemblées dans plusieurs rapports géotechniques consacrés à chaque infrastructure. Les rapports suivants sont présentés en annexe du présent rapport (volume 6.1) :

- Enquête géotechnique préliminaire : route d'accès à Waskaganish;
- Enquête géotechnique préliminaire : route d'accès à Eastmain;
- Enquête géotechnique préliminaire : route d'accès à Wemindji;
- Enquête géotechnique préliminaire : route d'accès à Nemaska;
- Enquête géotechnique préliminaire : Route du Nord;
- Enquête géotechnique préliminaire : chemin de fer potentiel le long de la RBD;
- Enquête géotechnique préliminaire : chemin de fer Grevet-Chapais.

En outre, tous ces rapports fournissent des informations techniques sur les aspects de la conception géotechnique des différentes infrastructures, sur la base de notre interprétation des informations disponibles sur le sous-sol et de notre compréhension des exigences du projet. Les informations suivantes sont fournies dans chaque rapport :

- Une introduction précisant l'étendue des travaux et une description de l'infrastructure spécifique;
- La méthodologie des différents aspects de l'étude géotechnique préliminaire (localisation des services publics, santé et sécurité, enquête sur le terrain, étude du site et essais en laboratoire);
- Les résultats comprenant une description de la stratigraphie du sous-sol, des matériaux granulaires en place et des eaux souterraines);
- Les discussions et les recommandations concernant les sols en place et la conception préliminaire.

Les discussions et les recommandations présentées dans ces rapports ont pour but de fournir aux concepteurs des informations fonctionnelles à des fins de planification et de conception préliminaire uniquement. De plus, ces informations seront examinées avec les maîtres de trappage cris et les utilisateurs du sol afin de leur permettre de valider les informations collectées ainsi que toute autre information pertinente. Une étude géotechnique détaillée et un rapport de conception, comprenant des forages supplémentaires, seront nécessaires avant ou pendant la phase de conception finale du projet pour chacune des infrastructures de transport.

8.4 SOURCES POTENTIELLES D'EMPRUNT ET D'EXTRACTION

L'un des objectifs de l'étude de faisabilité était d'évaluer la disponibilité des matériaux d'emprunt (c'est-à-dire les sources d'emprunt granulaire et les carrières de roches) pour répondre aux besoins du projet pour la construction et/ou l'amélioration des différentes infrastructures.

À cette fin, une évaluation préliminaire des sources d'emprunt potentielles et des sites d'extraction a été réalisée pour les principales infrastructures incluses dans la phase I :

- Chemin de fer potentiel le long de la RBD;
- Chemin de fer Grevet-Chapais;
- Route d'accès aux communautés (Eastmain, Waskaganish, Wemindji et Nemaska); et,
- Route du Nord.

L'évaluation préliminaire a été réalisée à partir de l'interprétation de photos, de données LIDAR et DEM (digital elevation model) disponibles, ainsi que d'images récentes accessibles au public (Google Earth et Esri World Imagery), afin d'identifier les formes de terrain susceptibles d'être favorables à l'extraction de matériaux d'emprunt (matériaux granulaires) ou de roches mères. Le nombre de sites potentiels identifiés a été déterminé sur la base des besoins en matériaux pour la construction de chaque infrastructure de transport, qui se composent essentiellement de MG-112 et de pierre concassée pour la couche base/sous-base et le ballast/sous-ballast. Il ne s'agit pas d'un inventaire exhaustif de tous les matériaux disponibles. Sur la base des résultats de l'évaluation préliminaire, une étude géotechnique sur le terrain a été planifiée pour évaluer la qualité et la quantité de matériaux d'emprunt (volume) du site délimité. Le nombre de sites, et leur statut, identifiés le long de chacune des infrastructures de transport incluses dans la phase 1 est résumé dans le Tableau 8.4-1

Tableau 8.4-1 : Résumé des sources potentielles d'emprunt et d'extraction identifiées le long de l'infrastructure de transport (phase I)

Infrastructure	Sources potentielles d'emprunt			Sites potentiels d'extraction		
	Existantes	Nouvelles	Sélectionnées pour l'enquête géotechnique	Existants	Nouveaux	Sélectionnés pour l'enquête géotechnique
Chemin de fer potentiel le long de la RBD	4	1	5	2	4	6
Chemin de fer Grevet-Chapais	2		2		3	3
Route d'accès à Waskaganish	1	3		2		2
Route d'accès à Eastmain		3	2		1	1
Route d'accès à Wemindji	1	4	-	1	3	2
Route d'accès à Nemaska	1		-	1		1
Route du Nord	10	1	S.O.	3	5	S.O.

L'objectif initial de l'enquête géotechnique était de procéder à l'exploration de vingt-trois (23) sites. L'autorisation d'accès ayant été refusée pour l'un d'entre eux, vingt-deux (22) sites au total ont été examinés. Parmi ceux-ci, neuf (9) étaient des dépôts granulaires potentiels et quinze (15) étaient des sites potentiels d'extraction. La réalisation d'une étude géotechnique sur le terrain pour les sources d'emprunt potentielles et les sites d'extraction identifiés le long de la Route du Nord ne faisait pas partie de ce mandat. Le résumé du programme d'enquête sur le terrain est présenté dans le Tableau 8.4-2

Tableau 8.4-2 : Résumé des enquêtes sur le terrain concernant les sources d'emprunt (matériaux granulaires et roche-mère)

Infrastructure de transport		Nombre de sites d'extraction potentiels étudiés	Nombre de forages	Nombre de sources d'emprunt potentielles étudiées	Nombre de puits d'essai
Chemins de fer	Grevet-Chapais	3	6	2	16
	Chemin de fer potentiel le long de la RBD	6	12	5	38
Routes d'accès aux communautés	Nemaska	1	2	-	-
	Waskaganish	2	4	-	-
	Eastmain	1	2	-	-
	Wemindji	2	4	-	-

Sur la base de l'évaluation préliminaire et des résultats de l'étude géotechnique sur le terrain, un rapport spécifique a été préparé pour chacune des infrastructures de transport ciblées dans le cadre de la phase I. Les informations suivantes sont fournies dans chaque rapport :

- Une introduction précisant l'étendue des travaux et les besoins en matériel pour l'infrastructure spécifique;
- La méthodologie des différents aspects de l'évaluation (évaluation préliminaire, étude géotechnique sur le terrain, essais en laboratoire, calcul du volume potentiel de matériaux appropriés et classification du potentiel du site);
- Les résultats comprenant une description de chaque site délimité, de la zone, de l'épaisseur de matériau attendue, des contraintes environnementales, de l'enquête sur le terrain et des résultats de laboratoire, ainsi qu'une estimation du volume potentiel de matériau approprié;
- Les discussions et les conclusions concernant le bilan des matériaux par rapport aux besoins en matériaux et aux volumes disponibles pour différents types (matériaux granulaires et roche-mère).

En outre, une série d'annexes fournit une carte de localisation générale et une illustration spécifique à chaque site, les rapports des puits d'essai et des forages, les résultats détaillés des essais en laboratoire et un album photographique des matériaux excavés et des carottes de roche-mère.

Les rapports suivants sont présentés dans l'annexe 6.1:

- Sources potentielles d'emprunt et d'extraction – chemin de fer potentiel le long de la RBD (Matagami au pont de la rivière Rupert);
- Sources potentielles d'emprunt et d'extraction – chemin de fer potentiel de Grevet-Chapais;
- Sources potentielles d'emprunt et d'extraction – route d'accès à Waskaganish;
- Sources potentielles d'emprunt et d'extraction – route d'accès à Eastmain
- Sources potentielles d'emprunt et d'extraction – route d'accès à Wemindji;
- Sources potentielles d'emprunt et d'extraction – route d'accès à Nemaska;
- Sources potentielles d'emprunt et d'extraction – Route du Nord.

8.5 CHEMIN DE FER PROPOSÉ LE LONG DE LA ROUTE BILLY DIAMOND ET CHEMIN DE FER DE GREVET-CHAPAIS

8.5.1 Historique de la voie ferrée Grevet-Chapais

Chapais et Chibougamau sont deux petites villes isolées du nord du Québec. Leur économie repose sur l'exploitation minière et forestière. Le nord du Québec est riche en minéraux précieux, et les villes de Chapais et de Chibougamau sont toutes les deux situées sur une faille minéralisée.

En 1946, la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CNR) a décidé d'ouvrir l'accès aux terres situées au nord du Chemin de fer national transcontinental dans la région de Senneterre, au Québec. Cette décision a été prise après la fin de la Seconde Guerre mondiale en raison de la nécessité de disposer de plus de terres arables pour les vétérans et leurs épouses qui rentraient au pays et de la nécessité de disposer de bois pour les travaux de réaménagement d'après-guerre.

La construction a commencé à Barraute, au Québec, sur le Chemin de fer national transcontinental, en 1947. La ligne, longue de 63 km, a été achevée en 1948 jusqu'à un point proche de la rivière Bell, un terminus connu sous le nom de Beattyville. Plus tard, il fut décidé de prolonger cette ligne jusqu'à Chibougamau, et la construction de ce prolongement de 259 km commença en 1954. La ligne a été officiellement ouverte le 7 octobre 1957 sous le nom de subdivision CN Chapais. La cérémonie d'ouverture officielle a eu lieu à Chibougamau le 6 novembre 1957. Le CN exploite des trains mixtes combinant le transport de voyageurs et de marchandises dans la subdivision de Chapais.



Figure 8.5-1: Carte des subdivisions actuelles du CN (en bleu) dans la région de Chibougamau-Senneterre

Le minerai concentré est le principal produit transporté vers l'ouest par le CN depuis Chapais et Chibougamau, suivi du bois d'œuvre et des sous-produits de la transformation du bois d'œuvre, tels que les copeaux de bois utilisés

pour fabriquer du papier. Entre 1983 et 1986, la subdivision de Chapais a transporté en moyenne 11 500 wagons par an.

Cependant, à partir de la fin des années 1980, les activités minières ont décliné dans la région de Chapais-Chibougamau. La mine d'Opemiska était un important fournisseur de minerai de cuivre et d'or transporté par la subdivision de Chapais jusqu'à la fonderie Horne à Rouyn-Noranda. Sa fermeture en 1991 a entraîné une baisse importante de la demande de transport ferroviaire et une perte de revenus pour le CN. D'autres utilisateurs de la région, comme Hydro-Québec, ont également commencé à utiliser le réseau routier, notamment la route 113, pour le transport des matériaux de construction de leurs différents projets.

En conséquence, le CN a moins investi dans l'entretien des infrastructures; les wagons et les voies se sont détériorés sur le tronçon Franquet-Chapais, et la vitesse des trains a été réduite, ce qui a poussé les utilisateurs restants à recourir au camionnage plutôt qu'au transport ferroviaire. Dès 1986, le CN avait pris la décision d'abandonner le tronçon Franquet-Chapais. Cependant, le chemin de fer avait déjà laissé son empreinte sur la région environnante; étant donné que le chemin de fer était le premier couloir de transport ouvert sur le territoire, de nombreuses personnes ont établi leurs terres autour du couloir ferroviaire.



Figure 8.5-2 : Train de marchandises du CN chargeant du concentré de minerai à la mine de Chapais, 1976

La route Billy Diamond a été construite initialement pour faciliter la construction du projet hydroélectrique de la Baie-James dans les années 1970. La route de 620 km qui s'étend de Matagami, au sud, et à Radisson, au nord, constitue un lien essentiel pour les passagers et les marchandises qui traversent le territoire, car elle relie de nombreuses communautés criées qui s'écartent de la route principale.

8.5.2 Vue d'ensemble

Un aperçu des projets de chemins de fer Billy Diamond et Grevet-Chapais est présenté ci-dessous : Le chemin de fer potentiel le long de la route Billy Diamond (CFRBD) en haut à gauche, et le chemin de fer Grevet-Chapais en bas à droite.

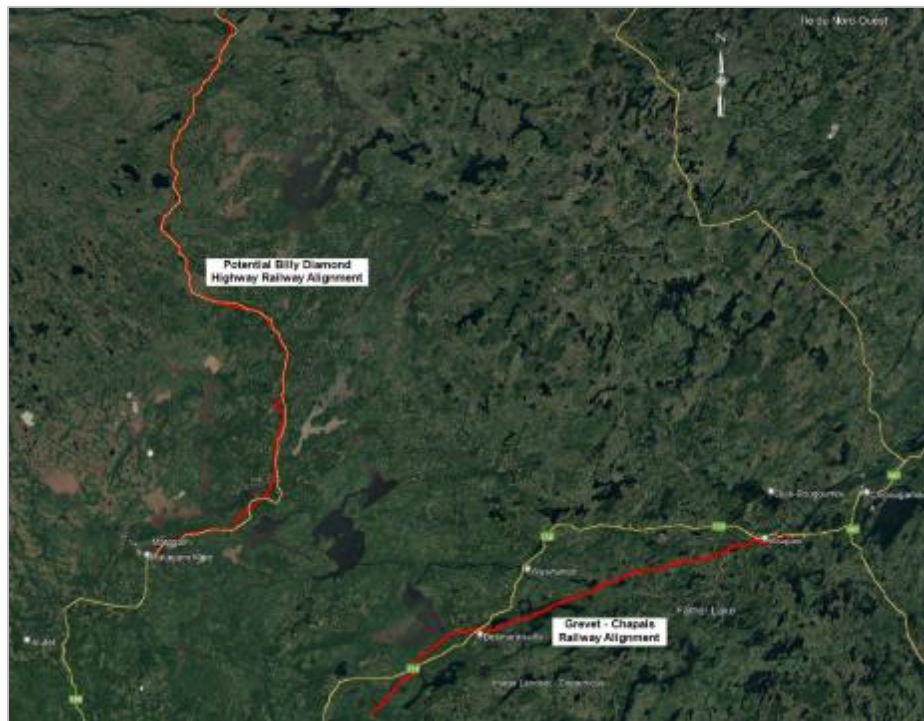


Figure 8.5-3 : Vue d'ensemble des chemins de fer

8.5.3 Conditions environnementales

Les données de température et de précipitations pour Matagami et pour Chapais sont fournies dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.5-1 : Conditions environnementales à Matagami et à Chapais¹

Description	Matagami	Chapais
Température maximum moyenne quotidienne	5,5 °C	5,2 °C
Température minimum moyenne quotidienne	-6,9 °C	-5,2 °C
Température extrême maximum	39,4 °C	35 °C
Température extrême minimum	-44,1 °C	-43,3 °C
Plage de température	-23 ; 24°C	-24;22 °C
Précipitations maximales quotidiennes extrêmes (pluie)	73,7 mm	75 mm
Précipitations maximales quotidiennes extrêmes (neige)	37,2 cm	32,4 cm
Précipitations annuelles moyennes (pluie)	617,7 mm	659,7 mm
Précipitations annuelles moyennes (neige)	313,8 cm	301,7 cm

¹ Source: eldoradoweather.com

Code national du bâtiment du Canada (CNBC) fournit des données climatiques pour Val-d'Or, qui est l'endroit le plus proche de la route Billy Diamond et du chemin de fer Grevet-Chapais. Les données climatiques de Val-d'Or seront utilisées pour la conception des structures des deux chemins de fer.

Tableau 8.5-2 : Données sur le vent à Val-d'Or²

Emplacement	Température de calcul janvier	Température de calcul juillet Sec, humide	15 min. de pluie (mm)	Un jour de pluie 1/50 (mm)	Pluies annuelles (mm)	Précipitations annuelles (mm)	Charge de neige, kPa 1/50 Ss, Sr	Pression horaire du vent, kPa 1/10, 1/50
Val-d'Or	-36	29, 21	20	86	640	925	3,4, 0,3	0,25, 0,32

Les données sismiques de Val-d'Or seront également utilisées pour le CFRBD et le CFGC.

Tableau 8.5-3 : Données sismiques à Val-d'Or³

Sa(0,2)	Sa(0,5)	Sa(1,0)	Sa(2,0)	Sa(5,0)	Sa(10,0)	AMS	VMS
0,135	0,093	0,056	0,029	0,0076	0,0032	0,081	0,074

La classe du site géotechnique C sera considérée pour les calculs sismiques jusqu'à ce que l'étude géotechnique révèle le contraire.

8.5.4 Emprise ferroviaire (EF)

L'emprise ferroviaire (EF) proposée est la zone de terrain occupée par le projet proposé. Elle est définie par trois paramètres essentiels qui sont le tracé horizontal, le profil en long (tracé vertical) et les sections transversales types utilisées.

- Le tracé horizontal obéit à plusieurs considérations, à savoir les critères géométriques utilisés, le coût des travaux, les contraintes et les obstacles rencontrés le long du tracé choisi.
- Le profil longitudinal est également défini par les critères géométriques verticaux spécifiés et leur combinaison avec les critères d'alignement horizontal. Il est élaboré compte tenu des coûts de construction et dans le but de minimiser l'impact des contraintes inévitables le long de l'itinéraire.
- Les sections transversales types sont appliquées à la conception de sections homogènes ayant des caractéristiques similaires. Ces caractéristiques sont définies par les conditions géotechniques, la présence de tourbières, la hauteur des remblais et des déblais, et les conditions du sol sous-jacent.

Pour la ligne du CFRBD, la superficie de l'emprise est d'environ 732 ha. Cette superficie comprend deux gares de triage, deux gares et trois voies d'évitement.

Pour la ligne Grevet-Chapais, l'emprise au sol estimée est de 592 ha; elle est définie par l'emprise au sol existante selon les plans CN en notre possession et les surfaces supplémentaires occupées par une cour de triage, deux gares de voyageurs et deux voies d'évitement.

² Source: National Research Council Canada

³ Source: National Research Council Canada

8.5.5 Clôture

L'installation de clôtures n'a pas été envisagée pour l'emprise ferroviaire générale de la voie ferrée, car son utilisation présente des obstacles importants aux déplacements de la faune et des utilisateurs cris du territoire. Toutefois, des clôtures sont également nécessaires pour empêcher ou contrôler l'accès du public aux endroits où il existe des problèmes de sécurité particuliers que l'on peut mieux gérer en empêchant ou en contrôlant l'accès du public, tels que les gares de marchandises, les gares de voyageurs, les voies d'évitement et les abords des ponts. La longueur de la clôture pour le CFRBD est d'environ 7 300 m de fil métallique tressé de 1,2 m (4 pi) et 10 300 m de clôture à maille de 1,8 m (6 pi); et pour le GC, elle est d'environ 4 200 m de fil métallique tissé de 1,2 m (4 pi) et 3 700 m de clôture à maille de 1,8 m (6 pi).

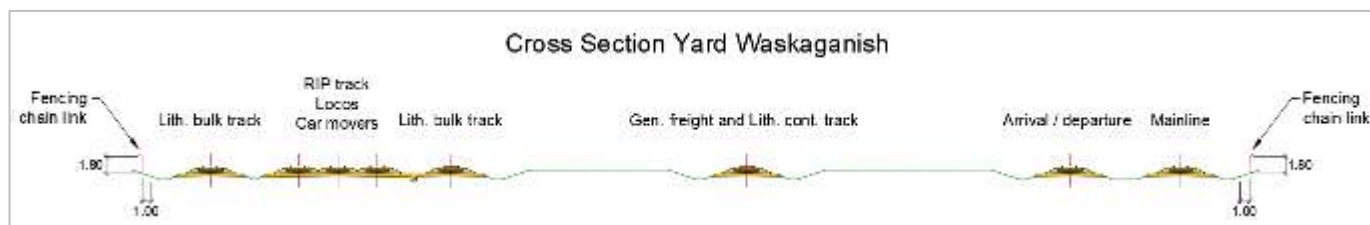


Figure 8.5-4 : Exemple d'emplacement typique d'une clôture

8.5.6 Végétation et faune

Les Cris interagissent avec la végétation et la faune locale depuis des temps immémoriaux, et nombre de ces espèces est encore aujourd'hui très appréciée par les Cris. Il est donc essentiel que le projet CFRBD proposé réduise autant que possible l'impact sur la végétation et la faune.

Le projet CFRBD proposé est situé entre les parallèles 49°40' et 51°20' dans la zone boréale du Québec, qui est principalement composée de forêts d'épinettes noires et d'hypnacées, le plus grand domaine bioclimatique du Québec (433 600 km²), couvrant 28,4 % du territoire québécois. Avec une température moyenne annuelle de -2,5°C à 0°C, sa flore ne dispose que de 100 à 150 jours par an pour se développer. Seules 10 essences d'arbres composent sa canopée forestière, mais la diversité de la flore vasculaire atteint tout de même 850 essences. La forêt contient des essences denses et presque pures d'épicéa noir (*Picea mariana*) avec des hypnacées (*Hypnales*) poussant sur les sites mésiques à mi-pente de la région. Les autres conifères présents sont le pin gris (*Pinus banksiana*), le sapin baumier (*Abies balsamea*) et le mélèze laricin (*Larix laricina*). Les feuillus à larges feuilles caduques comprennent le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*), le peuplier baumier (*Populus balsamifera*) et le bouleau blanc (*Betula papyrifera*). Les plantes herbacées (notamment la *Clitonia borealis*, le maianthemum du Canada et la pétasite palmée) et les plantes éricacées (myrtilles, tétraonières du Groenland et kalmia à feuilles étroites – crevard de mouton) sont fréquemment présentes sous la canopée, tandis que les mousses et les sphaignes de diverses espèces couvrent une partie considérable du sol forestier.



Figure 8.5-5 : Zone compacte d'écépées noirs PK 55

Près de la moitié des oiseaux d'Amérique du Nord dépendent de la forêt boréale à certaines périodes de l'année. Plusieurs espèces migrent du sud vers la forêt boréale où elles se reproduisent, comme les oiseaux de rivage : des cygnes, des oies, des canards, des huards, des grèbes, des râles, des mouettes, des martins-pêcheurs, des grues et aussi de petits oiseaux tels que des fauvettes, des viréos, des grives, des roitelets, des gros-becs, des moineaux et des moucherolles. D'autres espèces d'oiseaux, comme les pics, les pinsons, les sittelles, les mésanges, les hiboux, les téttras et les corbeaux, peuvent vivre toute l'année dans la forêt boréale parce qu'ils se sont adaptés au climat.

La forêt boréale abrite de nombreuses espèces de mammifères, dont l'orignal, le caribou des bois, l'ours noir et le loup, et des espèces plus petites, comme le castor, le lynx roux, l'écureuil roux, le lemming et le campagnol.

La forêt boréale canadienne abrite environ 130 espèces de poissons. La plupart des espèces de poissons de la région boréale sont petites, comme les vairons et les épinoches. Les espèces de plus grande taille, notamment le doré jaune, le grand brochet, le touladi, l'ombre arctique, la perche jaune, l'omble de fontaine, le corégone et la lotte, font partie des poissons de pêche sportive les plus courants.

La forêt boréale a été fortement touchée par l'activité humaine, et les grandes zones déboisées y sont nombreuses.



Figure 8.5-6 : Zone déboisée, environ PK 77

Entre PK 118+400⁴ et PK 224+300 (marqué par une ellipse rouge dans l'illustration ci-dessous), il y a une forte densité de caribous des bois (points verts sur la carte). Le tracé de la voie ferrée dans cette section a été conçu pour être aussi proche que possible de l'autoroute Billy Diamond afin d'éviter de piéger les caribous et de prévenir leur concentration dans l'espace résultant entre l'autoroute et la voie ferrée projetée ainsi, leur permettre de traverser plus facilement. Le caribou est une espèce en voie de disparition, et la directive était de limiter l'impact du tracé proposé sur la population de caribous.

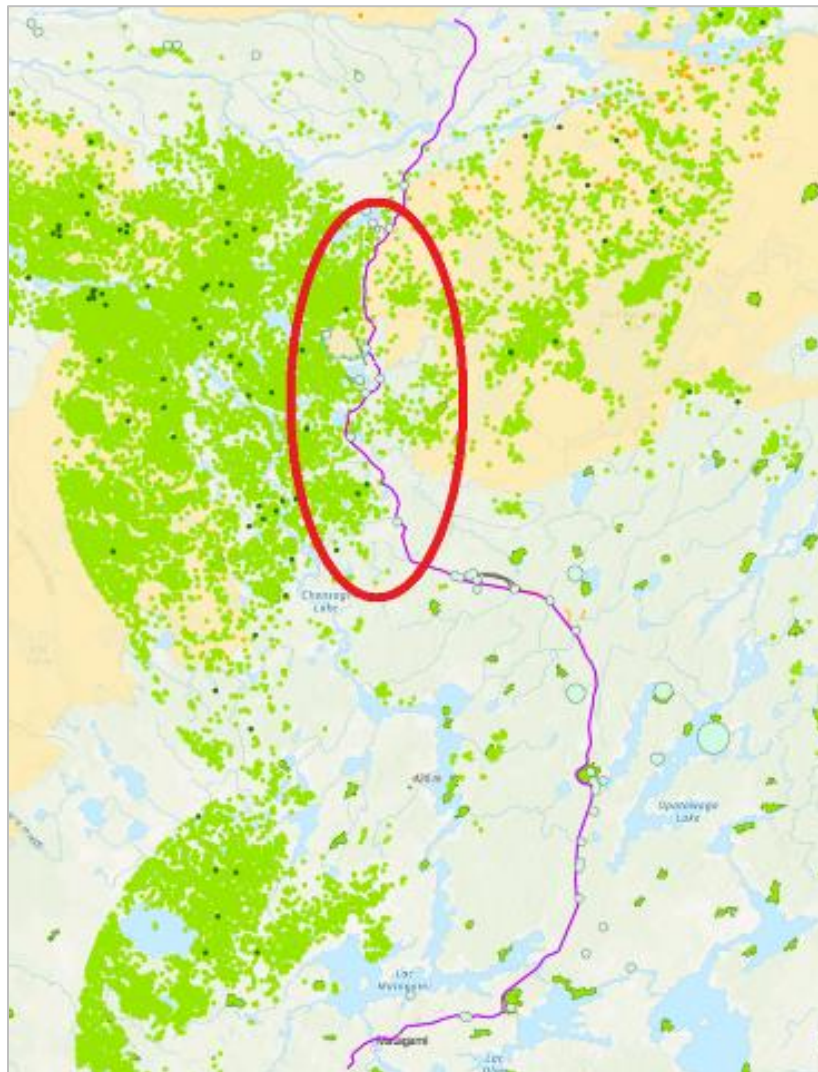


Figure 8.5-7 : Distribution du caribou des bois

8.5.7 Zones humides

Environ 50 à 60 % du territoire traversé représente des zones humides. Les zones humides sont représentées par des zones d'eau peu profonde (étangs, lacs), des marais et diverses tourbières. Les zones humides sont des écosystèmes d'une grande biodiversité. Principalement parce qu'il s'agit de milieux en partie terrestres et en partie

⁴ La nomenclature ferroviaire standard pour les chaînages (points kilométriques) est utilisée dans cette section. Elle n'utilise pas de point décimal. PK 118+400 devrait être lu comme étant 118 kilomètres et 400 mètres.

aquatiques. Elles offrent donc une grande variété de conditions environnementales et diverses sources de nutriments.

Au moins 25 % de la superficie des marais et des tourbières est couverte d'arbres ou d'arbustes.

Les zones humides revêtent une grande importance culturelle pour les Cris, qui ont une connaissance approfondie de leur écologie et dont ils dépendent notamment pour la chasse au gibier d'eau et le piégeage des castors. C'est sur cette base qu'il existe plusieurs lois et règlements qui les protègent. L'Assemblée nationale a adopté le projet de loi 132, intitulé « Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques ». Afin de freiner la perte de zones humides et de plans d'eau au Québec et de viser des gains nets dans ce domaine, le principe d'aucune perte nette est placé au cœur de la Loi. Cela permet de conserver, de restaurer ou de créer de nouveaux milieux pour compenser la perte inévitable de zones humides et de plans d'eau et de planifier le développement du territoire dans une perspective de bassin versant, en tenant davantage compte des fonctions de ces milieux essentiels comme illustré à la figure suivante à l'aide de données provenant du Ministère de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques de la Faune et des Parcs du Québec le long du CHFRBD.

D'autres lois protègent les zones humides : La Loi sur la qualité de l'environnement et la Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et promouvant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés.

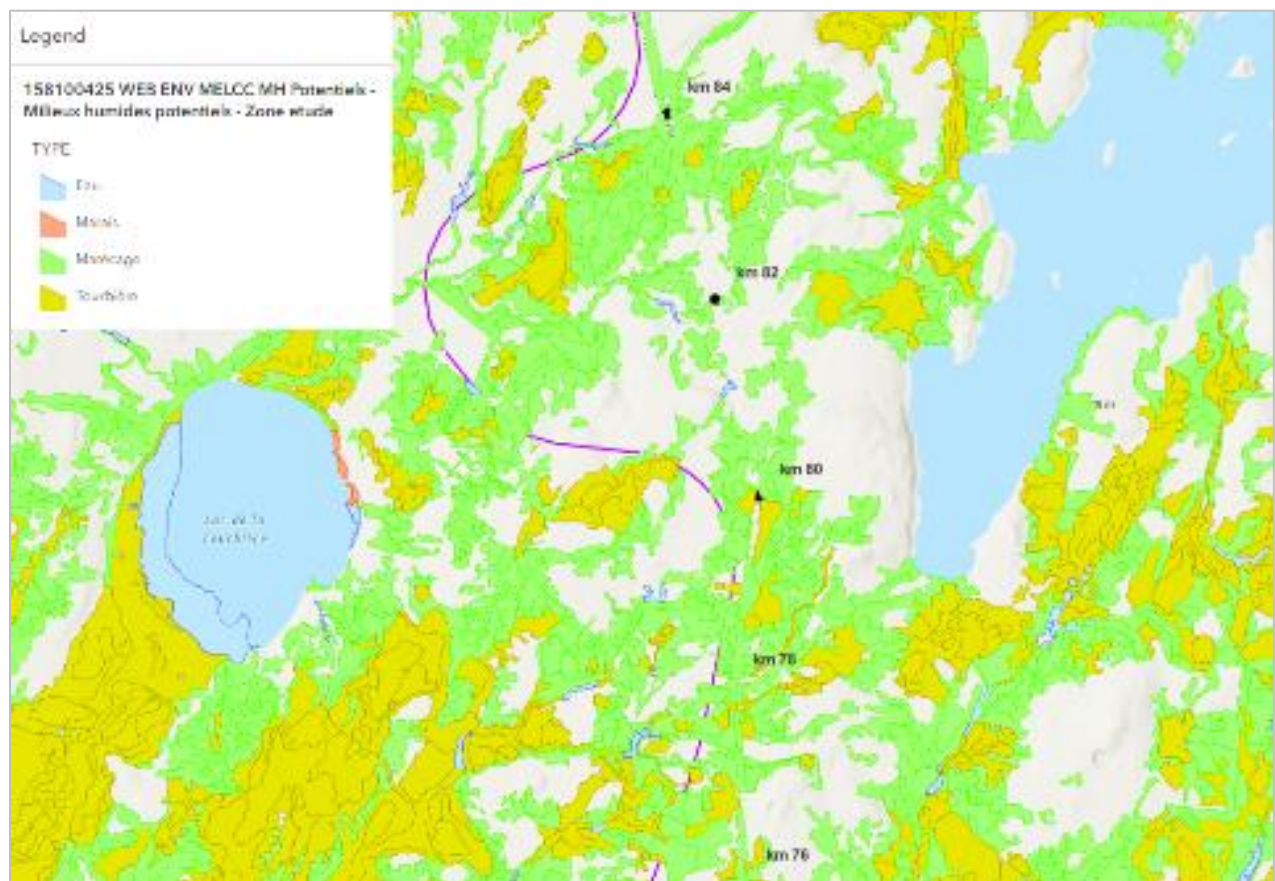


Figure 8.5-8 : Répartition des zones humides (environ du PK 76 au PK 84)



Figure 8.5-9 : Zone humide observée depuis la route Billy Diamond, à peu près au PK 91+300.

Aucune mesure n'est prévue pour lutter contre les castors, le tracé de la voie ferrée contournant généralement les lacs et les points d'eau.

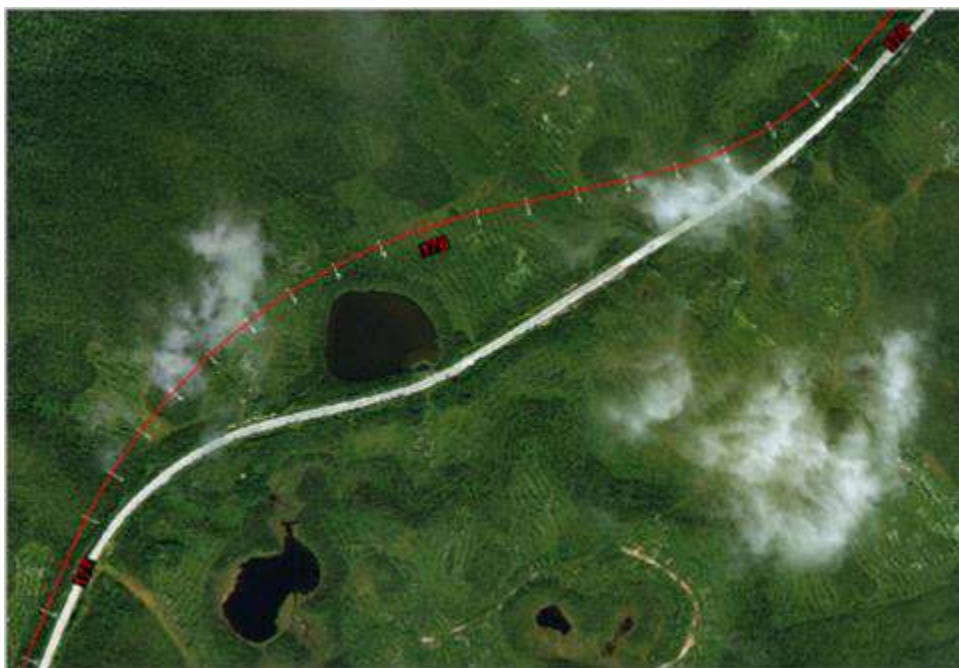


Figure 8.5-10 : Contournement d'un lac, environ au PK 178

8.5.8 Intégration des avis et des connaissances des Cris, dans la conception du tracé du chemin de fer

L'élément le plus important de l'étude de faisabilité a été l'implication continue des communautés cries. Sans leur contribution, les hypothèses initiales formulées par le consortium n'auraient pas été validées. Leur participation significative au processus de conception est présentée ci-dessous.

1. Communication continue :

- a) Des réunions individuelles et collectives ont été organisées avec les Maîtres de trappe et les utilisateurs des terres, en particulier ceux dont les terrains de trappage seraient traversés par le chemin de fer proposé. Un processus de validation des données existantes sur l'utilisation des terres a été rendu possible par ces réunions, au cours desquelles les utilisateurs des terres se sont vu présenter les tracés proposés et ont eu l'occasion de faire des commentaires et/ou de modifier la conception. De plus amples informations sur les données recueillies auprès des utilisateurs des terres sont contenues dans le chapitre 9.2 - Utilisation des terres par les Cris du Volume 3.
- b) Ci-dessous se trouvent deux photos d'un atelier productif organisé avec les Maîtres de trappe de Waswanipi, au cours duquel le tracé ferroviaire proposé a été montré à l'écran, avant d'être " parcouru " en groupe sur chacun des terrains de trappage des Maîtres de trappe. Les Maîtres de trappe ont quitté la réunion avec le sentiment d'avoir été impliqués dans le processus.



Figure 8.5-11 : Rencontre avec les maîtres de trappe de Waswanipi - juillet 2022



Figure 8.5-12 : Rencontre avec les maîtres de trappe

2. Critères provisoires d'évitement socio-environnemental :

Les critères suivants ont été établis afin de définir des lignes directrices pour le tracé des voies ferrées durant conception :

a) Évitement du caribou des bois

- Initialement, le consortium pensait qu'il était préférable de placer la voie ferrée à une certaine distance de la route afin de permettre aux caribous des bois de traverser d'abord la voie ferrée, puis la route. Cependant, après des discussions avec les communautés crie et les experts de la faune, il a été suggéré que le tracé soit placé aussi près que possible de la route existante afin d'éviter de piéger les caribous entre l'emprise de la route et de la voie ferrée. Cela a été considéré comme la priorité absolue pour environ 100 km des 250 km du BDHR. Les terrains de trappage concernés par cette stratégie étaient N20, N05, N18.



Figure 8.5-13 : Zone d'évitement du caribou des bois

b) Distance à maintenir de 500 m par rapport aux camps où les maîtres de trappe ne voulaient pas déplacer leurs campements.

- Lors des consultations avec certains Maîtres de trappe, ceux-ci ont exprimé leur préférence pour que leurs campements demeurent à leurs emplacements actuels, ce qui nécessiterait de déplacer le tracé de la voie ferrée. Dans de tels cas, comme pour la parcelle W53, le Maître de trappe a exprimé le souhait que ses campements ne soient pas déplacés ; le chemin de fer proposé a donc été déplacé au sud du corridor BDH et à 500 mètres des campements du Maître de trappe. La distance de 500 mètres a été utilisée pour atténuer les problèmes potentiels liés au bruit. Une capture d'écran est présentée ci-dessous (la ligne violette est le chemin de fer proposé et la route est la ligne noire).

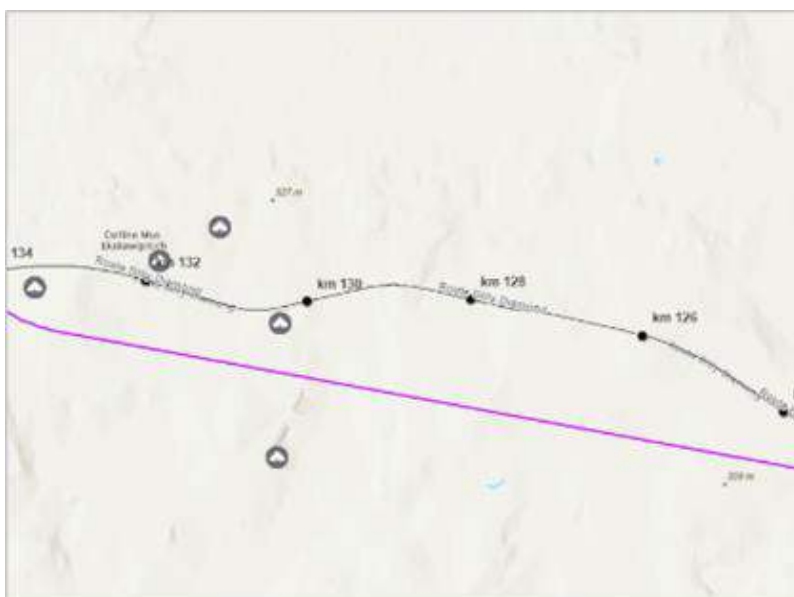


Figure 8.5-14 : Évitement des camps des Maîtres de trappe

c) Éviter les zones de récolte

- Le tracé de la voie ferrée n'a tenu compte d'aucune distance de recul par rapport aux limites de la zone de récolte tant que la limite de l'emprise de la voie ferrée ne touchait pas la limite de la zone de récolte. Un exemple de cette situation est illustré dans la figure ci-contre du terrain de trappage W01 (les zones vertes sont les zones de récolte, la ligne noire est la voie ferrée proposée et la ligne verte est la route). L'évitement des zones de récolte s'est produit sur pratiquement tous les terrains de trappage traversés par la voie ferrée proposée.

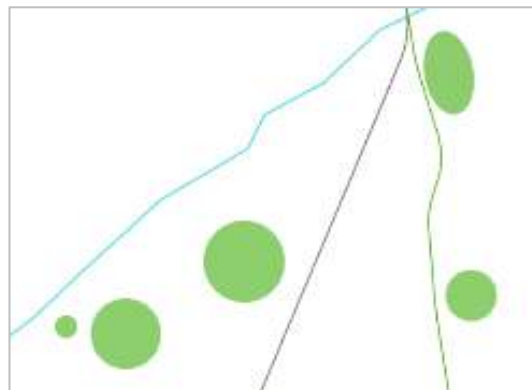


Figure 8.5-15 : Évitement des zones de récolte

3. D'autres recommandations et informations fournies par la communauté crie comprennent :

- Distance de recul par rapport aux sites archéologiques – l'EF ne doit pas toucher le site.
- Distance de recul par rapport aux aires protégées – l'EF ne doit pas toucher la limite.
- Instructions pour les travaux de franchissement des eaux :
 - Éviter d'effectuer des remblais dans les zones d'eau libre (p. ex. les lacs) et les zones où il y a présence de zones humides.
 - Nous pouvons remblayer certaines zones humides sans eau libre, mais nous devons installer des ponceaux pour permettre à l'eau de passer d'une zone à l'autre.
- Informations sur la qualité et l'emplacement des sites d'emprunt et les carrières
- Les utilisateurs cris du territoire ont fourni des informations utiles pour confirmer la présence de marécages et de tourbières.



Figure 8.5-16 : Zone de marécages et de tourbières

8.5.9 Contrôle du bruit

L'axe de la voie a été conçu pour éviter les habitations sur au moins 400 m. Cependant, il existe 9 camps cris situés à une distance de moins de 400 m de l'axe ferroviaire. C'est pourquoi nous proposons de protéger ces camps en utilisant une barrière antibruit de 5 500 m au total. Le matériau utilisé pour l'écran antibruit proposé est un matériau local inutilisé provenant des travaux de terrassement de la voie ferrée (inapproprié pour les plateformes, mais approprié pour la construction d'un écran antibruit), qui sera compacté à 90 % de Proctor modifié. Les pentes seront recouvertes de végétation en guise de protection.

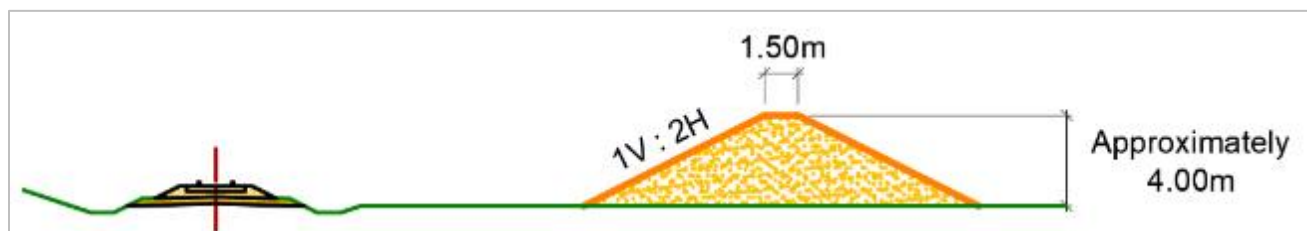


Figure 8.5-17 : Dimensions de l'écran antibruit proposé

8.5.10 Documents de référence et standards

Règlements provinciaux et fédéraux

Toutes les réglementations fédérales, provinciales et municipales pertinentes doivent être respectées lors de la conception du chemin de fer proposé.

Lois et règlements provinciaux :

1. Loi sur les transports (ch. T-12)
2. Loi sur les chemins de fer (ch. C-14.1)
3. Règlement sur la sécurité ferroviaire (ch. S-3.3, r.2)
4. Les codes, règlements et normes du ministère des Transports et de la Mobilité du Québec (MTMD).
5. Règlement sur le transport des substances dangereuses (ch. C-24.2, r. 43)

Lois et règlements fédéraux :

- Loi sur les transports au Canada (L.C. 1996, ch. 10)
- Loi sur les ponts et tunnels internationaux (L.C. 2007, ch. 1)
- Loi sur le déplacement des lignes de chemin de fer et les croisements de chemin de fer (L.R.C. 1985, ch. R-4)
- Loi sur la sécurité ferroviaire (L.R.C. 1985, ch. 32 (4^e suppl.))
- Les codes, règlements et normes de Transports Canada (TC)
- Loi sur le transport des marchandises dangereuses (L.C. 1992, ch. 34)
- Code national du bâtiment du Canada (CNBC)

Normes et lignes directrices

En l'absence d'exigences spécifiques du MTMD, de Transports Canada ou du présent document de critères de conception, la conception du chemin de fer suivra les normes et spécifications décrites dans les Spécifications techniques pour les voies industrielles du CN et les Circulaires normalisées de pratiques du CN. Lorsque la documentation du CN ne fournit pas de directives précises, la conception sera effectuée à l'aide de la dernière version du *Manual for Railway Engineering (MRE)* et du *Practical Guide to Railway Engineering (PGRE)* publiés par l'American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA).

La conception des ponceaux et des ponts doit se faire conformément aux normes et lignes directrices suivantes :

1. Code canadien pour le calcul des ponts routiers, publié par l'Association canadienne de normalisation (CSA)
2. AISC Steel Construction Manual, American Institute of Steel Construction
3. Normes de la FHWA – Federal Highway Administration

Lignes de référence et de contrôle recommandées

Le contrôle vertical est basé sur les données de la Commission géodésique du Canada (CGC), et la ligne de référence est définie par la ligne centrale de la voie. Toutes les dimensions transversales seront prises à partir de cette ligne de référence. Le profil vertical de la ligne de contrôle est pris au haut du rail (HR).

8.5.11 Comparaison avec d'autres projets similaires

De nombreuses études similaires au projet de faisabilité de LGA ont été menées et sont énumérées à l'annexe 6.2. Il s'agit notamment de SFNQ, Bloom Lake, Baffinland, Tshiuetin, HFR et bien d'autres. Pour démontrer la similitude, une matrice indiquant une vingtaine de paramètres de comparaison est incluse dans la même annexe avec un niveau de comparaison.

Les paramètres utilisés pour la comparaison sont les suivants :

- La catégorie de la voie
- Le client ciblé
- La longueur de la voie
- Le mode de transport
- La vitesse de la conception
- Le type d'installation de la voie
- L'emplacement

8.5.12 Critères de conception

Les critères de conception ont été élaborés au cours de la première étape de l'étude et ont été basés sur les caractéristiques générales définies dans le tableau suivant :

Tableau 8.5-4 : Caractéristiques générales des voies ferrées

Élément	Caractéristiques
Écartement de la voie	Écartement standard : 1 435 mm (56 ½ po)
Charge d'essieu	32,4 tonnes/essieu
Limites de vitesse	Classe 3 selon la définition de Transport Canada : • Trains de marchandises : 40 mi/h • Trains de voyageurs : 60 mi/h
Trafic annuel prévu	1,5 MTPA
Système de signalisation	Système de cantonnement automatique
Traverses	Bois dur
Poids des rails	AREMA 115 lb

Le rapport sur les critères de conception fournit les critères, règles, lignes directrices et spécifications selon lesquels l'étude de faisabilité des chemins de fer Billy Diamond et Grevet-Chapais a été réalisée.

Une copie complète du document se trouve à l'annexe 6.3. On y aborde les sujets suivants :

Tableau 8.5-5 : Sujets couverts dans le document sur les critères de conception

Critères généraux • Vitesse de conception • Charge d'essieu • Durée de vie • Matériel roulant • Exploitation • Classification des voies	Critères relatifs au tracé • Contraintes relatives au tracé • Tracé horizontal • Tracé vertical • Emplacements des éléments du tracé • Dégagements • Entraxe des voies • Résumé des critères relatifs au tracé	Critères relatifs au terrassement • Déblai • Remblai • Analyse de stabilité • Analyse des tassements • Évaluation de la liquéfaction • Améliorations apportées au sol
Critères relatifs à la voie • Composants de la voie • Ballast • Sous-ballast • Plateforme • Quais de voyageurs • Passages à niveau • Résumé des critères relatifs à la voie	Critères relatifs à la structure • Efforts considérés dans la conception • Combinaisons des charges • Types de ponts et platelages • Propriétés des matériaux • Conception de la structure • Ponceaux	Hydrologie • Données sur les précipitations • Données topographiques • Fossés • Ponceaux • Effets des digues de castors sur le ruissellement subaquatique des zones humides
Signalisation et communication • Terminologie • Télécommunications • Guérites de signalisation et alimentation électrique		Géométrie de la route • Introduction • Structure de la route • Introduction aux bâtiments • MEP • Systèmes électriques

8.5.13 Visites de site

Une visite de la plateforme Grevet-Chapais a eu lieu du 13 au 17 septembre 2021.

La visite a permis d'atteindre plusieurs objectifs, notamment :

1. Effectuer le levé de la plateforme (ligne médiane);
2. Recueillir des informations sur l'état et les composants de la plateforme;
3. Inspecter visuellement les ponceaux;
4. Inspecter visuellement les structures;
5. Localiser les zones de débordement et la gare de Chapais.

Le programme de visites du site s'est déroulé comme prévu et est structuré comme indiqué dans l'illustration ci-dessous.



Figure 8.5-18 : Progression des visites

8.5.14 Topographie

Le système de coordonnées utilisé pour les deux corridors Grevet-Chapais et Billy Diamond (Matagami à la rivière Rupert) est le NAD83 (SCRS)/MTM zone 9 (référence : système canadien de référence spatiale NAD83), tandis que le système de coordonnées verticales est le CGVD28 (référence verticale : système géodésique canadien de 1928).

Le LIDAR pour le corridor Billy Diamond a été fourni par la Société de Développement de la Baie-James (SDBJ)⁵. Ce LIDAR couvre 100 m de part et d'autre de la route Billy Diamond existante. Dans les zones où la conception s'étend au-delà de la portée du LIDAR, des modèles numériques de terrain à l'échelle 1:20000⁶ et des données géospatiales du MERN à l'échelle 1:50000 ont⁷ été utilisés, obtenus à partir des sources de données ouvertes du Québec.

Une étude LIDAR supplémentaire a été réalisée au cours de l'été 2022 pour le corridor ferroviaire Grevet-Chapais qui couvre 50 m de chaque côté du tracé de la plateforme existante et pour le CFRBD, une bande d'environ 250 m sur le côté gauche du LIDAR précédent (SDBJ) et également quelques autres zones plus grandes pour prendre en compte les critères socio-environnementaux (gare de triage de Matagami, camps cris et zones de chasse). La figure suivante donne un exemple.

⁵ [Mining Project - SDBJ.pdf](#)

⁶ [Modèles numériques de terrain à l'échelle de 1/20 000 – Répertoire complet \(format grille\) – Données Québec \(donneesquebec.ca\)](#)

⁷ [Carte des index de téléchargement \(gouv.qc.ca\)](#)

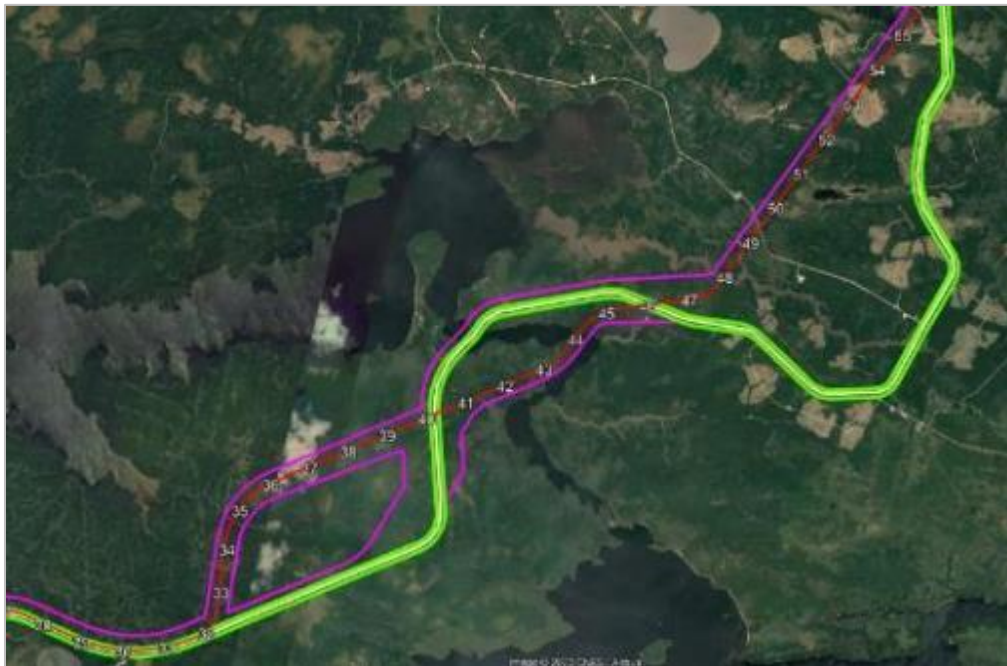


Figure 8.5-19 : Exemple de la couverture du levé LIDAR.

Le corridor SDBJ de 200 m de large pour le CFRBD est indiqué en vert, et le nouveau levé de 2022 est indiqué en violet. Le relevé LIDAR a capturé une densité minimale de points de 2 pt/m² et les images aériennes avec une taille de pixel de 16 cm. D'autres informations concernant le levé se trouvent à l'annexe 6.6. L'illustration ci-dessous est un exemple de la qualité des images obtenues.



Figure 8.5-20 : Exemple de qualité d'image – Billy-Diamond

8.5.15 Travaux de génie civil et de terrassement

Cette étude a été réalisée conformément aux recommandations de l'AREMA, aux règlements du Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec, au Manuel canadien d'ingénierie des fondations et à l'American Standard Test Method (ASTM). Toutes les hypothèses, tous les calculs et toutes les recommandations sont fondés sur notre expérience et sur les consultations dans le consortium. Au moment de la rédaction du présent document, le rapport géotechnique final n'était pas encore disponible. Il est donc possible que des recommandations supplémentaires soient formulées ou que des changements soient apportés à la suite de ces résultats dans le cadre d'études ultérieures du projet.

Le volet terrassement du chemin de fer traite de la plateforme ferroviaire, constituée de plusieurs couches et supportant la structure de la voie ferrée. Ces couches sont présentées en détail ci-dessous.

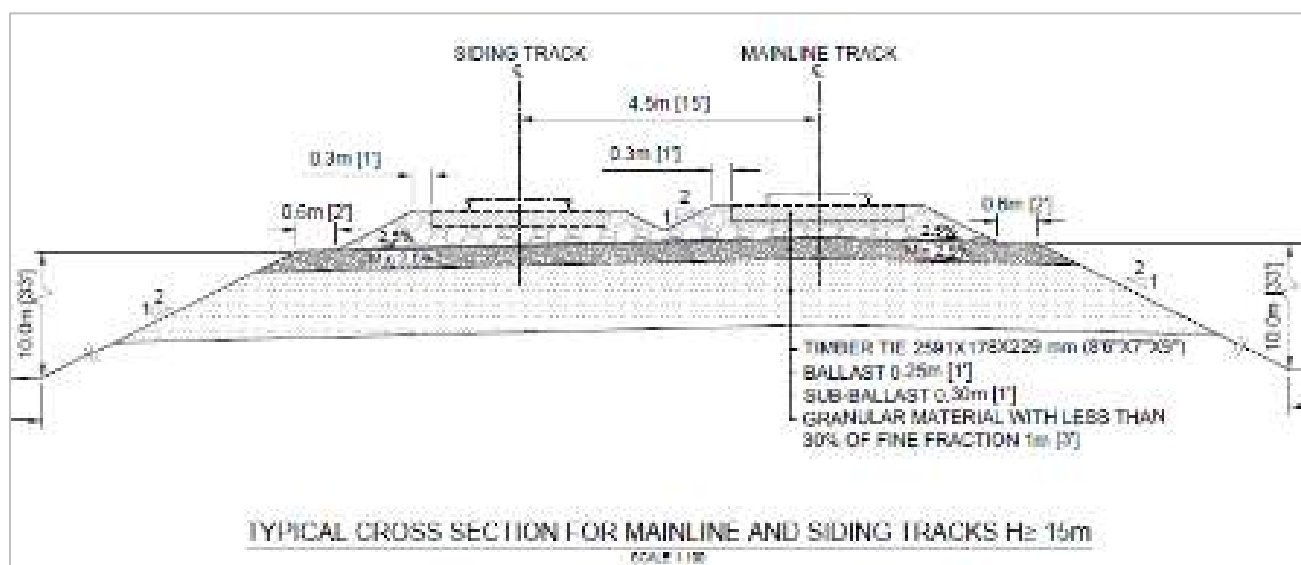


Figure 8.5-21 : Coupe transversale typique d'une plateforme sur un sol en bon état

8.5.15.1 Couche du sous-ballast

Le sous-ballast est placé entre le ballast et la plateforme. Les fonctions du sous-ballast sont les suivantes :

- Améliorer la capacité de charge;
- Agir comme un filtre entre la plateforme et le ballast en empêchant les fines de la plateforme de migrer vers le haut dans le ballast;
- Protéger contre l'érosion;
- Évacuer l'eau latéralement et réduire l'infiltration d'eau dans le matériau de la plateforme.

Le sous-ballast recommandé doit être un matériau granulaire, de la pierre concassée ou de la roche, dont la granulométrie maximale ne doit pas dépasser la granulométrie maximale du ballast de la voie (50,8 mm). Répondre aux exigences de l'AREMA, pas plus de 5 % du sous-ballast ne doit passer au tamis numéro 200. La profondeur du sous-ballast ne doit pas être inférieure à 250 mm (10 po) et la largeur de l'épaule du sous-ballast ne doit pas être inférieure à 600 mm (2 pi). La section transversale du sous-ballast doit également être conforme et respecter la limite d'excavation définie dans les sections transversales de la voie projetée.

La granulométrie et les exigences des matériaux granulaires pour le sous-ballast sont présentées dans le Tableau 8.5-6

Tableau 8.5-6 : Granularité pour le sous-ballast

ASTM C136 Test d'analyse granulaire	
Taille du tamis	% de passage
150 mm	-
106 mm	-
37,5 mm	-
26,5 mm	100
19,0 mm	85-100
13,2 mm	65-90
9,5 mm	50-73
4,75 mm	35-55
1,18 mm	15-40
300 µm	5-22
75 µm	≤ 5

8.5.15.2 Plateforme

Le phénomène le plus préoccupant est le soulèvement dû au gel, un problème hivernal courant dans la majeure partie du Canada, qui endommage les infrastructures s'il n'est pas atténué. Lorsque le pénètre dans le sol en raison de l'état thermique de la croûte terrestre, une présence croissante de couches de glace produit un gonflement du sol vers le haut. Ce phénomène peut être aggravé dans certains sols à grain fin, où l'action capillaire apporte plus d'eau au front de congélation, et dans les régions sursaturées, y compris les zones humides et les tourbières.

Pour éviter ce problème, nous conseillons de placer une couche d'un mètre d'épaisseur de matériau granulaire, avec moins de 30 % de fraction fine, sous le sous-ballast. Ce matériau doit provenir de sols peu sensibles au gel, tels que les sols granulaires (graviers) (GBC, GMC, GBC-GM). Nous recommandons également de placer la plateforme en couches ne dépassant pas 300 mm, et chaque couche doit être compactée à un minimum de 95 % de densité Proctor modifiée (ASTM D1557).

La Figure 8.5-22 montre les couches de ballast, de sous-ballast et de plateforme sur de bonnes conditions de sol où la capacité portante de la surface du sol doit être d'au moins 172 kPa. La hauteur de la plateforme variera tout au long du CFRBD; cette configuration sera utilisée pour les plateformes d'une hauteur inférieure à 6 m.

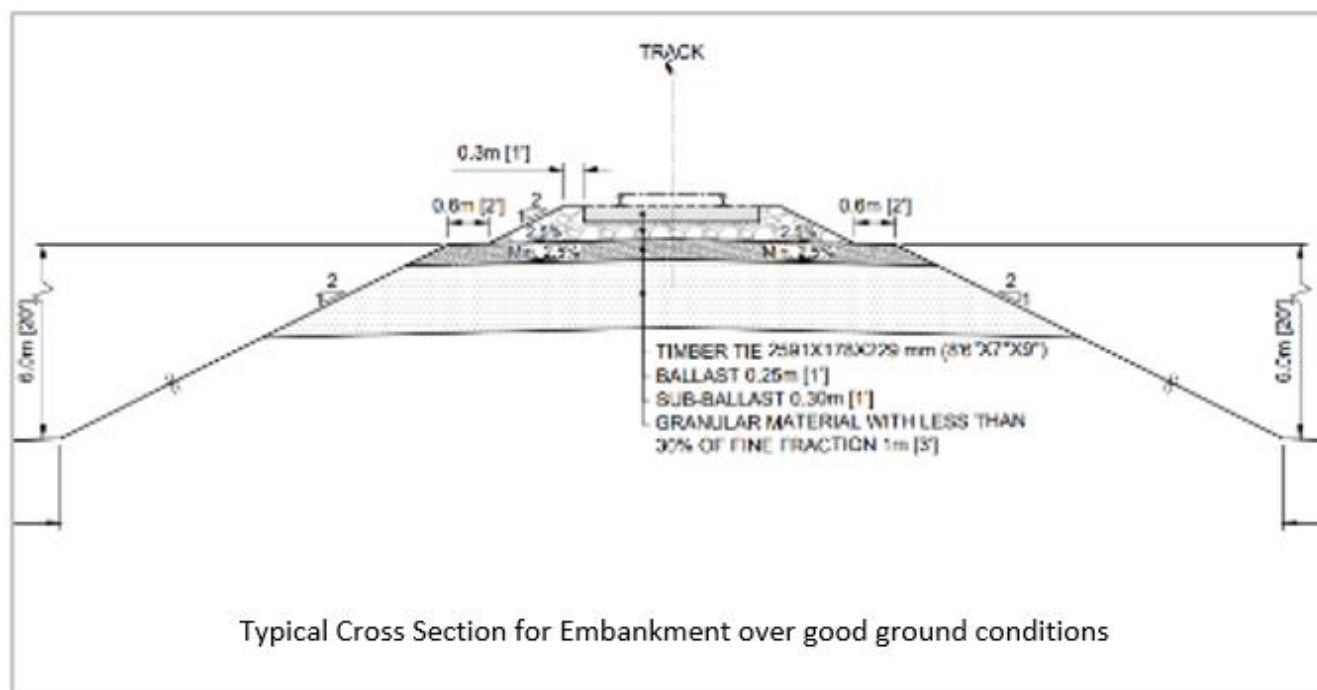


Figure 8.5-22 : Coupe transversale typique d'une plateforme sur un sol en bon état

8.5.15.3 Matériaux de remblai

Les matériaux de remblai courants sont des matériaux compatibles non cohésifs et cohésifs, exempts de matériau gélif et de matières organiques. Ils peuvent provenir du site des travaux ou d'emprunts. Les matières organiques se décomposent et se déposent; leur présence n'est donc pas souhaitable dans les travaux de terrassement destinés à avoir un niveau élevé de stabilité. La terre végétale et les matériaux de remblai de surface contenant des matières organiques ne conviennent pas comme remblai technique puisque les matières organiques créeront toujours un tassement excessif au fil du temps sous la plateforme.

Le remblai doit être placé en couches d'une épaisseur maximale de 300 mm et compacté uniformément à une densité maximale Proctor modifiée d'au moins 95 % avec une marge de ≈ 2 % de la teneur en eau optimale. Un bon exemple de l'approche générale de la construction de la plateforme d'un projet linéaire tel qu'une route ou une voie ferrée, sur un territoire similaire à celui de La Grande Alliance, est présenté dans la Figure 8.5-23 ci-dessous. L'illustration a été obtenue à partir d'un document de conférence intitulé « Highway 66 embankment on soft ground-design, construction and long-term monitoring » (Plateforme de l'autoroute 66 sur sol meuble, conception, construction et surveillance à long terme) par **M. Thibeault** Golder Associates Ltd., Sudbury, Ontario, Canada, par **J. P. Dittrich**, **T. Zalucki** Golder Associates Ltd., Mississauga, Ontario, Canada, et par **T. Sangiuliano** Ministry of Transportation of Ontario, Toronto, Ontario, Canada. Cette méthode est similaire à celle envisagée pour la construction de la plateforme de la voie ferrée.



Figure 8.5-23 : Mise en place des remblais lors de la construction d'une plateforme

8.5.15.4 Remblai

Selon les informations géologiques du site du projet, une partie du tracé ferroviaire proposé est située sur des zones humides. Les zones humides se composent de tourbières, de marais, de marécages et d'eaux peu profondes et peuvent être caractérisées par une accumulation de tourbe, une matière végétale partiellement décomposée qui se trouve dans des conditions humides et acides. Les dépôts de tourbe sont des matières végétales partiellement décomposées qui se sont accumulées sous l'eau. Ils sont particulièrement abondants dans le Bouclier canadien et encore plus à la Baie James. Les dépôts de tourbe présentent des conditions souterraines difficiles pour la construction de routes, de voies ferrées et de logements. Il s'agit d'un défi particulier pour la création d'une plateforme ferroviaire qui doit faire face au tassement consécutif à la compressibilité.

L'une des caractéristiques distinctives des tourbes par rapport aux sols inorganiques est leur extrême compressibilité. La compressibilité de la tourbe comprend la consolidation primaire qui est observée pendant l'augmentation de la contrainte verticale effective appliquée par la construction de la plateforme et la consolidation secondaire (également appelée fluage) qui suit à contrainte verticale effective constante pendant et surtout après la construction de la plateforme. La compressibilité des sols, incluant les tourbes, déclenchée par la construction de la plateforme ferroviaire est déterminée par le taux de vide in situ de la tourbe et le réarrangement des particules du sol.

La Figure 8.5-24 présente la microphotographie électronique à balayage d'un échantillon de tourbe obtenu dans la région de la Baie James, montrant des particules creuses à l'intérieur des sols, ce qui prouve la haute compressibilité des tourbes en raison de la grande quantité d'espace entre les matériaux (c'est-à-dire les sols organiques). (Source : Propriétés d'ingénierie des tourbes fibreuses par G. Mesri et M. Ajlouni).

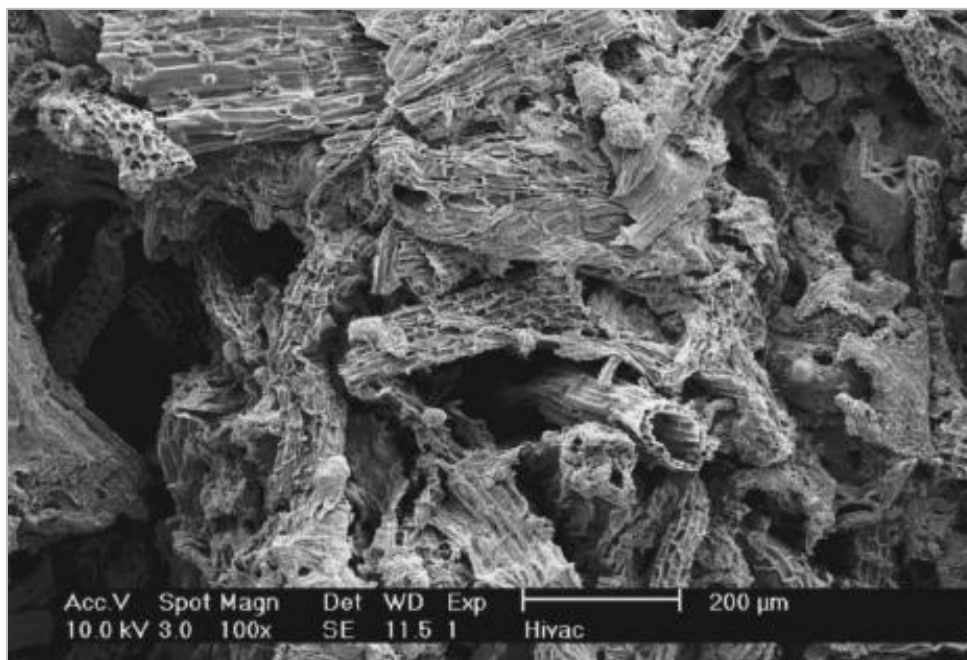


Figure 8.5-24 : Microphotographie électronique à balayage de la tourbe de la Baie James

Compte tenu des données géotechniques obtenues lors de l'étude du site, il est nécessaire d'effectuer une analyse du tassement pour évaluer les déformations verticales de toutes les plateformes qui peuvent se produire pendant et après la construction de la plateforme.

Les calculs de tassement doivent inclure le tassement immédiat, le tassement de consolidation primaire et le fluage (c'est-à-dire pour les sols cohésifs mous).

Pour construire les plateformes ferroviaires sur les tourbières, le « Guide pour l'étude et la construction des plateformes routières sur les tourbières, 2012 » publié par le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec a été utilisé comme ligne directrice. Pour traiter les tourbières, les options suivantes ont été envisagées :

1. Excavation.
2. Remblai conventionnel.
3. Plateforme conventionnelle.
4. Préchargement sans surcharge.
5. Préchargement avec surcharge.

La Figure 8.5-25 indique la section transversale typique pour la plateforme sur des matériaux organiques compressibles qui inclut toutes les options de traitement. Les méthodes ci-dessus peuvent être modifiées si des argiles molles et compressibles sont rencontrées sous les dépôts de tourbe. Dans ce cas, une analyse approfondie du tassement est nécessaire pour calculer le tassement à long terme des remblais, pour pouvoir gérer les problèmes de tassement des plateformes.

Nous avons supposé qu'un volume équivalent à 5 % supplémentaires de la hauteur de la plateforme ferroviaire proposée était nécessaire dans les endroits où la hauteur de la plateforme est supérieure à 2 m sur l'ensemble du tracé ferroviaire proposé pour tenir compte du tassement sur la tourbe. Ce facteur inclut également le matériau supplémentaire nécessaire à la présence d'un sol compressible sous la tourbe.

La Figure 8.5-25 indique la section transversale typique pour la plateforme sur des matériaux organiques compressibles sans les dépôts d'argile compressibles ci-dessous. Il comprend toutes les options de traitement. En l'absence d'étude géotechnique du site, on suppose qu'il n'y a pas d'argiles compressibles molles sous les dépôts de tourbe (c'est-à-dire sols organiques). Lorsque des dépôts d'argile tendre sont présents sous la couche de tourbe, une analyse poussée du tassement combinée à une étude géotechnique (p. ex. des essais en laboratoire, des essais sur le terrain, etc.) est nécessaire pour calculer le tassement à long terme des remblais et pouvoir gérer les problèmes de tassement des plateformes.

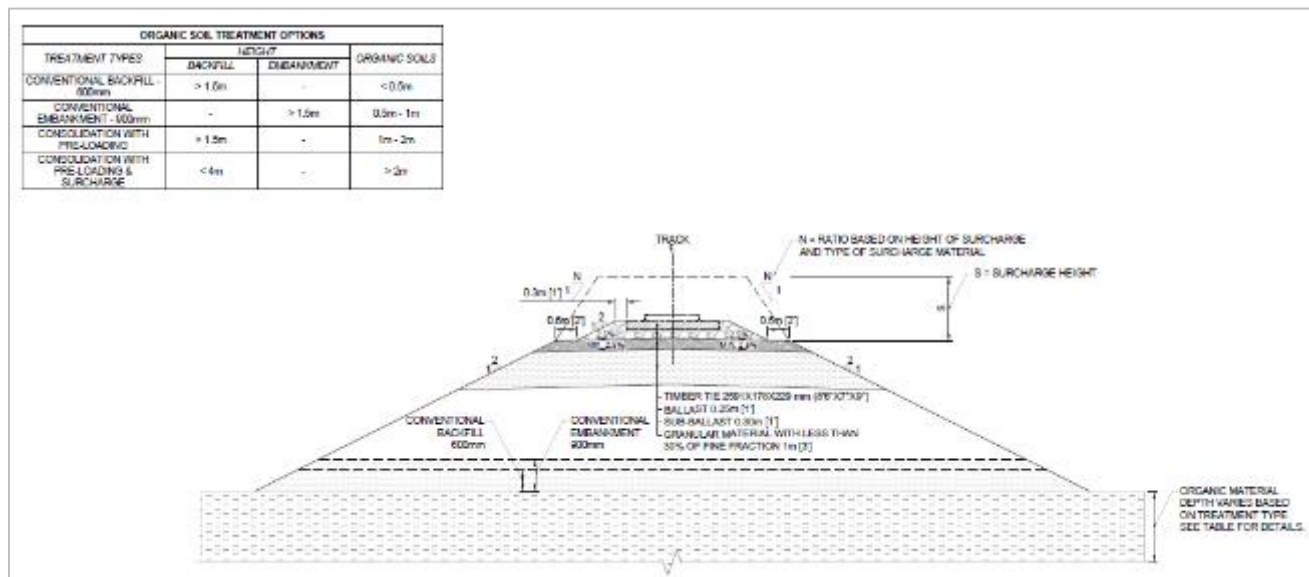


Figure 8.5-25 : Coupe transversale typique d'une plateforme sur des matériaux compressibles

Les recommandations suivantes, liées aux méthodes ci-dessus, sont basées sur les conditions du sol et des hauteurs des plateformes.

8.5.15.5 Excavation

Les matériaux organiques seront excavés lorsque la hauteur du remblai et l'épaisseur des matériaux organiques sont inférieures à 1,5 m et 2 m respectivement. Si une courte longueur du tracé rencontre un dépôt profond de sols organiques, c'est-à-dire, c'est-à-dire plus de 2 m, il peut être économique d'excaver les matériaux organiques. La capacité portante de la couche sous les sols organiques doit être vérifiée après l'excavation. Selon les informations géotechniques, l'installation de géotextiles peut être nécessaire après l'excavation de la couche organique. La Figure 8.5-26 obtenue à partir d'un article intitulé « Ground improvement techniques for railway embankments » (Techniques d'amélioration du sol pour les remblais ferroviaires) (de A. Arulrajah 2009), montre un exemple de travaux d'excavation pour un projet ferroviaire.

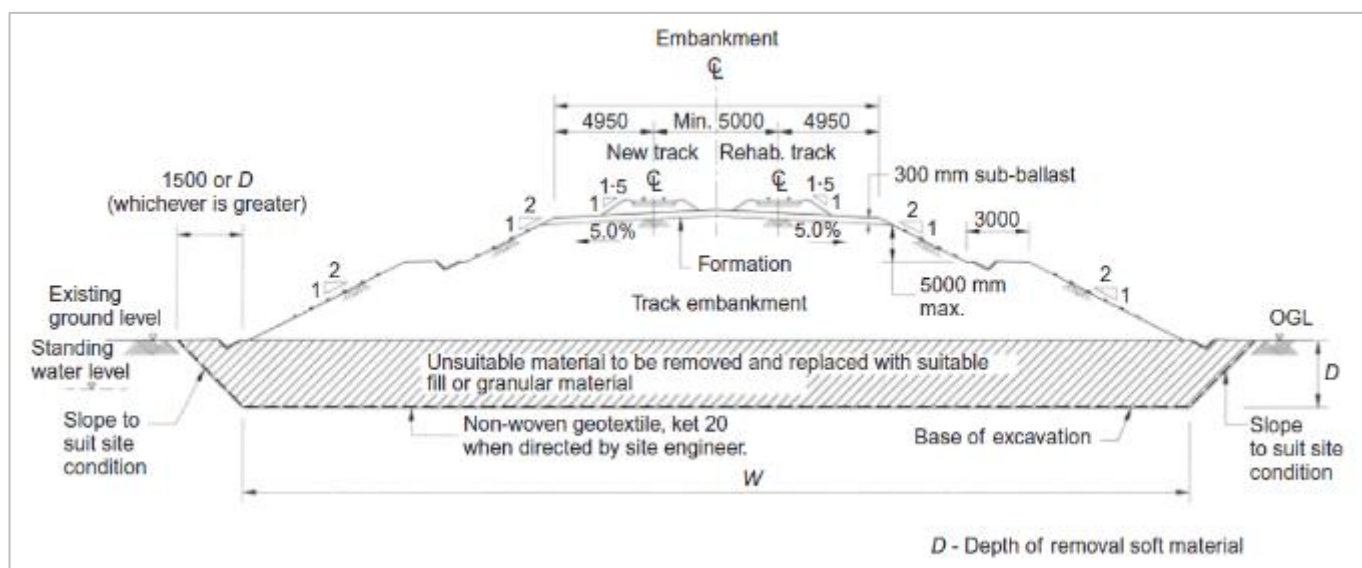


Figure 8.5-26 : Coupe transversale typique des travaux d'enlèvement et de remplacement

8.5.15.6 Remblai conventionnel (cas de sol organique avec une épaisseur ≤ 0.5 m)

Le remblai conventionnel doit être appliqué lorsque la hauteur du remblai est supérieure à 1,5 m et que l'épaisseur des sols organiques est inférieure à 0,5 m. Dans ce cas, le remblai devra être directement placé sur les sols organiques. Le MG 112 ou des matériaux de remblayage équivalents doivent être utilisés pour la première couche de 600 mm de remblai. Aucun programme d'instrumentation (c'est-à-dire plaques de tassement, piézomètres) n'est requis pour cette méthode.

8.5.15.7 Remblai conventionnel (cas de sol organique avec une épaisseur comprise entre 0.5 m et 1.5 m)

Le remblai conventionnel devrait être appliqué lorsque la hauteur du remblai est supérieure à 1,5 m et que l'épaisseur des sols organiques est comprise entre 0,5 m et 1 m. Dans ce cas, le remblai sera directement placé sur les sols organiques. Le MG 112 ou des matériaux de remblayage équivalents doivent être utilisés pour la première couche de 900 mm de remblai. Aucun programme d'instrumentation (c'est-à-dire plaques de tassement, piézomètres) n'est requis pour cette méthode.

8.5.15.8 Préchargement

Le préchargement devra être envisagé lorsque la hauteur du remblai est supérieure à 1,5 m et que l'épaisseur des sols organiques est comprise entre 1 m et 2 m. La préparation du site par préchargement implique la mise en place des matériaux pour permettre aux sols constituant le remblai de se comprimer sous le poids propre afin de réduire le tassement potentiel après la construction. Il faudra du temps pour que l'eau interstitielle se dissipe et que le tassement se produise. Un programme d'analyse et de surveillance des tassements dans le temps, comprenant une surveillance des tassements et de la pression des eaux interstitielles, sera nécessaire pour évaluer les tassements après la construction. L'analyse vérifiera si le tassement post-construction se produit dans des périodes de préchargement raisonnables. Le MG 112 ou des matériaux de remblayage équivalents doivent être utilisés pour la première couche de 900 mm de remblai. Une géogrid pourrait être recommandée si des remblais de pierre sont utilisés comme première couche.

8.5.15.9 Préchargement avec surcharge

Le préchargement et la surcharge devront être envisagés lorsque la hauteur du remblai est inférieure à 4 m et que l'épaisseur des sols organiques est supérieure à 2 m. Le préchargement et la surcharge impliquent la mise en place d'une charge de remplissage temporaire (surcharge) en plus de la charge de remplissage permanente, afin d'accélérer la consolidation du sol sous la plateforme. L'épaisseur de la surcharge temporaire appliquée varie en fonction du degré d'accélération nécessaire au processus de consolidation du sol, selon le calendrier de construction. Selon la hauteur temporaire du remblai, une analyse de la stabilité des pentes est nécessaire pour faire en sorte que les remblais par couches respectent le facteur de sécurité requis pendant la construction. L'analyse du tassement dans le temps, y compris un programme d'instrumentation, la surveillance du tassement et de la pression de l'eau interstitielle, sera nécessaire pour évaluer les tassements après la construction. Le MG 112 ou des matériaux de remblayage équivalents doivent être utilisés pour la première couche de 900 mm de remblai. Une géogridde pourrait être recommandée si des remblais de pierre sont utilisés comme première couche.

En général, le traitement recommandé pour les tourbières est applicable à condition d'utiliser des matériaux d'emprunt comme le MG 112 ou le MG 20. En cas d'impossibilité d'accès à ces matériaux, les matériaux équivalents in-situ seront recommandés pour éviter le problème du poinçonnement sur les sols organiques. Dans ce cas, l'utilisation de géotextiles et de géogrilles est essentielle. La Figure 8.5-27 ci-dessous, obtenue à partir d'un document de conférence intitulé « Highway 66 embankment on soft ground-design, construction and long-term monitoring » (Plateforme de l'autoroute 66 sur sol meuble : conception, construction et surveillance à long terme) par **M. Thibeault** Golder Associates Ltd., Sudbury, Ontario, Canada, par **J. P. Dittrich, T. Zalucki** Golder Associates Ltd., Mississauga, Ontario, Canada, et par **T. Sangiuliano** Ministry of Transportation of Ontario, Toronto, Ontario, Canada, montre la section de la surcharge qui sera enlevée lorsque l'amélioration du sol aura été terminée.



Figure 8.5-27 : Enlèvement du matériau de surcharge granulaire; manuel sur les sols compressibles

8.5.15.10 Application des géogrilles

L'installation de géogrilles sur des sols organiques est recommandée dans les cas suivants :

- Franchissement de fossés;
- Transition de ponceaux;
- Tourbières avec lacs;
- Surface des tourbières sur routes en raison du passage de machines lourdes;
- Première couche de remblai construite avec un matériau autre que le MG 112 et le MG 20.

8.5.15.11 Programme d'instrumentation

L'instrumentation et la surveillance seront nécessaires pendant la mise en place des plateformes sur les sols organiques pour les méthodes de préchargement et de surchargement. Le programme d'instrumentation comprend les éléments suivants :

- Indicateurs de couches : pour assurer l'uniformité des couches de remblai pendant la mise en place.
- Plaques de tassement : ceux-ci sont installés sur la plateforme du remblai, avec des tiges traversant le remblai, afin de surveiller le tassement.
- Piézomètres : des piézomètres à fil vibrant (PFV) sont installés pour mesurer la pression excessive de l'eau interstitielle et pour déterminer le temps avant de placer la couche suivante.
- Indicateurs de déplacements latéraux : des inclinomètres sont utilisés pour mesurer les déplacements horizontaux des pentes pendant la mise en place des remblais.

Le programme d'instrumentation susmentionné doit être fourni par l'entrepreneur, et le calendrier de construction doit être établi compte tenu du programme d'instrumentation.

8.5.15.12 Stabilité de la pente de la plateforme

Deux étapes doivent être vérifiées pour l'analyse de la stabilité de la pente :

- Court terme (analyse de la contrainte totale), par le biais de la résistance au cisaillement non drainée (s_u ou c_u).
- Long terme (analyse des contraintes réelles), par le biais des paramètres de résistance drainée (c' , ϕ').

Dans toutes les conditions de chargement, la charge ferroviaire doit être prise en compte. La stabilité des pentes des plateformes dans des conditions sismiques doit être analysée à l'aide d'une analyse pseudo-statique. Selon les critères de conception, les pentes doivent respecter le facteur de sécurité requis indiqué dans le Tableau 8.5-7.

Tableau 8.5-7 : Facteurs de sécurité (FS) pour l'analyse de stabilité des pentes

Conditions	Facteur de sécurité (FS)
Statique permanent (long terme)	$FS \geq 1,5$
Statique temporaire (court terme)	$FS \geq 1,3$
Sismique	$FS > 1,1$

Les paramètres qui affectent le facteur de sécurité de l'analyse de la stabilité des pentes sont les suivants :

- La géométrie de la pente;
- Le type de sol de la pente;
- Le poids unitaire des pentes;
- Le niveau de la nappe phréatique;
- Les paramètres de résistance du sol;
- Les charges externes sur la pente (c'est-à-dire la charge du train);
- Le compactage des matériaux de remblaiage.

L'analyse de la stabilité des pentes doit être effectuée sur la base des informations obtenues par forage lors de l'étude du site. Au cours de l'analyse, les dépôts de sol organique doivent être pris en compte, car ils pourraient avoir une résistance au cisaillement plus faible pour soutenir le remblai. Pour assurer la stabilité des pentes des remblais pendant la construction, la pente ne doit pas être supérieure à 2H:1V, c'est-à-dire que pour chaque mètre de dénivelé, il y a deux mètres de décalage horizontal (Deux unités dans le sens horizontal pour une unité dans le sens vertical.) Des pentes plus douces peuvent être appliquées si nécessaire.

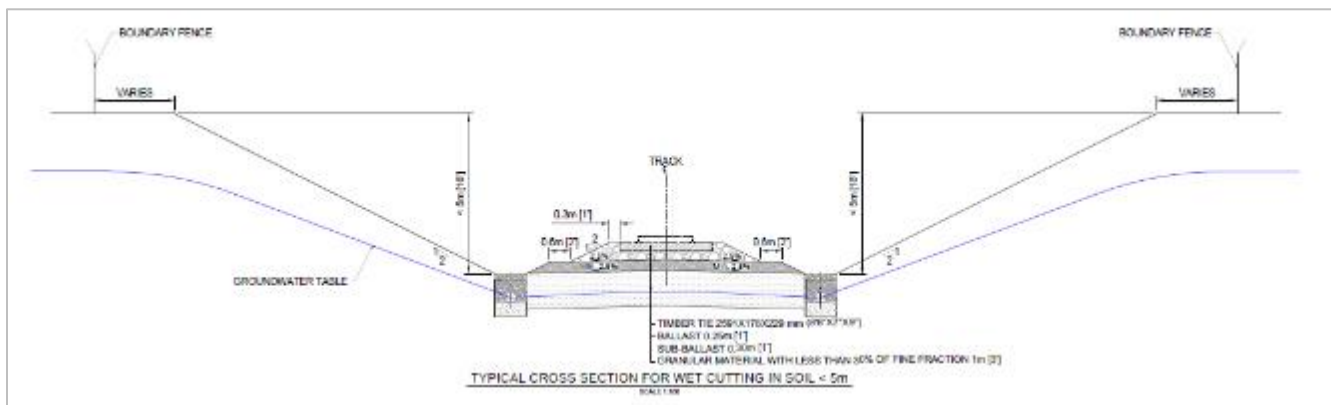


Figure 8.5-28 : Section transversale typique en sol humide H < 5 m

La Figure 8.5-28 montre la section transversale type d'une excavation inférieure à 5 m. En l'absence d'étude géotechnique du site, le taux de pente pour la coupe d'une hauteur inférieure à 5 m peut être considéré comme étant de 1V:2H. Une analyse de la stabilité des pentes est requise pour les coupes de plus de 5 m. Pour ce mandat, la pente retenue est de 1V:2H avec une banquette de 3 m pour chaque hauteur de 5 m est hypothétiquement considérée. Les sections transversales types sont présentées à l'annexe 6.8.

Pour le calcul des quantités de déblais et de remblais et du transport de masse, 80 % des matériaux de déblais le long du tracé ont été utilisés pour le remplissage. On a supposé que les matières organiques situées le long du tracé étaient uniquement utilisées pour la végétalisation des pentes.

8.5.16 Voie

8.5.16.1 Structure de la voie

Les composants de la voie ont été sélectionnés en fonction des normes de l'AREMA. Une analyse a été effectuée pour les forces qui doivent être supportées par la structure de la voie et transmises à la plateforme.

La structure recommandée de la voie sera construite sur une plateforme avec une couronne de 2,5 % par rapport à la ligne centrale. La pression d'appui que le sous-ballast applique à la plateforme ne doit pas dépasser 173 kPa (25 psi).

8.5.16.2 Composants de la structure de la voie

En général, les paramètres d'exploitation d'un chemin de fer influencent la conception de la structure de la voie. L'illustration suivante donne un exemple des composants de la voie et des informations de conception permettant de faire le choix.

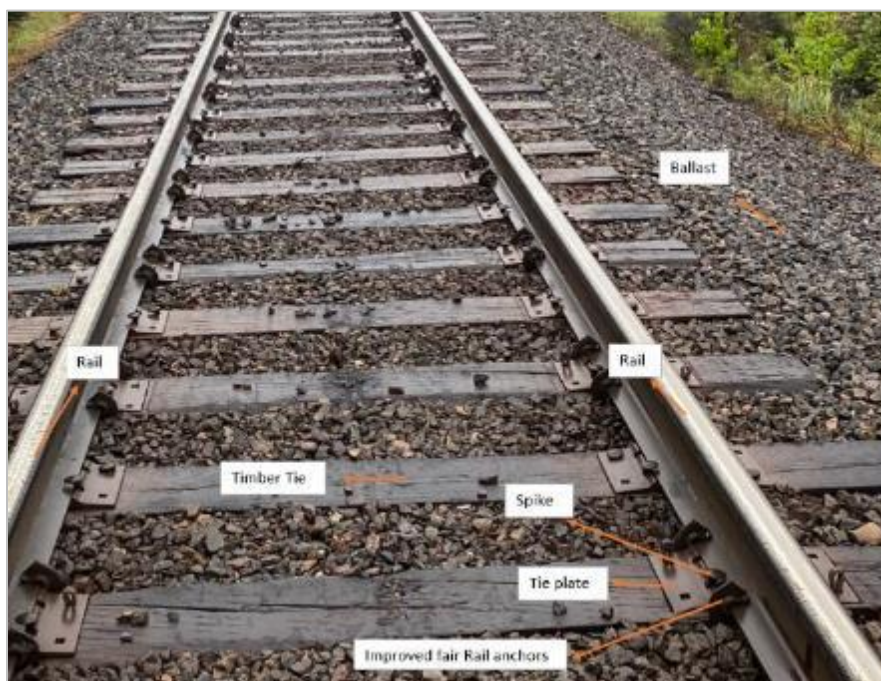


Figure 8.5-29 : Composants de la structure de la voie

8.5.16.3 Rails

Le choix de la section et du type de rail a été principalement basé sur le tonnage, la charge d'essieu, la vitesse du train et l'usure du rail prévus. La section de rail 136 RE répond à toutes les exigences de résistance des wagons de 286 000 livres (32,4 tonnes de charge par essieu) et est la section de rail recommandée. L'usure du rail ne sera pas agressive sur ce chemin de fer en raison du rayon de courbe minimum de 500 m sur le tracé du chemin de fer, mais c'est le profil prédominant utilisé sur les chemins de fer voisins, une considération qui a également influencé le choix du profil.

Ainsi, pour les raisons mentionnées ci-dessus, le rail suivant est recommandé :

- 136 RE faiblement allié, de résistance intermédiaire, traité thermiquement, dont la dureté Brinell est comprise entre 325 et 350. La composition chimique doit être conforme au Manuel de génie ferroviaire, vol. 1, ch. 4 de l'AREMA, pour l'acier intermédiaire faiblement allié. L'acier pour rails faiblement allié est recommandé en raison de ses caractéristiques d'usure améliorées au niveau des joints de soudure et de sa résistance supérieure à l'usure due au contact avec le roulement et à l'usure de la surface de roulement (durée de vie plus longue).

- La longueur des pièces de rail à acheter sera déterminée par la méthodologie de construction ou la capacité de livraison. Cette décision sera formulée lors de la phase de conception détaillée.

8.5.16.4 Traverses

Le type de traverses a été choisi pour répondre aux exigences opérationnelles de la voie. Les traverses doivent résister aux forces verticales et horizontales pour maintenir le tracé de la voie. La traverse en bois a été la traverse privilégiée pour les voies ferrées au cours du dernier siècle en Amérique du Nord et a donné des résultats satisfaisants. La traverse en bois est recommandée sur la base des éléments suivants :

- Sa capacité à répondre aux spécifications de performance de la voie en matière d'alignement de maintien, de surface, de niveau transversal et d'écartement, c'est-à-dire à réduire les coûts d'entretien.
- Le coût du cycle de vie.
- La durée de vie moyenne de 30 ans.
- Les traverses de bois choisies, de 2,1x2,7x2,6 m (7x9x8,5 po), sont conformes aux normes nord-américaines approuvées par l'AREMA.

8.5.16.5 Système de fixation

Le rail sera fixé par des crampons sur des selles de 35,6 cm (14 po) avec des ancrages de rail améliorés. Un ancrage amélioré type est présenté dans l'image ci-dessous.



Figure 8.5-30 : Ancrage typique amélioré

8.5.16.6 Aiguillages

Les aiguillages n° 8, n°10 et n° 20 en rail 136 RE sont recommandés.

Afin de faciliter la circulation des trains, il est important que les trains puissent franchir les aiguillages de la ligne principale sans subir de retard excessif. Les aiguillages de la ligne principale doivent être dimensionnés pour répondre aux exigences de l'exploitation. Les aiguillages n° 20 sont recommandés pour être placés sur la ligne principale et tous doivent être équipés d'aiguillages motorisés (à double commande) et de systèmes de soufflage d'air. Les souffleurs sont utilisés en hiver pour éloigner la neige du cœur de l'interrupteur et empêcher l'accumulation de glace qui pourrait bloquer les mouvements de l'interrupteur.

Les aiguillages à commande manuelle n° 8 sont recommandés pour les voies de triage et d'atelier. Certains des aiguillages n° 8 identifiés à des endroits critiques de la gare de triage seront également équipés d'un système de soufflage d'air froid.

Les aiguillages n° 10 sont recommandés pour relier les voies principales aux voies d'accès aux voies de triage.

La géométrie de la voie des aiguillages doit être conforme aux recommandations de l'AREMA. Un aiguillage type n° 8 est présenté dans Figure 8.5-31



Figure 8.5-31 : Photo d'un aiguillage typique n° 8

8.5.16.7 Ballast

Le ballast doit être composé de roches concassées ayant des qualités d'usure et d'abrasion élevées pour résister à l'impact de la densité du trafic et à l'entretien de la voie par des machines de bourrage lourdes sans dégradation excessive. La granulométrie recommandée pour le ballast doit être conforme aux exigences de la taille n° 4 de l'AREMA.

La profondeur du ballast ne doit pas être inférieure à 250 mm (10 po) sous la traverse. La largeur de l'épaulement du ballast ne doit pas être inférieure à 300 mm (12 po).

Conformément à l'article 1.3.6.1 du ch. 30 du *Manual for Railway Engineering* de l'AREMA, la pression maximale recommandée sur le ballast est de 450 kPa (65 psi) ou 585 kPa (85 psi) selon la qualité du ballast. Kerr⁸ recommande de limiter la pression à 515 kPa (75 psi). Pour les besoins de cette conception, nous limiterons la pression sur le ballast à 515 kPa (75 psi).

8.5.16.8 Section transversale type du ballast

Les dimensions de la section transversale type du ballast dépendent de la capacité portante de la formation de la plateforme, du type de traverse, de la largeur de l'épaulement de ballast et de la profondeur du ballast.

⁸ Arnold D. Kerr, auteur de *Fundamentals of Railway Track Engineering*, un livre de référence d'ingénierie reconnu dans le secteur.

La résistance fournie par le ballast dans l'épaulement de la section est fondamentale pour maintenir un bon alignement horizontal de la voie. Elle est générée par le coefficient de frottement entre les particules de ballast. La résistance est générée lorsque l'extrémité de la traverse passe à travers le ballast d'épaulement. Le fond du sous-ballast a généralement une largeur qui correspond à celle du sommet de la plateforme et une pente de 1V:2H pour la profondeur prévue du sous-ballast.

8.5.16.9 Rails protecteurs

Des rails protecteurs doivent être prévus sur tous les ponts et ponceaux en arc dont l'ouverture est supérieure à 4,5 m. La taille des rails protecteurs sera de 132 RE. Les rails protecteurs peuvent contenir un train et le maintenir à l'intérieur de l'enveloppe de la voie en cas de déraillement.

8.5.16.10 Dérailleurs

Des dérailleurs doivent être installés aux deux extrémités des voies lorsqu'il existe un risque que le matériel stationné soit déplacé par le vent ou la gravité et obstrue la ligne principale ou la voie d'évitement. En règle générale, des dérailleurs doivent être installés aux endroits où du matériel roulant non surveillé est régulièrement entreposé. L'emplacement et l'utilisation des dérailleurs seront conformes aux directives du Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada (REF) de Transports Canada sur les dérailleurs.

8.5.16.11 Butoir

Les butoirs d'attelage doivent être de marque Hayes WG de type mécanique.

Les butoirs d'attelage mécaniques doivent être dimensionnés conformément au dessin type de butoir d'attelage du CN.

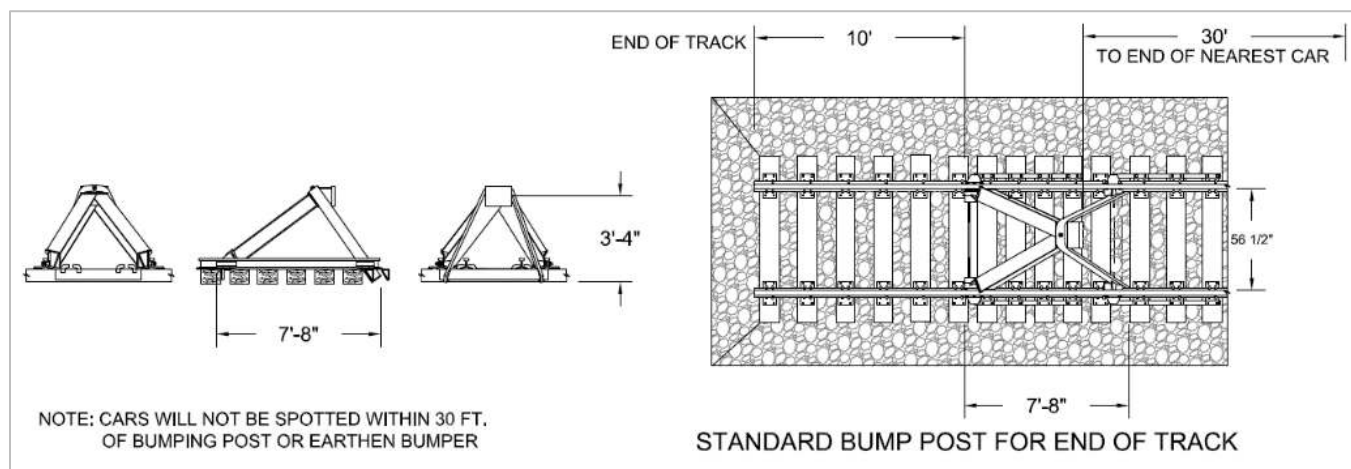


Figure 8.5-32 : Butoirs typiques du CN

8.5.16.12 Sommaire de la conception de la structure de la voie

Le tableau ci-dessous présente un sommaire de la conception de la structure de la voie.

Tableau 8.5-8 : Résumé des critères relatifs à la voie

Élément de la voie	Critère	
	Ligne principale et voies d'évitement	Voies de triage et d'entreposage
Rail	- Toutes les voies : 136 lb RE - Rails protecteurs : 132 lb RE	- Toutes les voies : 136 lb RE - Rails protecteurs : 132 lb RE
Joints	Soudés (LRS)	Joints
Traverses	Bois dur de 178 mm x 229 mm x 2,6 m (7 po x 9 po x 8,5 pi)	Bois dur de 178 mm x 229 mm x 2,6 m (7 po x 9 po x 8,5 pi)
Espacement des traverses	560 mm (22 po)	560 mm (22 po)
Fixations	Crampons, selles de 36 cm (14 po) et ancrages améliorés	Crampons, selles et ancrages améliorés
Aiguillages	Double motorisé/manuel – AREMA No. 20	Double motorisé/manuel ou manuel – AREMA No.10 et 8
Largeur de l'épaulement de ballast	300 mm (12 po) minimum	150 mm (6 po) minimum
Profondeur du ballast sous la traverse	250 mm (10 po) minimum	230 mm (9 po) minimum
Pente de l'épaulement de ballast	1V:2H	1V:2H
Profondeur du sous-ballast	300 mm (12 po) minimum	300 mm (12 po) minimum
Largeur de l'épaulement du sous-ballast	Au moins 600 mm (2 pi)	Au moins 600 mm (2 pi)
Pente de l'épaulement du sous-ballast	1V:2H	1V:2H
Pente transversale du sous-ballast	2,5 %	2,5 %

8.5.17 Tracé du chemin de fer le long de la route Billy Diamond (CFRBD)

Le projet ferroviaire potentiel de la phase 1 traverse des terrains de trappage appartenant aux communautés cries suivantes : Washaw Sibi⁹, Waswanipi, Waskaganish, Oujé-Bougoumou et Nemaska. L'un des principaux défis de la conception du corridor ferroviaire/de l'emprise ferroviaire est de minimiser autant que possible son intersection avec les zones humides et les zones d'utilisation des terres des Cries, telles que les zones de chasse et de pêche, et

⁹ La communauté de Washaw Sibi est reconnue par les Cries, mais n'est pas nécessairement reconnue légalement par le gouvernement du Québec. Dans l'optique de l'étude, la communauté de Washaw Sibi a été considérée comme équivalente à toutes les autres communautés cries participantes. L'équipe chargée de l'étude ne fait aucune allusion à des déclarations juridiques concernant leur statut, mais il s'agit plutôt d'une initiative visant à être aussi inclusif que possible.

les camps. L'équipe chargée de l'étude a travaillé avec les utilisateurs cris des terres pour identifier ces endroits et comprendre comment éviter ces zones de manière acceptable.

L'intention initiale était de concevoir la voie selon les normes de la classe 4, mais au fur et à mesure de l'avancement de l'étude, il est apparu de plus en plus que la classe 3 serait plus appropriée, ce qui permet d'utiliser des courbes plus serrées et de respecter les nouveaux critères socio-environnementaux. Il s'agit notamment de respecter la zone de haute densité de caribous, en longeant la route Billy Diamond le plus près possible.

Un principe clé de la conception du tracé horizontal a été de ne pas empiéter sur l'emprise de la route existante, qui a une largeur de 45 m (22,5 m de part et d'autre de l'axe de la route Billy Diamond).

La géométrie verticale a été conçue pour respecter une pente compensée maximale de 1,5 %. En outre, on s'est assuré que la couverture est suffisante au-dessus des ponceaux et qu'un niveau vertical raisonnable a été maintenu entre le profil et les passages à niveau (maxi. environ 3 m, considération des pentes routières). Les gares et les zones de transfert pour le tracé du CFRBD sont situées à Matagami et à Waskaganish.

Au cours de l'été et de l'automne 2022, des données LIDAR ont été préparées pour le corridor Billy Diamond. À la suite de l'analyse des nouvelles données LIDAR, le profil de Billy Diamond a été mis à jour pour assurer un niveau requis entre le bas du sous-ballast et le haut du ponceau.

Après avoir préparé un projet de tracé ferroviaire pour le CFRBD qui donnait la priorité à la conception de la voie pour qu'elle reste à l'intérieur d'un corridor de 200 m de large de la route Billy Diamond, nous avons observé qu'en raison du nombre important de courbes sur la route Billy Diamond, une certaine valeur pourrait être libérée par le biais de la conception d'un deuxième tracé du CFRBD qui se concentrerait moins sur le maintien à l'intérieur du corridor de 200 m de large et plus sur la réduction des courbes et de la longueur de la voie, et par conséquent, éventuellement sur la réduction des coûts d'investissement, des coûts d'exploitation et du temps de trajet. Ce deuxième tracé est désormais appelé la version « optimisée ». Pour résumer la hiérarchie des priorités de la conception du tracé, nous avons produit le tableau suivant.

Tableau 8.5-9 : Hiérarchie des options de conception du CFRBD

	Tracé de base du chemin de fer	Tracé optimisé du chemin de fer
Priorité	Éviter les zones d'utilisation des terres cries Éviter les sites archéologiques Éviter les zones protégées, p. ex. les refuges biologiques Éviter les autres zones très sensibles Éviter les zones urbaines	Éviter les zones d'utilisation des terres cries Éviter les sites archéologiques Éviter les zones protégées, p. ex. les refuges biologiques Éviter les autres zones très sensibles Éviter les zones urbaines
2^e priorité	Éviter les zones humides/les plans d'eau Éviter les emplacements sensibles pour la flore et la faune Maximiser la longueur à l'intérieur de la largeur de 200 m de la RBD	Éviter les zones humides/les plans d'eau Éviter les emplacements sensibles pour la flore et la faune Réduire au minimum le temps de trajet Réduire au minimum le capital d'exploitation et les frais d'exploitation
3^e priorité	Réduire au minimum le capital d'exploitation et les frais d'exploitation Réduire au minimum le temps de trajet	Rester dans la largeur de 200 m de la RBD
4^e priorité	Éviter les titres miniers	Éviter les titres miniers

Éviter les titres forestiers Considérations géotechniques (matériaux faibles, distance des bancs d'emprunt)	Éviter les titres forestiers Considérations géotechniques (matériaux faibles, distance des bancs d'emprunt)
---	---

Deux tracés ont été analysés afin de :

1. Identifier le meilleur itinéraire entre la ligne de base et l'optimisation (moins d'obstacles);
2. Trouver le trajet le moins coûteux;
3. Avoir le moins d'impact possible sur l'environnement;
4. Avoir la meilleure géométrie en matière de qualité par rapport aux coûts.

Le tracé de base et le tracé optimisé ont été notés en fonction de deux types de composants : l'aspect technique et l'aspect socio-environnemental. Nous avons ensuite établi une note finale en pondérant la valeur globale des deux composantes pour le projet proposé. Les tableaux ci-dessous montrent les résultats obtenus pour le tracé de base, le tracé optimisé et le tracé hybride qui ont été développés en conséquence.

Tableau 8.5-10 : Score technique (coût) du tracé de base et du tracé optimisé

Critère	1	2	3	4	5
Coûts de construction directs Coûts d'exploitation Coûts du cycle de vie	Coûteux par rapport à des chemins de fer similaires	Plutôt coûteux	Neutre	Plutôt économique	Économique

Critère	Magnitude (\$)	Pondération	De base	Optimisé
Coûts de construction directs	Milliards (dépensés au départ)	50 %	4,00	4,00
Coûts d'exploitation	Centaines de millions (répartis sur 50 ans)	20 %	3,50	4,00
Coûts du cycle de vie	Centaines de millions (répartis sur 50 ans)	30 %	3,00	4,00
Total			3,60	4,00

Tableau 8.5-11 : Score environnemental social du tracé de base et du tracé optimisé

Critère	1	2	3	4	5
Faune, flore, zones humides, utilisation des terres crie, archéologie, servitudes et titres	Impact négatif	Plutôt négatif	Neutre ou à déterminer	Minimal	Positif

Critère	Importance	Pondération	De base	Optimisé
Faune	Effet sur les caribous et sur les autres espèces menacées	25 %	4,00	2,00
Flore	Effet sur la vie des végétaux sensibles	5 %	4,00	4,00
Zones humides	Effet sur les habitats essentiels, les bassins versants et les zones humides	15 %	4,00	3,5
Utilisation des terres crie	Effet sur l'utilisation des terres crie	25 %	4,00	4,00
Archéologie	Effet sur les sites archéologiques	25 %	4,00	4,00
Servitudes et titres	Effet sur les servitudes et les titres	5 %	4,00	4,00
Total			4,00	3,43

Tableau 8.5-12 : Score final du tracé de base et du tracé optimisé

Critère	Pondération	De base	Optimisé
Critères de l'étude technique	45 %	3,60	4,00
Critères de l'étude socio-environnementale	55 %	4,00	3,43
Total		3,82	3,69

Un troisième tracé, appelé tracé hybride, a été développé à partir de ces deux tracés initiaux, conformément aux recommandations du rapport intermédiaire LGA-1-GN-T-TGN-RT-0002_00 présenté en octobre 2021. Ce tracé s’est concentré sur la combinaison des sections les plus performantes des tracés de base et optimisé et, en conséquence, une hiérarchie des priorités a été élaborée comme indiqué ci-dessous :

Tableau 8.5-13 : Hiérarchie des priorités pour le tracé hybride

Tracés ferroviaire « hybride »	
Priorité	• Éviter les zones d’utilisation des terres crie • Éviter les sites archéologiques • Éviter les zones protégées, p. ex. les refuges biologiques • Éviter les autres zones très sensibles • Éviter les zones urbaines
2^e priorité	• Éviter les zones humides/les plans d’eau • Éviter les emplacements sensibles pour la flore et la faune • Maximiser la longueur à l’intérieur de la largeur de 200 m de la RBD • Réduire au minimum le capital d’exploitation et les frais d’exploitation
3^e priorité	• Réduire au minimum le temps de trajet
4^e priorité	• Éviter les titres miniers • Éviter les titres forestiers • Considérations géotechniques • (Matériaux faibles, distance des bancs d’emprunt)

Ce tracé hybride ou combiné est long de 253,1 km avec 41 % du tracé en courbes. Le rayon minimal des courbes est de 500 m. Environ 58 % du tracé combiné longe la route Billy Diamond, c’est-à-dire que le corridor est situé entre 22,5 et 100 m de la route.

Le tracé combiné CFRBD est caractérisé par des courbes régulières d’un rayon minimal de 1,150 m. Toutefois, pour éviter de construire un pont, d’empiéter sur l’emprise ou pour d’autres types de contraintes, le rayon est fixé exceptionnellement à 500 m, avec une réduction de vitesse considérée comme étant de 85 km/h. On rencontre cette limitation, en début du tracé près de la gare de Matagami, entre le PK 1+426 et 3+228 où la voie traverse la route, et aux PK approximatifs 147+534, 157+391 et 212+483.

En matière de profil vertical, l’élévation du terrain naturel est irrégulière, variant entre une élévation maximale de 326 m et une élévation minimale de 192 m, soit une différence de 134 m. Avec une pente maximale de 1,5 % compensée pour le profil proposé, la variation est des élévations est 322 m à 197 m, correspondant à une différence de 125 m.

Tableau 8.5-14 : Comparaison entre le tracé de base, le tracé optimisé et le tracé hybride

Objet	De base		Optimisé		Hybride	
	Quantité	Longueur totale (m)	Quantité	Longueur totale (m)	Quantité	Longueur totale (m)
Longueur totale du tracé	-	263 276	-	250 510	-	253 113
Passages à niveau	75	-	81	-	85	-
Ponts	8	935	10	1 220	17	1 525
Zones humides	482	70 600	541	75 933	466	74 503
Lacs	12	1 020	13	853	8	417
Longueur totale en tangente	-	124 804	-	157 902	-	149 796
Longueur totale en courbe	-	138 472	-	92 608	-	103 317
% de courbes	136	52,60 %	71	36,97 %	71	40,82 %
Relation avec le corridor de 200 m de la RBD						
Longueur du corridor extérieur	-	65 458		148 390		107 536
% du corridor extérieur	-	24,86 %		59,24 %		42,49 %
Terrassement de la voie principal, de la voie d'évitement, des gares de triage de Matagami et de Waskaganish (m ³)						
Déblai	9 148 618		9 425 043		8 876 834	
Remblai	6 436 883		9 208 058		9 430 4382	
Sol végétal et tourbe	1 973 082		1 958 926		2 887 1413	

Remarques:

² Le remblai comprend les couches inférieures et supérieures de matériau granulaire MG112

³ La matière organique comprend le sol végétal et la tourbe. Les mesures géotechniques plus précises utilisées pour la conception du tracé hybride montrent des sections avec des dépôts de matière organique/tourbe plus profonds que ceux supposés pour les tracés de base et optimisé.

La géométrie du profil proposé respecte toutes les normes en vigueur, et sans aucune restriction de vitesse.

La pente maximale est de 1,5 %. La longueur la plus courte de la courbe verticale est de 60 m.



Figure 8.5-33 : Coupe transversale de l'agencement typique de la route et de la voie ferrée adjacentes

8.5.18 Tracé du chemin de fer Grevet-Chapais

La ligne ferroviaire reliant Grevet à Chapais est partiellement abandonnée, les 160 km du milieu de la subdivision étant utilisés pour diverses activités. Il s'agit notamment d'environ 90 km de pistes de motoneige et de 70 km pour l'industrie forestière en tant que route principale d'exploitation forestière. Les communautés crie touchées sont Washaw Sibi, Waswanipi et Oujé-Bougoumou.

L'ampleur des travaux de génie civil nécessaires à la remise en service de cette ligne a été déterminée sur la base de visites et d'inspections du tracé et des structures. Les inspections et les travaux proposés pour les ponts ferroviaires et les structures de drainage sont décrits en détail dans les sections « Visites du site, Structures et Hydrologie et drainage ».

Afin de réduire les coûts de construction, la voie proposée suivra la géométrie de la plateforme existante, à la fois horizontalement et verticalement, mais des travaux de terrassement seront nécessaires. L'essentiel de ces travaux consiste à débarrasser les pentes latérales de la plateforme et l'emprise ferroviaire des arbres et des broussailles, et à rétablir la section transversale de la plateforme là où elle a été déformée par l'érosion et l'usure de la surface causée par les grumiers et les motoneiges.



Figure 8.5-34 : Exemples de l'érosion et de l'empiétement de la forêt sur le sentier du lotissement Chapais

Des travaux supplémentaires de nature similaire peuvent également être nécessaires pour les sites proposés pour la gare de triage de Chapais, la gare voyageurs de Chapais, la gare voyageurs de Waswanipi et lorsque l'ajustement de certaines courbes horizontales est recommandé pour réduire le nombre d'endroits nécessitant des zones de vitesse réduite pour le trafic voyageurs.

La géométrie se caractérise par un rayon horizontal moyen de 800 m. Pour répondre à la demande du client, qui souhaite que le chemin de fer reconstruit reste à l'intérieur de l'emprise ferroviaire et utilise autant que possible les ponts existants, une réduction de la vitesse est recommandée à certains endroits, pour un total approximatif de 11,5 km, soit 7 % du chemin de fer. La vitesse maximale autorisée dans les sections touchées est de 60 km/h et comprend des courbes horizontales d'un rayon minimum de 420 m. Les mêmes critères ont été utilisés que pour le CFRBD en ce qui concerne les pentes et la longueur des courbes pour la conception. Pour le CFGC, la plateforme de la voie existante a été suivie aussi fidèlement que possible.

L'élévation maximale de la plateforme existante est d'environ 396 m, et l'élévation minimale est d'environ 270 m, soit une différence de 126 m. L'élévation maximale du profil proposé est de 396 m, tandis que l'élévation minimale est de 271 m, soit une différence de 125 m.

Le tracé Grevet-Chapais est long de 164,6 km, avec 26 % de tracé en courbes. Le rayon minimal de la courbe horizontale est de 420 m. La pente maximale est de 1,32 % et la pente minimale de 0,07 %. La longueur la plus courte de la courbe verticale est de 60 m.

La conception du tracé a été réalisée à l'aide des données LIDAR fournies en 2022 et des informations obtenues lors des visites du site en 2021, y compris les mesures des points GPS au centre de la plateforme existante et des dimensions de la plateforme, à savoir la largeur, la hauteur, les valeurs de la pente et le type de terrain, c'est-à-dire régulier ou rocheux.

La principale contrainte de conception était l'emprise ferroviaire initiale du CN, qui variait considérablement de chaque côté de la route existante. La conception a été réalisée selon les normes de la classe 3 (100 km/h [60 mi/h] pour les marchandises, 65 km/h [40 mi/h] pour les trains de voyageurs), mais avec plusieurs zones de restriction de vitesse pour les trains de voyageurs.

La première version des calculs de quantité de déblais et de remblais et de transport de masse, entrepris en 2021, ne prenait en compte que les bancs d'emprunt. D'autres calculs ont été complétés pour tenir compte des carrières de roc pour assurer des quantités suffisantes de ballast et de sous-ballast.

Les stations et les zones de transfert pour le tracé Grevet-Chapais sont situées à Chapais et à proximité de Desmaraisville et de la route 113, pour desservir Waswanipi.

8.5.19 Modélisation 3D – Civil 3D

La modélisation 3D de la plateforme et de la voie ferrée pour les deux corridors ferroviaires utilise une définition des surfaces de sol existantes, du tracé et du profil conçus (géométrie horizontale et verticale de la voie ferrée) et de la structure de la voie ferrée (dimensions des rails, des traverses, du ballast et du sous-ballast).

Lors de la préparation des surfaces Civil 3D triangulées, les données LIDAR brutes (fichiers laz) ont été fusionnées et divisées pour couvrir des segments de 10 km de tracé chacun. Les fichiers récapitulatifs ont été créés à partir des fichiers laz, puis importés dans le logiciel Civil 3D pour créer des surfaces triangulées (TIN).

Les unités et le système de référence géographique définis pour cette étude ont été respectés afin d'assurer la compatibilité entre les données de référence et les données utilisées par le consultant.

La Figure 8.5-35 fournit une capture d'écran de données LIDAR importées sur le corridor Grevet-Chapais, avec des points classés (sol, eau, végétation, pont, bruit). Seuls les points de sol et d'eau ont été utilisés pour créer des surfaces Civil 3D.

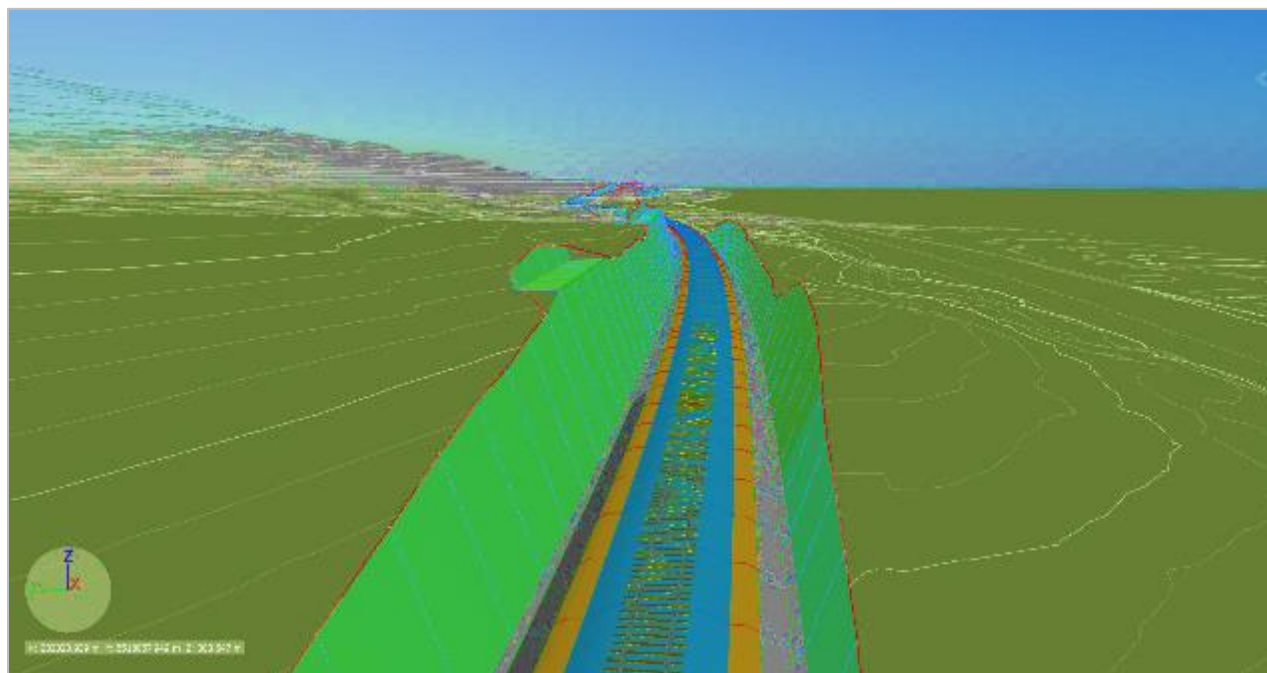


Figure 8.5-35 : Capture d'écran du modèle 3D utilisé pour la conception du tracé et du terrassement - PK18+280 (abscisse = 233 386, ordonnée = 5 518 070)

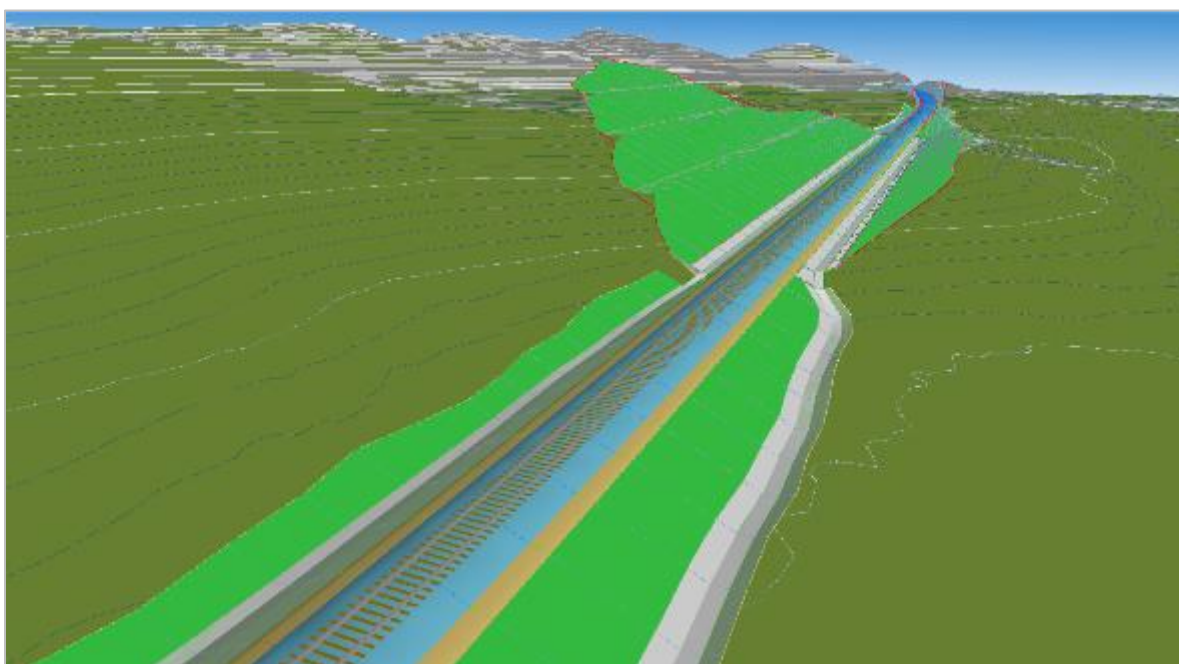


Figure 8.5-36 : Capture d'écran du modèle 3D utilisé pour la conception du tracé et du terrassement - PK17+900 (abscisse = 233 008, ordonnée = 5 518 038)

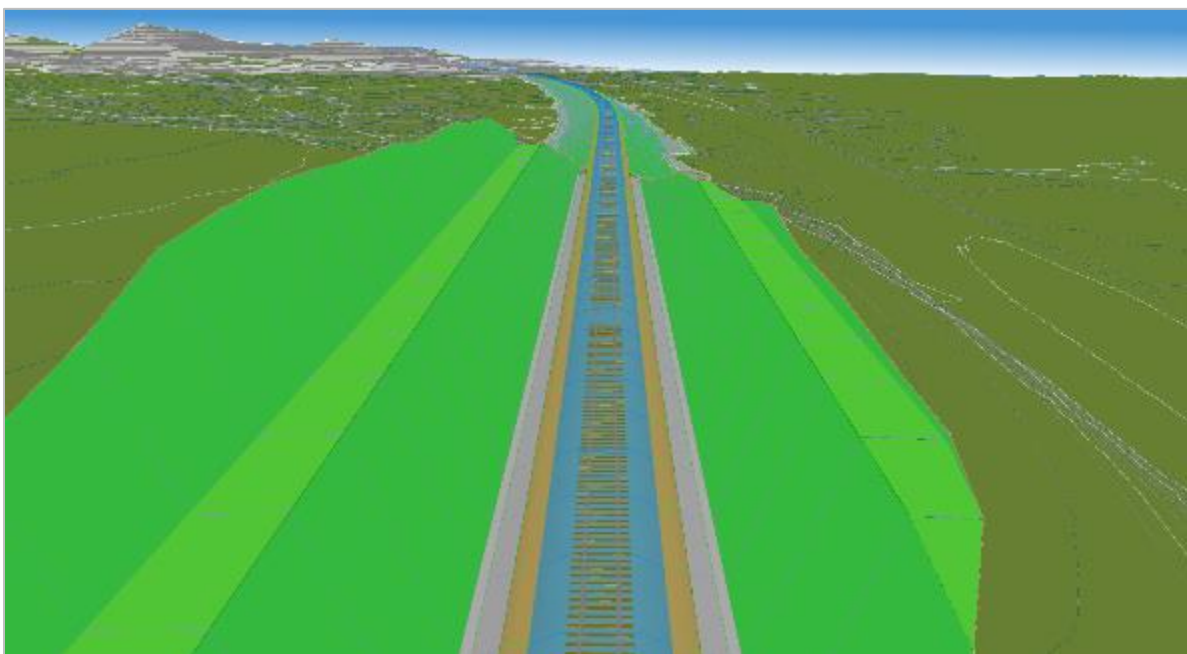


Figure 8.5-37 : Capture d'écran du modèle 3D utilisé pour la conception du tracé et du terrassement - PK19+550 (abscisse = 234 589, ordonnée = 5 518 443)

En raison de la longueur des deux voies ferrées, les corridors ont été divisés en 5 segments pour le CFRBD (environ 50 km de longueur chacun) et en 6 segments pour Grevet-Chapais (environ 30 km chacun).

Les corridors 3D créés le long du tracé ont utilisé des pentes de 1V:2H pour les remblais et les déblais. Là où les remblais étaient plus hautes que 6 m et les déblais plus profondes que 5 m, des banquettes de 3 m de large ont été utilisées. Les pentes des banquettes ont été gardées à 4 %. La largeur du sommet de la plateforme est constante le long de la voie principale (7,8 m). Les largeurs de plateforme sont plus importantes et variables dans les zones telles que les gares de triage, les gares, les voies d'évitement et les voies de garage maintenues avec une pente de 0 % (plat). Des pentes latérales de 3V:1H ont été utilisées dans certaines zones rocheuses du corridor CFRBD.



Figure 8.5-38 : Zone rocheuse (PK 16+040; la voie ferrée sera à 60 m sur la gauche)



Figure 8.5-39 : Passage d'une zone humide (PK 197+400; la voie ferrée sera à 30 m sur la gauche)

Pour le CFRBD proposé, qui est un projet entièrement nouveau, quatre catégories définissant les matériaux concernés ont été utilisées pour le calcul des quantités :

- La tourbe (matière organique) qui doit être enlevée
- Le remblai régulier est utilisé
- Le matériau granulaire (MG 112) nécessaire
- Le matériau de déblai réutilisable

Pour calculer ces quantités, trois types de couloirs ont été définis, chacun définissant un type spécifique de surface du sol.

1. Surface cible : sol existant – couche de tourbe (par zones d'épaisseur de tourbe)
 - Produits : tous les remblais (pour les zones excavées) et matériau de coupe réutilisable
2. Surface cible : sol existant
 - Produits : remplissage supérieur (pour les zones excavées)
 - Tous les matériaux de déblai et tous les remplissages (pour les zones MG 112)
3. Surface cible : Dessus de la couche de MG 112
 - Produit : remplissage supérieur (pour les zones MG 112)

La conception du corridor fournit l'empreinte du remblai de la voie ferrée sur le terrain existant et permet de vérifier qu'il n'y a pas de chevauchement sur l'emprise de la route Billy Diamond.

Il faut noter que l'objectif principal du modèle 3D est le calcul des quantités de terrassement. Ainsi, les détails complets de la superstructure de la voie n'ont pas été modélisés. En outre, au stade actuel de la conception, les fossés de chaque côté de la voie suivent le même tracé que la voie. Ceci est adéquat dans le but d'estimer les quantités d'excavation. Pendant la phase de conception détaillée, le profil du fossé doit être conçu avec une pente minimale de 0,25 % pour répondre aux exigences d'écoulement de l'eau.

Pour calculer les quantités de déblais et de remblais, nous avons appliqué la méthode utilisant des zones de section (critères de prise de quantité) tous les 50 m. Ceci est nécessaire pour estimer le diagramme de transport de masse. Pour prendre en compte les quantités supplémentaires de plateformes dues aux tassements, le haut du profil du rail a été ajusté (relevé) en fonction de l'épaisseur de la tourbe et de la hauteur de la plateforme.

8.5.20 Passages à niveau

Les critères utilisés pour l'analyse des passages à niveau sont :

- L'accès aux propriétés (édifices, etc.);
- Toutes les routes qui semblent importantes (validation par Street View) sont retenues;
- La suppression de certaines routes lorsqu'elles se croisent ou lorsque l'accès peut se faire par une autre route à une distance maximale de 5 km;
- Certaines pistes sont retenues lorsqu'elles sont validées par des analyses ultérieures;
- Les pistes de motoneige sont conservées lorsqu'elles sont identifiées. Lorsqu'elles se croisent, un seul accès est retenu;
- Lorsque les routes croisent plusieurs fois les voies ferrées et que la route est considérée comme majeure, une déviation doit être réalisée en maintenant un accès unique (l'étude de la déviation n'a pas été réalisée);
- Lorsque les intersections de plusieurs routes sont proches, la priorité est donnée à celles où nous avons une meilleure visibilité et où le profil nous convient;
- L'accès aux zones de trappage;
- Lorsque cela était possible, l'ajustement du profil de la voie pour créer un passage à niveau a été considéré.

Les passages à niveau ont été conçus conformément au Règlement sur les passages à niveau de Transports Canada. Les distances de visibilité ont été évaluées conformément au document de Transports Canada intitulé « Détermination des lignes de visibilité minimales aux passages à niveau ». En raison du grand nombre de routes forestières en gravier qui traversent le CFRBD, nous recommandons que certains passages soient consolidés pour réduire le nombre de passages à niveau et augmenter la sécurité. Les passages à niveau offrant les meilleures perspectives et les pentes d'approche les plus souhaitables seront conservés, et des détours seront construits pour permettre l'accès aux routes coupées par le chemin de fer afin d'offrir un accès continu.

Les tracés ferroviaires proposés de Billy Diamond et Grevet-Chapais croiseront plusieurs routes et sentiers existants utilisés par les véhicules et les piétons. Pour garantir une utilisation sûre de ces routes et sentiers existants, il faut construire des passages.

Pour déterminer le nombre de passages à niveau nécessaires, nous avons examiné les tracés proposés par rapport à de nombreuses sources de données. Google Earth et d'autres images satellites ont été utilisés pour localiser les points où les tracés traversaient des routes et des sentiers existants. Les tracés ont également été comparés aux sentiers de motoneige et de randonnée existants, obtenus à partir des données Arc GIS. Pour déterminer le type de passage à niveau requis, les données d'élévation de la surface ont été utilisées pour attribuer aux points de passage une élévation afin de pouvoir calculer la différence de hauteur entre les chemins existants et le chemin de fer proposé. La liste initiale des points de croisement a été examinée afin de déterminer où il serait avantageux de combiner les passages.

Sur la base de la méthodologie ci-dessus, un nombre total de 123 passages à niveau a été identifié; 85 d'entre eux se trouvent sur le CFRBD et 38 sur le chemin de fer Grevet-Chapais. Nous avons réalisé une étude des chemins et des voies afin d'optimiser l'emplacement des passages à niveau pour augmenter la sécurité.

Le tableau suivant indique le nombre et le type de passages à niveau sur les lignes Grevet-Chapais et Billy Diamond.

Tableau 8.5-15 : Nombre de passages à niveau

Passages	Mineur	Majeur	Majeur pavé
Grevet-Chapais	36	0	2
Billy Diamond	54	29	2

Il existe plusieurs types de passages à niveau, et les catégorisations ci-dessous ont été utilisées pour distinguer les différentes voies traversées par le chemin de fer :

- **Mineur** : Passage avec une piste forestière, une route domestique ou une piste de motoneige.
- **Majeur** : Passage avec une route non asphaltée.
- **Pavé majeur** : Passage avec une importante route asphaltée.

Une liste complète de tous les passages à niveau sur les deux lignes est présentée à l'annexe 6.12.



Figure 8.5-40 : Deux exemples de passages à niveau mineurs.

À gauche, un passage à niveau avec un revêtement à base de planches de bois. À droite, un passage à niveau avec un revêtement en caoutchouc.



Figure 8.5-41 : Vue d'un passage à niveau majeur

En raison de la topographie du terrain, certains passages à niveau doivent être modifiés afin de respecter le tracé de la voie. Nous avons réalisé des coupes en utilisant les données LIDAR de la zone afin d'obtenir des modèles précis de chaque passage à niveau.

Conformément aux réglementations de Transports Canada, la surface de franchissement de tous les passages doit être lisse et continue et doit être conforme à l'illustration et au tableau suivants.

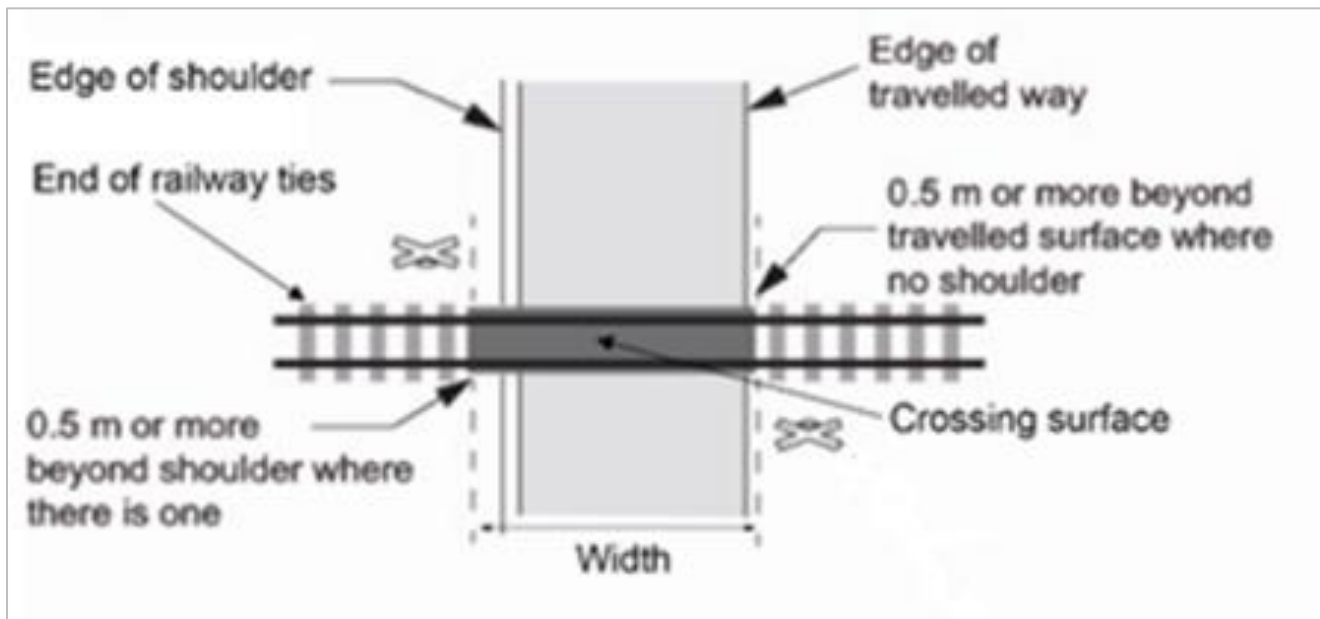


Figure 8.5-42 : Dimensions de la surface du passage à niveau

Tableau 8.5-16 : Critères de revêtement du passage à niveau

Ornière			Largeur
Largeur	Minimum		65 mm
	Maximum	Pour les trottoirs, chemins ou sentiers publics Pour tous les autres passages	75 mm 50 mm
Profondeur	Minimum		50 mm
	Maximum	Pour les trottoirs, chemins ou sentiers publics Pour tous les autres passages	75 mm Aucune limite
Élévation du haut du rail par rapport à la surface du passage à niveau	Maximum au-dessus de la surface du passage à niveau		13 mm
	Maximum au-dessous de la surface du passage à niveau		7 mm

Tous les passages à niveau doivent être équipés d'un panneau d'avertissement (panneau de passage à niveau). Le panneau doit :

- Avoir un revêtement rétroréfléchissant qui couvre toute la surface des panneaux,
- Avoir une bordure de 50 mm à l'avant de chaque lame, avec une sérigraphie transparente à l'encre rouge sur un matériau en feuille.

Un panneau indiquant le nombre de voies à un passage à niveau (panneau Nombre de voies) doit :

- Avoir un revêtement rétroréfléchissant qui couvre toute la surface du panneau,
- Avoir un chiffre et un symbole qui est transparent, à l'encre rouge et traité par sérigraphie.

8.5.20.1 Gabarits

Selon la norme TC-E05 de Transports Canada, des gabarits sont déterminés pour les structures qui traversent ou sont proches du chemin de fer. La norme indique ce qui suit : « Tout ouvrage au-dessus ou à côté du chemin de fer, à l'exception des ponts, abris à neige et ponts en bois, doit offrir les dégagements minimaux indiqués dans le diagramme 1. » Le diagramme 1 est reproduit à partir de l'illustration ci-dessous.

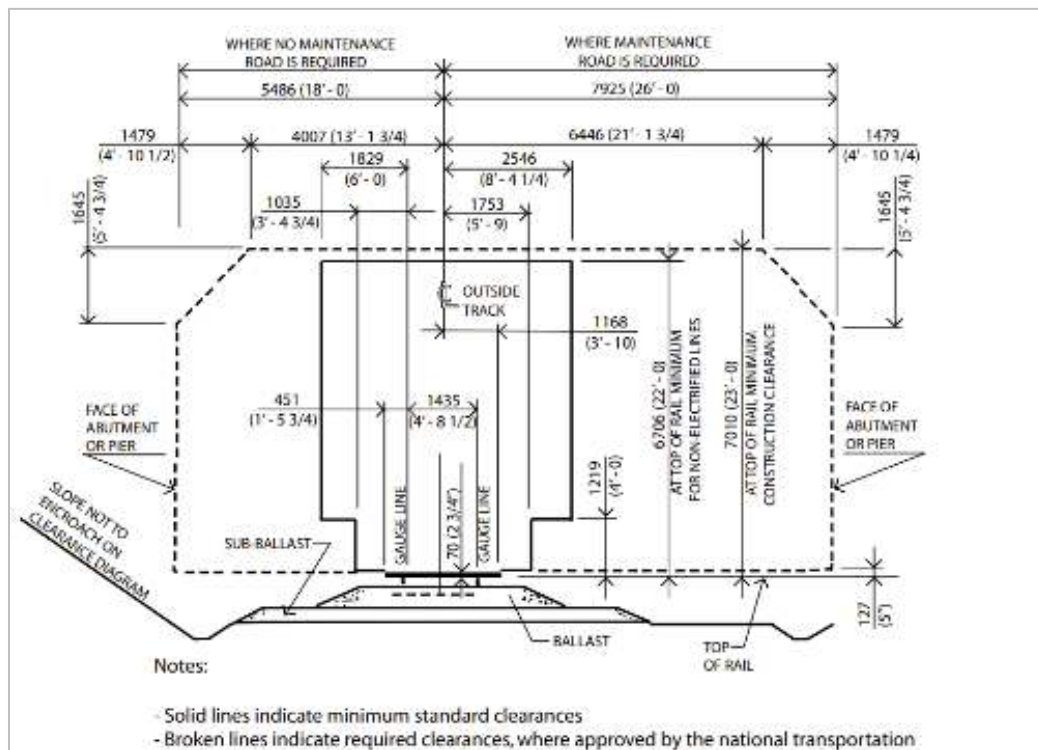


Figure 8.5-43 : Dégagements standard pour les chemins de fer

Les seuls services publics qui traversent les chemins de fer sont les lignes à haute tension d'Hydro-Québec (indiquées dans la Figure 8.5-44) dans la section Grevet-Chapais. Les lignes sont à plus de 10 m (32 pi) de hauteur, et par conséquent, ne créeront pas de litige.

Les croisements sont situés aux chaînages suivants de la ligne Grevet-Chapais : 171+400, 223+000, 230+000, 263+000 et 272+600.



Figure 8.5-44 : Emplacement des lignes à haute tension traversant la ligne ferroviaire Grevet-Chapais

8.5.21 Voies d'évitement

La longueur utile des voies d'évitement est définie comme la longueur du train le plus long à utiliser la voie d'évitement, majorée de 10 %. Cette distance est mesurée entre les points d'obstruction. Le point d'obstruction est également appelé point de dégagement. Il s'agit d'un point identifié à chaque extrémité d'une voie d'évitement qui délimite la section de la voie d'évitement où un train peut s'arrêter en toute sécurité sans être heurté par un autre train passant sur la ligne principale. Au-delà de ce point, la voie d'évitement se rapproche de la ligne principale. Le plus long train proposé a une longueur de 1 200 m, et une longueur de 1 300 m entre les points d'obstruction a été utilisée comme base pour la conception des voies d'évitement afin de fournir un tampon opérationnel d'environ 10 %.

Sur le chemin de fer Grevet-Chapais, la plus grande longueur totale de train recommandée est de 700 m, et une longueur de 780 m entre les points d'obstruction a été utilisée comme base pour la conception des voies d'évitement afin de fournir un tampon opérationnel de 10 %.

La pente des voies d'évitement a été limitée à moins de 0,6 %. Pour des raisons de sécurité, les voies de garage seraient sur une pente descendante de 0,1 % vers le butoir à l'extrémité terminale de la voie de garage.

Trois voies d'évitement sont proposées pour le tracé de la ligne principale du CFRBD, et chaque voie d'évitement est équipée d'une voie de retour. La ligne Grevet-Chapais comporte trois voies d'évitement avec des voies de retour. La voie d'évitement située à l'extrémité ouest de la ligne comporte deux voies afin de pouvoir servir de point d'échange avec les trains du CN en correspondance. Toutes les voies de garage ont une longueur de 200 m au-delà du point d'obstruction.

L'espacement entre l'axe de la voie principal et la voie d'évitement est de 4,5 m minimum (cette distance a été élargie dans certains cas sur Grevet-Chapais en raison de la courbure du tracé principal), et la distance entre les voies d'évitement et les voies de garage est de 6 m. Certaines exceptions doivent être prises en compte concernant l'espacement et les contraintes géographiques. Les voies d'évitement pour billes et poteaux ont été conçues conformément à la norme de la voie industrielle du CN, qui exige un espacement minimal de 7,62 m (25 pi) entre les voies pour les installations de chargement de billes et de poteaux.

8.5.22 Gares et quais de voyageurs

Deux gares voyageurs, Matagami et Waskaganish, sont desservies par le CFRBD. Le site proposé pour la station Matagami se trouve sur le côté nord-ouest du Boul. Industriel et juste au sud de la jonction avec le BD Matagami. Le site proposé pour la gare de Waskaganish se trouve à la jonction de la route Billy Diamond et du chemin de Waskaganish, à proximité immédiate de la gare de triage proposée. La ligne Grevet-Chapais a aussi deux stations. Le site proposé pour la station de Waswanipi est adjacent à la route 113, traversée par la ligne de chemin de fer, à environ 1,5 km au nord de Desmaraisville. Le site proposé pour la station de Chapais se trouve immédiatement au sud de la communauté, et une route de 700 mètres la relie à la rue de l'Assainissement.

Une seule conception pourrait être appliquée pour les bâtiments et les quais des quatre gares. Le développement du concept d'aménagement de la station est décrit dans la section suivante.

Deux gares voyageurs (Matagami et Waskaganish) sont desservies par la ligne principale de Billy Diamond, et deux autres gares (Waswanipi et Chapais) sont desservies par la ligne principale de Grevet-Chapais. Une seule conception pourrait être appliquée pour les bâtiments et les quais des quatre gares.

Certaines architectures locales inspirées par la culture de la communauté crie (les exemples sont présentés dans les figures ci-dessous) sont considérées comme de bonnes références qui démontrent l'expression des valeurs de la communauté crie en matière d'architecture :

- L'utilisation d'éléments naturels (par exemple le bois).
- Des vues ouvertes pour maintenir le lien avec l'extérieur.
- La réduction de l'empreinte sur le territoire afin de maximiser l'espace naturel et de rendre le bâtiment le plus efficace possible en matière d'espace.



Figure 8.5-45 : Exemples d'architecture locale inspirée de la culture crie.

De gauche à droite : Institut culturel cri Aanischaaukamikw, caserne de pompiers à Waskaganish et service de police d'Eeyou Eenou (E.E.P.F.) à Waskaganish. Le tableau suivant présente les différents éléments pris en compte dans la conception.

Tableau 8.5-17 : Description générale des gares

Composant	Description
Quai	Permet un accès sûr au train. Il est suffisamment large pour permettre une circulation aisée des passagers et des activités d'entretien et de déneigement.
Bâtiment de la gare	• Toilettes publiques • Aire d'attente des passagers • Billetterie • Installations d'entretien
Abri extérieur	Permet aux passagers d'être protégés tout en étant à l'extérieur. Il s'agit d'un lien entre l'aire d'attente et le quai.
Stationnement	25 places de stationnement, dont une pour les personnes à mobilité réduite.

Les gares voyageurs nécessitent un espace clos qui doit répondre aux exigences minimales pour les besoins de l'exploitation. Des espaces appropriés doivent être envisagés pour le personnel, pour l'entretien, ainsi que pour les passagers. Un stationnement pouvant accueillir jusqu'à 25 véhicules, dont une place pour les personnes à mobilité réduite, est également proposé pour chaque station. La figure ci-dessous présente la disposition générale d'une station.

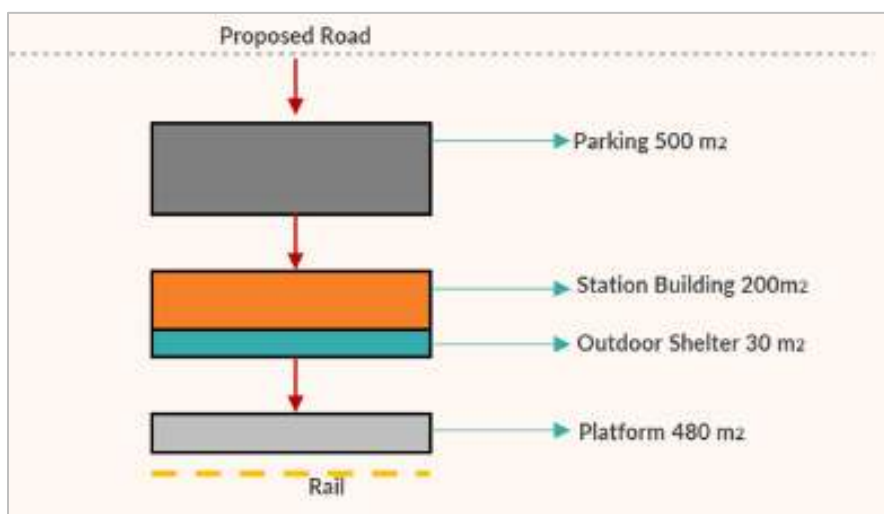


Figure 8.5-46 : Schéma d'aménagement de la gare voyageurs

Trois différentes configurations sont proposées pour le concept d'une gare.

Option A : Le bâtiment de la gare est situé sur le côté de la liaison piétonne entre le stationnement et le quai de la gare. Cela permet d'établir une connexion directe entre les trois éléments (stationnement, bâtiment et plateforme).

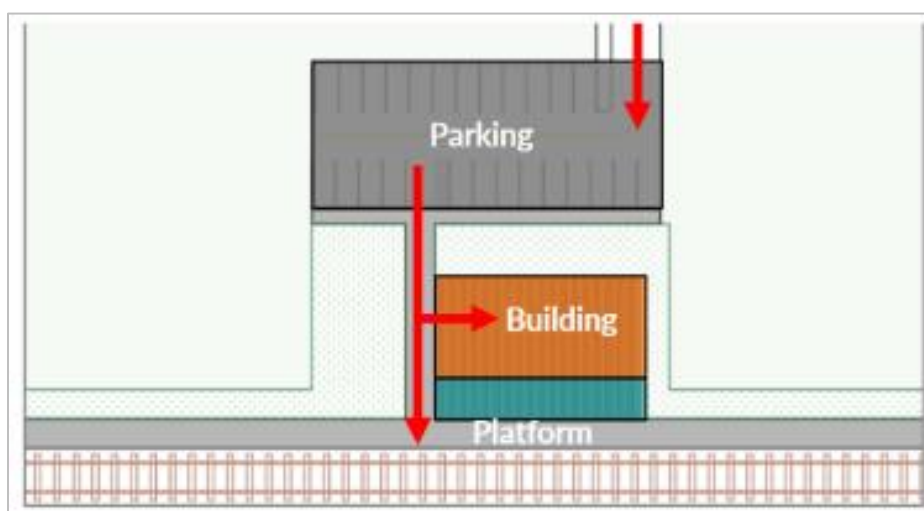


Figure 8.5-47 : Plan conceptuel de la gare voyageurs - option A

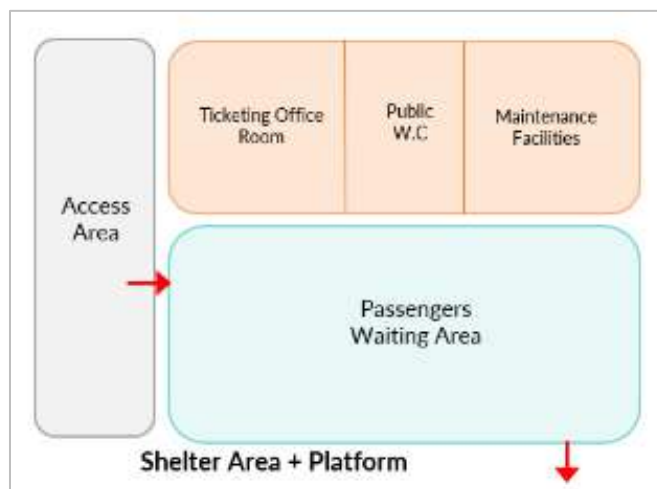


Figure 8.5-48 : Schéma de planification illustrant l'approche générale - option A de la gare voyageurs

Option B : Deux bâtiments, la salle d'attente pour les passagers et les installations pour les employés des chemins de fer, sont séparés dans cette option : La circulation des passagers vers et depuis le quai passe par une zone protégée par un toit commun au bâtiment public et au bâtiment du personnel ferroviaire.

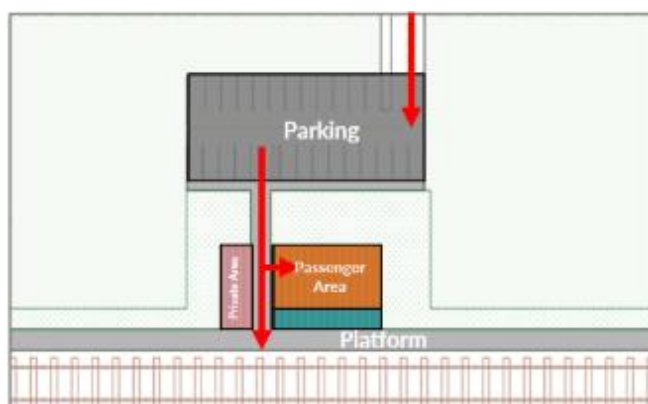


Figure 8.5-49 : Plan conceptuel de la gare voyageurs - option B

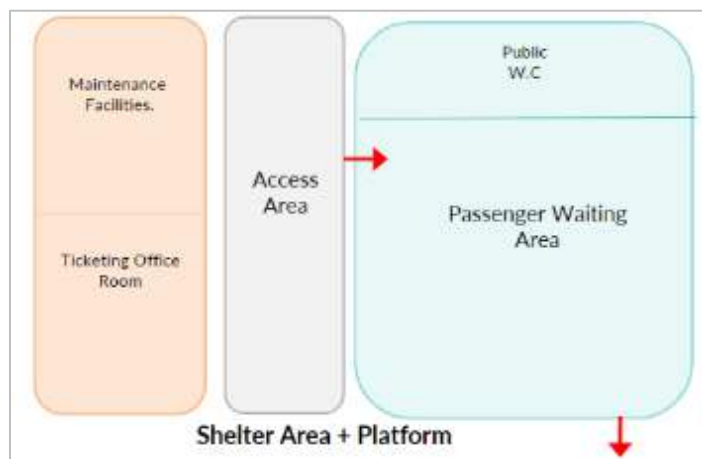


Figure 8.5-50 : Schéma de planification illustrant l'approche générale - option B de la gare voyageurs

Option C : Un seul bâtiment contient toutes les fonctions requises pour la gare, avec la circulation principale à travers le bâtiment.

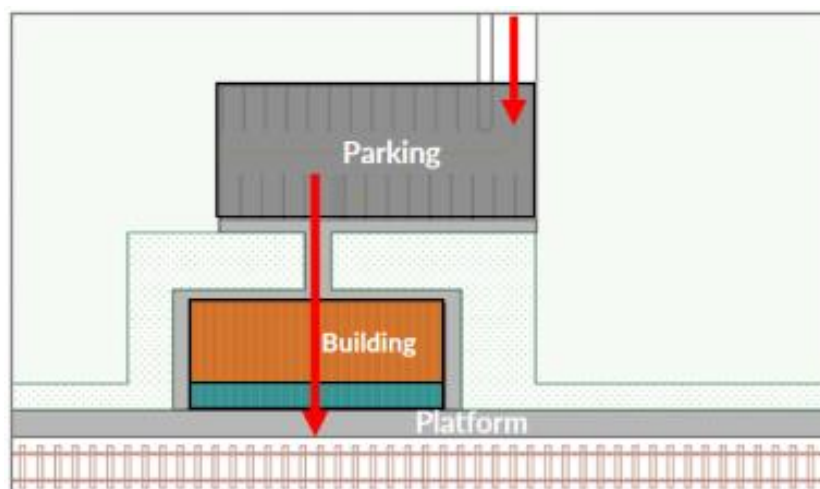


Figure 8.5-51 : Plan conceptuel de la gare voyageurs - option C



Figure 8.5-52 : Schéma de planification illustrant l'approche générale - option C de la gare voyageurs

8.5.22.1 Accès et circulation

L'accès principal au bâtiment de la gare et/ou au quai doit se faire depuis le stationnement par un cheminement accessible sans obstacle et suffisamment large pour permettre la circulation de tous. La circulation principale pourrait être située sur le côté du bâtiment, ce qui peut créer un lien direct avec le quai pour ceux qui ont besoin d'entrer dans le bâtiment (en cas de pluie ou de neige, par exemple). La forme de la gare est censée répondre aux paramètres et aux besoins de l'environnement et aux références locales.

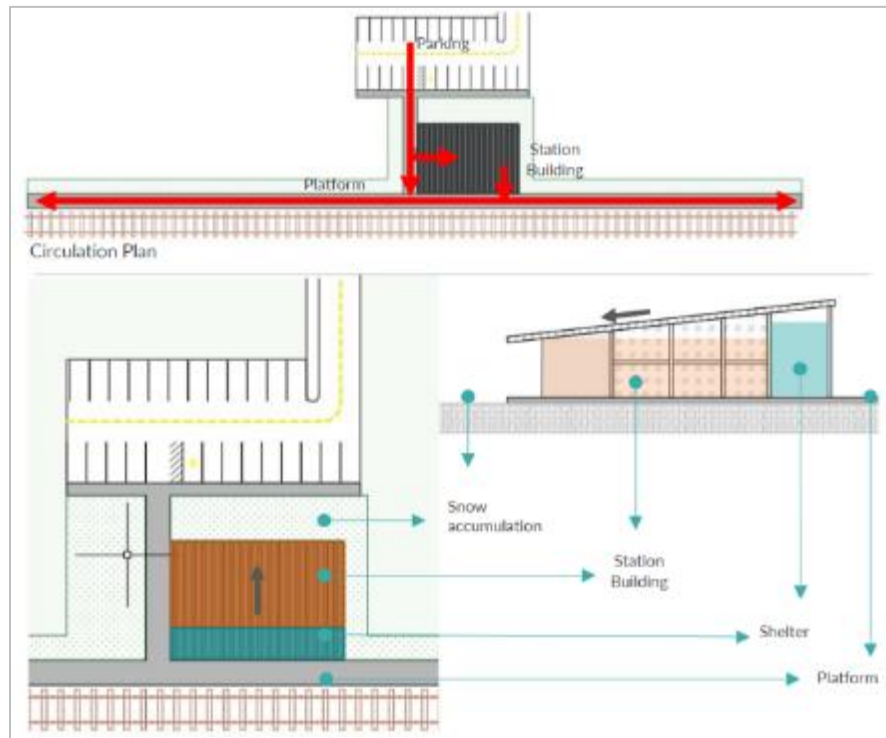


Figure 8.5-53 : Plan de la gare voyageurs : installations

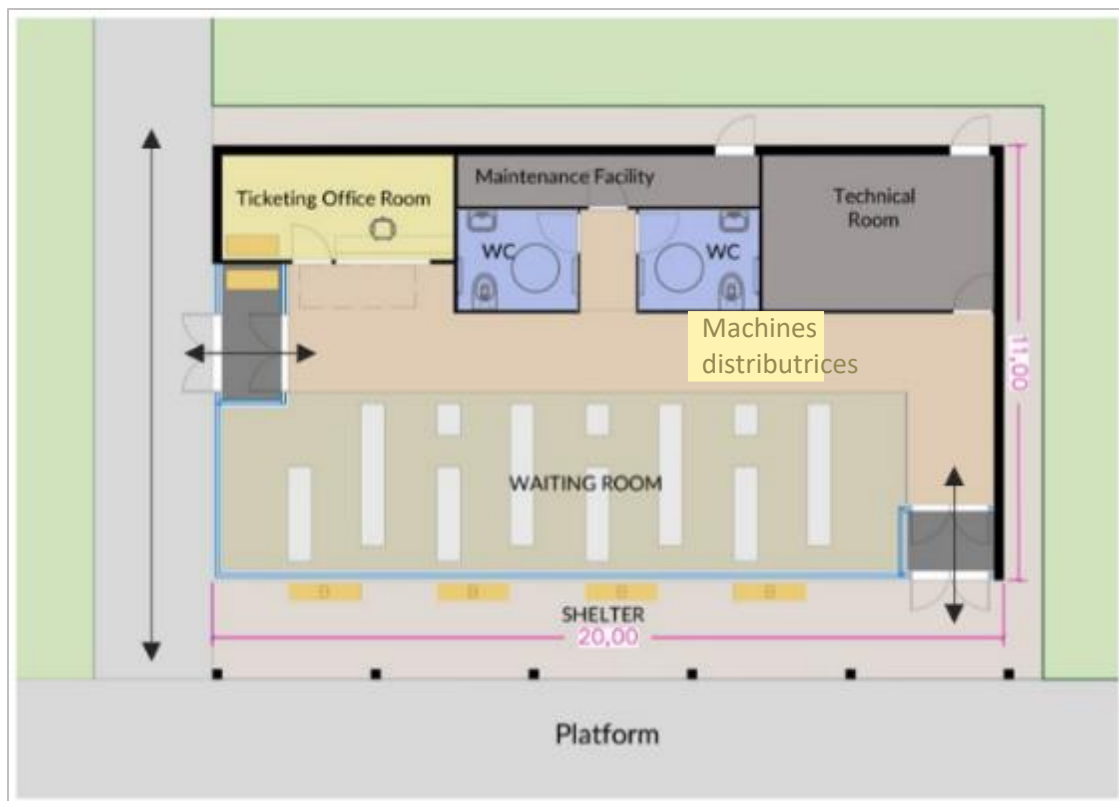


Figure 8.5-54 : Vue en plan des salles de gare

8.5.22.2 Quais de voyageurs

Les quais de voyageurs doivent respecter les dimensions suivantes :

Tableau 8.5-18 : Dimensions d'un quai de passagers

Dimension	Exigence
Quais de bas niveau minimal	203 mm (8 po) au-dessus du haut du rail 1 676 mm (5 pi-6 po) de l'axe de la voie adjacente au bord du quai
Quais de haut niveau minimum	1 308 mm (4 pi-3½ po) au-dessus du haut du rail 1 702 mm (5 pi-7 po) de l'axe de la voie adjacente au bord du quai
Largeur minimale du quai latéral	3 048 mm (10 pi)

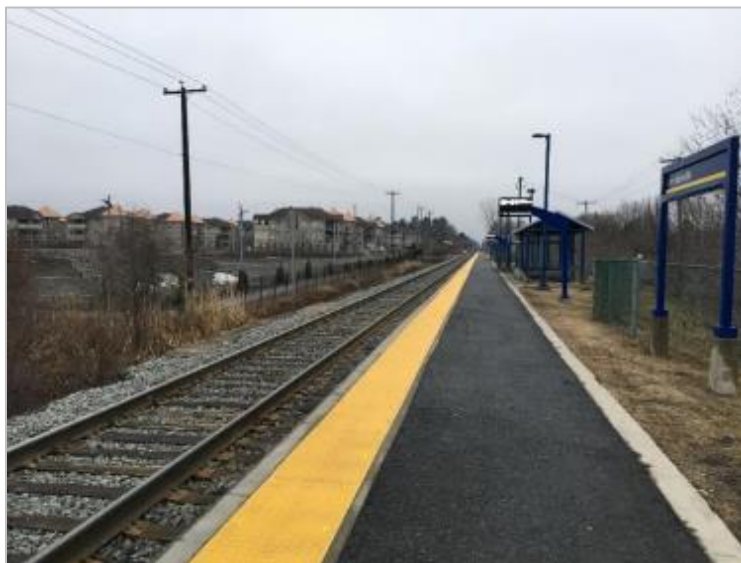


Figure 8.5-55 : Exemple d'un quai d'une gare voyageurs

8.5.23 Gares de transbordement

Les gares de marchandises fournissent des voies et des zones de dépôt pour charger/décharger les trains de marchandises, effectuer des inspections de sécurité, garer le matériel inutilisé, faire tourner les locomotives et effectuer des réparations mineures.

Trois gares de marchandises sont incluses dans le projet proposé : deux pour le CFRBD et une pour le CFGC. La configuration de chacune des gares varie en fonction des produits de base qui y sont traités. La gare de Matagami permet également d'accéder à l'atelier d'entretien du matériel roulant. Pour plus d'informations sur les bâtiments situés à l'intérieur de ces gares de triage, veuillez consulter la section sur les opérations ferroviaires.

8.5.23.1 Gare de triage de Waskaganish

La gare de triage de Waskaganish proposée sera située près de l'intersection du chemin de Waskaganish et de la route Billy Diamond, à environ 103 km de la communauté de Waskaganish. Cet emplacement a été jugé plus avantageux qu'un emplacement près de la rivière Rupert (PK 253) pour les raisons suivantes :

1. Les maîtres de trappage du terrain (N23) ont révélé qu'ils chassent l'orignal dans une section de terrain situé à l'ouest du chemin de fer, près de la rivière Rupert, ce qui entrerait en conflit avec une gare à l'ouest du chemin de fer. Les maîtres de trappage ont déclaré qu'ils étaient satisfaits de l'emplacement actuel proposé pour la gare de triage (adjacente à la route d'accès à Waskaganish).
2. Il y a une longue et large courbe horizontale dans le chemin de fer avant la rivière Rupert qui limite de façon importante l'installation d'aiguillages pour un accès facile à une éventuelle gare de triage.
3. La proximité de la gare de triage avec la route d'accès à Waskaganish constituera un bon accès pour les passagers, et le site présente une bonne topographie qui minimise les quantités de déblais et de remblais.

Le temps de trajet estimé en voiture est d'environ 1 h 36 avec la route actuelle, mais grâce aux réfections de la phase I de la route de Waskaganish, le temps de trajet sera réduit à un peu plus d'une heure. Les logements situés au camp près de la rivière Rupert seront utilisés pour le personnel du chemin de fer qui doit y passer la nuit.

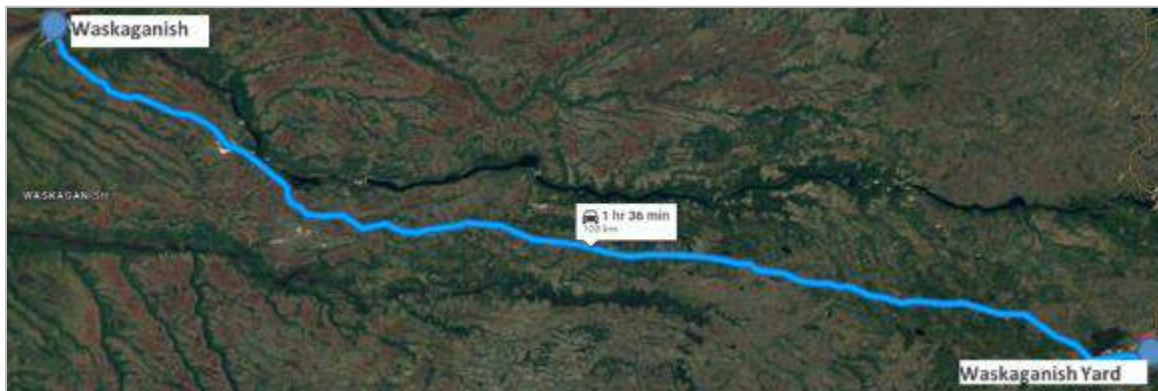


Figure 8.5-56 : Plan d'emplacement : communauté de Waskaganish et gare de triage de Waskaganish



Figure 8.5-57 : Plan d'emplacement : gare de triage de Waskaganish



Figure 8.5-58 : Plan d'emplacement : gare de triage de Waskaganish

La gare voyageurs de Waskaganish est située entre le triage et la route de Waskaganish. Il y a suffisamment d'espace pour implanter une station-service sur le chemin de Waskaganish, à côté de la route d'accès à la station et de la route d'accès à la gare de triage.

Les bâtiments suivants seront nécessaires dans la gare de triage de Waskaganish :

1. Édifice d'entretien de la voie – pour stocker l'équipement d'entretien de la voie
2. Bâtiment de bureaux – pour abriter l'aire de changement d'équipe pour les ouvriers de la gare
3. Lithium en vrac 01 – pour stocker le lithium provenant d'une mine avant de le charger sur un wagon.
4. Lithium en vrac 02 – pour stocker le lithium provenant d'une mine avant de le charger sur un wagon.

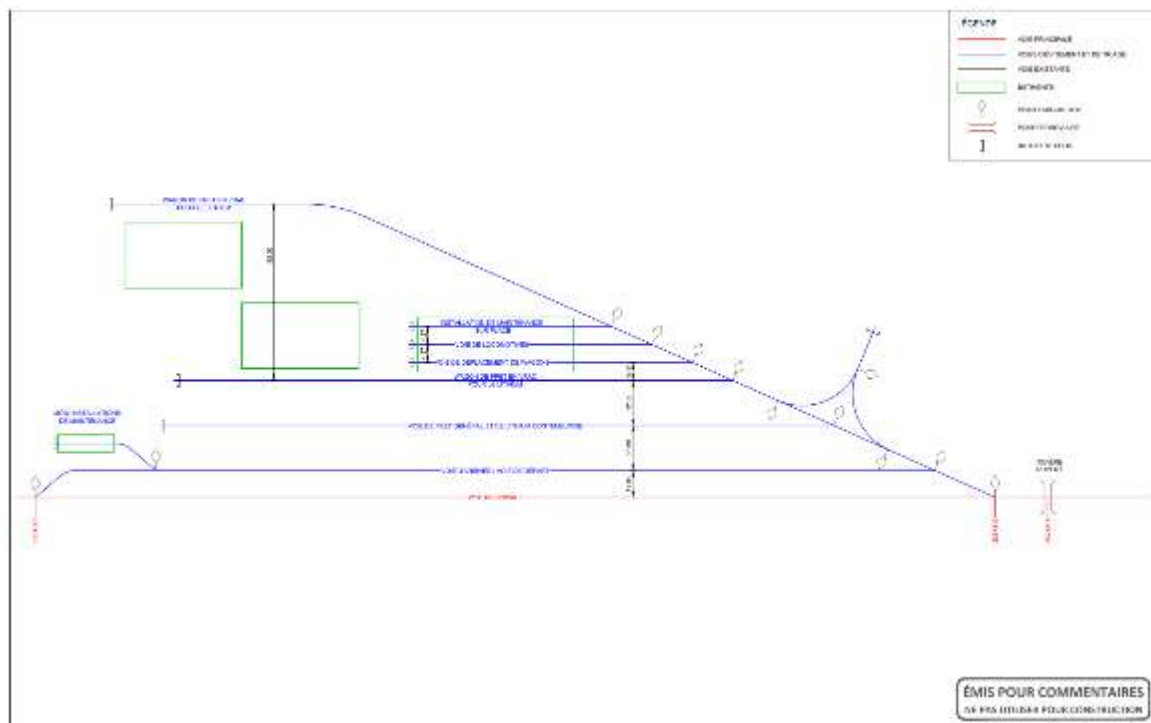


Figure 8.5-59 : Plan schématique de la gare de triage de Waskaganish

8.5.23.2 Gare de triage de Matagami

La gare proposée à Matagami sera située près du Boul. Industriel (route 109). À environ 7 kilomètres de la communauté de Matagami. La durée estimée du trajet en voiture est d'environ 8 minutes.



Figure 8.5-60 : Plan d'emplacement : communauté et gare de triage de Matagami



Figure 8.5-61 : Plan d'emplacement : gare de triage de Waskaganish

Les éléments suivants seront nécessaires dans la gare de triage de Matagami :

1. Entretien de la voie – pour stocker et entretenir l'équipement d'EVF
2. Dépôt – pour entretenir le matériel roulant (aussi connu sous le nom d'atelier)
3. Voie RIP – pour stocker les véhicules

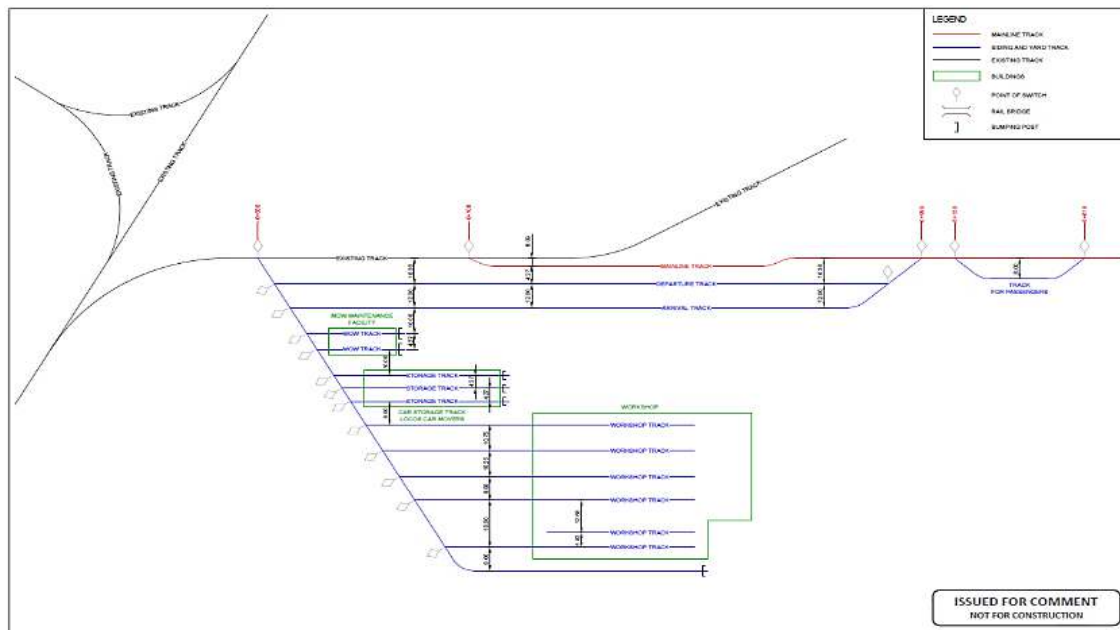


Figure 8.5-62 : Plan schématique de la gare de triage de Matagami

8.5.23.3 Gare de triage de Chapais

La gare de triage Chapais proposée est située au sud de la route 113, à environ 2 km à l'est de la communauté de Chapais.



Figure 8.5-63 : Plan d'emplacement : communauté de Chapais, gare de Chapais et gare de triage de Chapais

Les bâtiments suivants seront nécessaires dans la gare de triage de Chapais :

1. Entretien de la voie – pour stocker et entretenir l'équipement d'EVF

2. Lithium en vrac – pour stocker le lithium provenant d’une mine avant de le charger sur un wagon.
3. Cuivre en vrac 01 – pour stocker le cuivre provenant d’une mine avant de le charger sur un wagon.
4. Cuivre en vrac 02 – pour stocker le cuivre provenant d’une mine avant de le charger sur un wagon.
5. Voie de réparation, pousse-wagon – pour stocker les véhicules

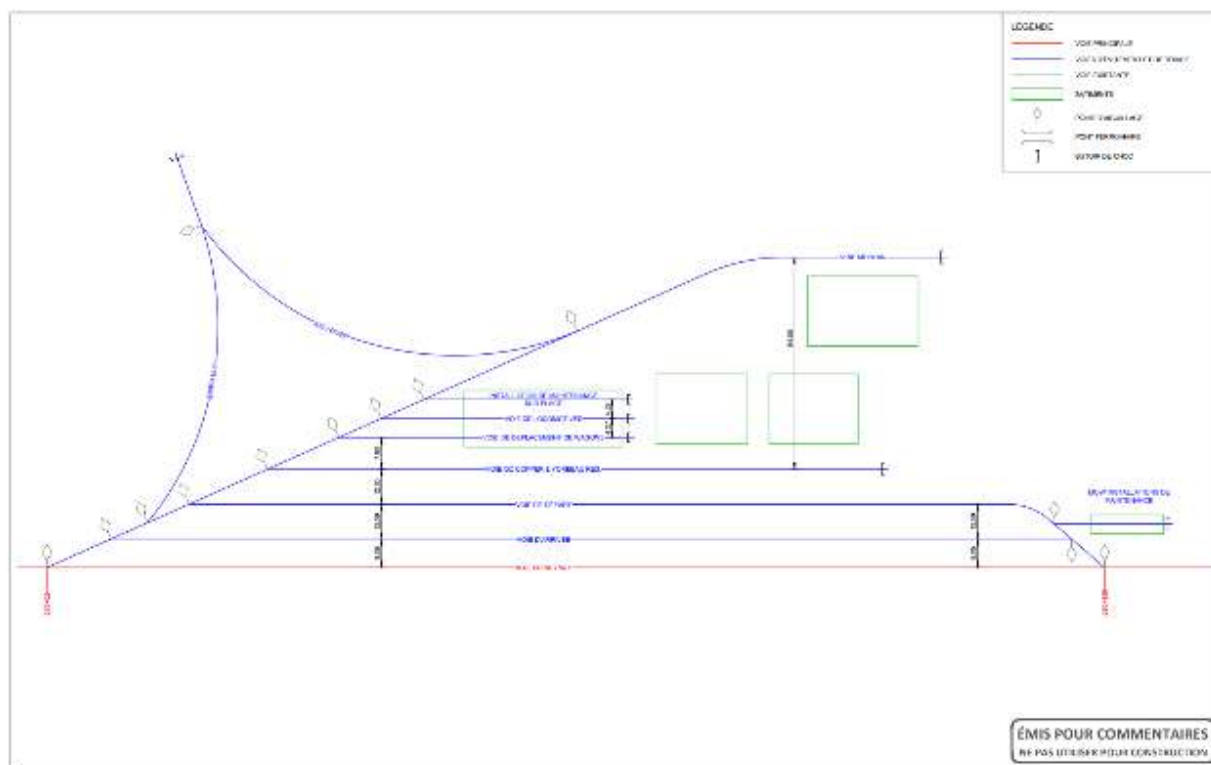


Figure 8.5-64 : Plan schématique de la gare de triage de Chapais

8.5.24 Structures

Cette section traite des travaux requis pour des structures nouvelles et les structures existantes le long du nouveau CFRBD et la voie abandonnée de la sous-division Grevet-Chapais. L'étude des structures peut être décomposée en quatre activités séquentielles, résumées dans la liste ci-dessous :

- Créer un inventaire des structures existantes.
- Définir les travaux nécessaires aux structures nouvelles et existantes.
- Classer les informations en fiches de recommandations individuelles.
- Définir les catégories de dépenses et calculer les quantités pour une estimation du coût en capital.

8.5.24.1 Définitions

Les termes suivants apparaissent fréquemment dans cette section du rapport; il est donc important que le lecteur soit familiarisé avec la terminologie suivante dans le contexte de cette section :

Culée : Sous-structure formant les extrémités de la travée, supportant la superstructure du pont et résistant aux pressions latérales des terres. Aux fins du présent rapport, la culée du point kilométrique bas est classée comme la pile I, tandis que le point kilométrique haut est classé comme la pile N.

Affouillement : L'enlèvement des sédiments autour des culées et des piles de pont en raison du mouvement rapide de l'eau, sapant les supports et compromettant l'intégrité structurelle.

Appareil d'appui à pot : Palier à expansion ou palier fixe supportant des charges verticales et horizontales tout en permettant une rotation limitée autour de tout axe horizontal et une translation latérale.

Appui à bascule : Palier expansible avec dessus et dessous courbés permettant une translation horizontale par rotation.

Capacité de charge : La charge d'essieu maximale autorisée sur un pont, exprimée en termes de charge de référence. Une charge de service est considérée sécuritaire si sa cote d'équipement est inférieure à la cote de capacité de chaque élément structurel du pont.

Charge de référence : la combinaison d'un espacement des essieux avec un tonnage standard qui sont utilisés pour comparer plusieurs charges de service. Pour ce rapport, la charge de référence est le Cooper E 80, la norme pour de nombreux chemins de fer en Amérique du Nord.

Charge de service/train : L'écartement des essieux et le tonnage de la rame actuellement exploitée sur le chemin de fer, ou dont l'exploitation est proposée sur le chemin de fer.

Cote d'équipement : La charge d'essieu d'une rame spécifique qui génère une réaction interne équivalente à celle créée par la charge de référence sur un élément du pont.

Élément de treillis : Les éléments individuels formant une poutre principale à treillis. Ils peuvent être soumis à des contraintes de tension, de compression, ou parfois les deux, en réponse à des charges dynamiques.

Entretoise : Composant du pont utilisé pour stabiliser les poutres principales ou les éléments de treillis en empêchant le flambage, en répartissant la charge et en maintenant la géométrie du pont.

Gousset : Plaques d'acier utilisées pour relier divers éléments structurels. Un gousset peut être fixé à un élément permanent par des boulons, des rivets, des soudures ou une combinaison des trois. Les goussets servent non seulement à assembler les éléments en acier, mais aussi à renforcer les nœuds du treillis.

Joint : Raccord entre les éléments d'un treillis ou d'un système de plancher à l'aide de goussets ou de cornières de fixation.

Longeron : Poutres horizontales et longitudinales faisant partie du système de plancher. Les longerons reçoivent la charge des rails et la transfèrent aux poutres du plancher.

Mur en aile : Murs adjacents aux culées faisant office de murs de soutènement du ballast.

Palier fixe/extensible : Élément du pont qui transmet les forces de la superstructure à la sous-structure. Les paliers fixes empêchent la translation latérale et longitudinale, tandis que les paliers extensibles n'empêchent que le mouvement latéral.

Pièce de pont : Poutres horizontales et latérales faisant partie du système de plancher et reliant les deux côtés d'un pont en treillis. Les pièces de pont reçoivent la charge des longerons et la transfèrent aux points de panneaux du treillis.

Pile : Élément de la sous-structure fournissant un support intermédiaire à la superstructure; chaque pile sépare deux travées.

Poutre à âme pleine à tablier (PPT) : Une travée structurale en acier dont la voie et/ou le tablier sont soutenus directement par les ailes supérieures de deux poutres en tôle d'acier. Souvent, les traverses de chemin de fer peuvent servir de tablier structurel pour une PPT.

Poutre à âme pleine à tablier inférieur (PPF) : Une travée de structure en acier où les rails sont portés en partie basse entre les poutres à âme pleine.

Poutre à âme pleine : Poutre en forme de I composée de deux ailes et d'une plaque d'âme soudées ensemble pour former un élément composite. La poutre à âme pleine est le principal élément structurel d'une travée PPT.

Surface d'appui : Composante de la culée sur laquelle s'appuie la superstructure.

Travaux de réfection : Travaux d'entretien effectués pour remettre la structure, ou le composant, dans son état ou sa condition d'origine.

Travaux de renforcement : Travaux effectués pour augmenter la capacité nominale d'un élément.

Treillis à tablier inférieur : Une travée de pont dont la superstructure porteuse est composée d'une poutre en treillis, une structure d'éléments connectés formant généralement des unités triangulaires. Les éléments connectés (généralement droits) peuvent être sollicités en tension ou en compression par des charges permanentes et des charges dynamiques ferroviaires. Le tablier d'une travée de treillis à tablier inférieur est supporté par les membrures inférieures et passe donc à travers la structure du treillis.

Treillis à tablier supérieur : Une travée de pont dont la superstructure porteuse est composée d'un système de plancher et d'une poutre à treillis – une structure d'éléments connectés formant généralement des unités triangulaires. Les éléments connectés (généralement droits) peuvent être sollicités en tension ou en compression par des charges permanentes et des charges dynamiques ferroviaires. Le tablier est composé d'un système de plancher soutenu par les membrures supérieures et passe donc au-dessus de la structure en treillis.

8.5.24.2 Examen des informations existantes

Dessins techniques originaux

Le consultant a obtenu des Chemins de fer nationaux du Canada (CN) les dessins techniques originaux de tous les ponts de la subdivision Grevet-Chapais. Sur certains des plans d'ensemble, les types de fondations (piles ou fondations superficielles) étaient également indiqués. Les dessins techniques avec les calculs de conception correspondants étaient également lisibles sur certains de ces dessins.

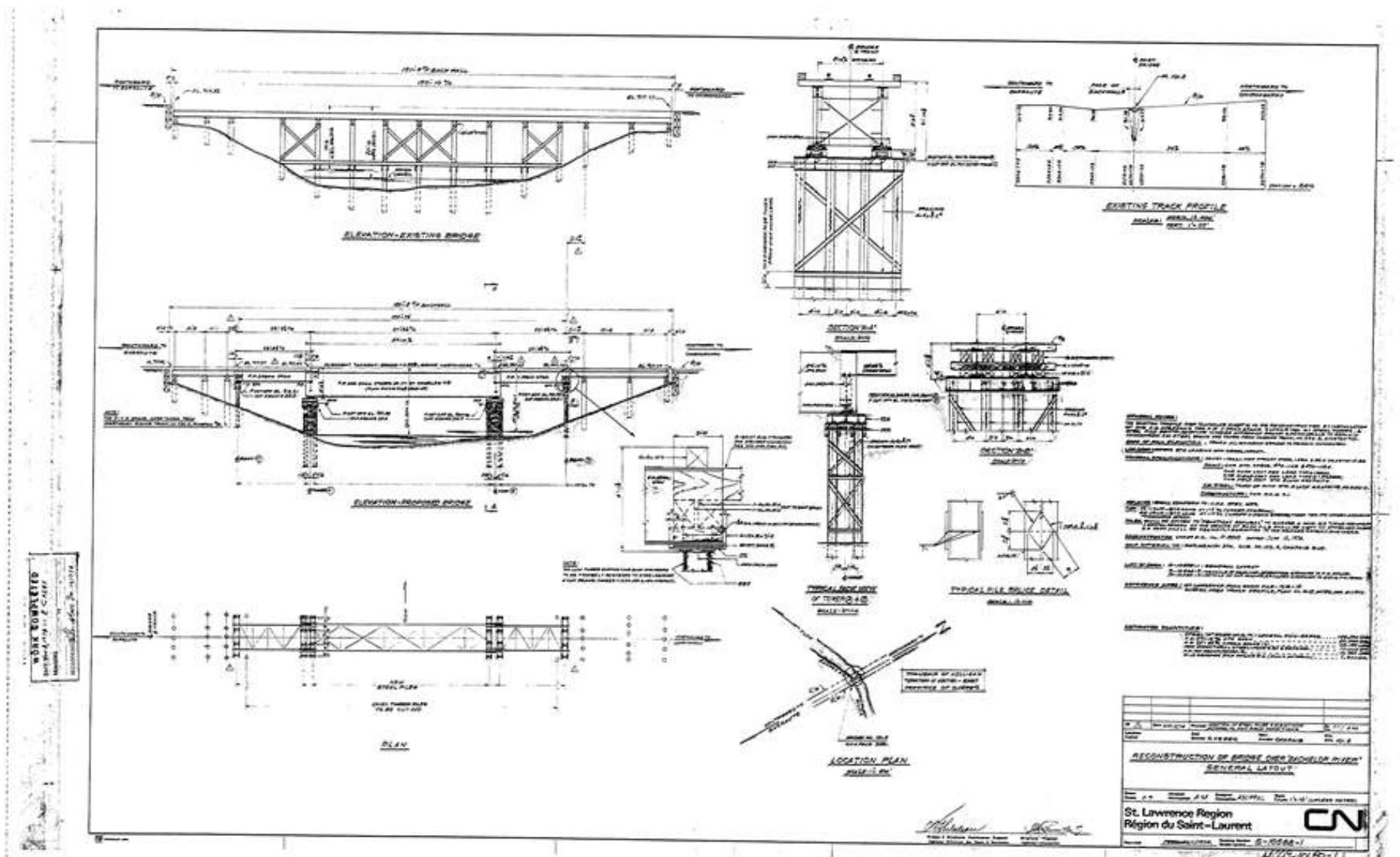


Figure 8.5-65 : Dessin de la reconstruction du pont de la rivière Bachelor (1974)

Grilles pour la subdivision Chapais

En plus des dessins techniques, le consultant a également obtenu les grilles d'exploitation originales du CN pour la subdivision Chapais, qui indiquaient la charge d'essieu maximale et la vitesse d'exploitation permises sur chacun de ces ponts.

TIMETABLE NO 84 JULY 5, 2016		CN		CHAPAIS SUB PAGE 157	
METHOD OF CONTROL	CHAPAIS SUBDIVISION		MILE	TGBO LIMITS	RTC STANDBY CHANNELS
N ↓					
STK	BARRAUTE (Jct with Taschereau sub)		0.0	0.0	C6
1.0 ↑					T2
OCs	QUEVILLON		55.5		(36.0)
70.0 ↓					C81
STK	FRANQUET (Jct with Matagamit sub)	Y	72.1		T2
	END OF TRACK		78.06	78.06	
Tracks has been removed between mile 78.06 and mile 177.5					
177.5 ↑	END OF TRACK		177.5	177.5	
OCs	FARIBAUT (Jct with Cran sub)		191.1		C 6
190.4 ↓					T2
STK	CHIBOUGAMAU	Y	199.1		
	END OF TRACK		200.19	200.19	
Subdivision standby channels					
0.0 - 36.0 : C6 36.0 - 78.06 : C81 169.4 - 200.19 : C6					
CHAPAIS SUBDIVISION FOOTNOTES					

Figure 8.5-66 : Grille de 2016 de la subdivision Chapais du CN

8.5.24.3 Données LIDAR

Les données LIDAR sont un outil extrêmement utile pour la conception des ponts ferroviaires. En obtenant l'élévation du sol existant et en la comparant à l'élévation de la voie proposée, on peut calculer la hauteur des piles du pont, des culées et des murs en aile.

8.5.24.4 Conditions hydrologiques

Pour obtenir les hauteurs minimales de dégagement entre le bas du pont et le cours d'eau qu'il traverse, les conditions hydrologiques doivent être connues. En étudiant les conditions existantes et les conditions futures estimées à chaque site de pont, on peut calculer les dimensions du pont et l'élévation de la voie.

8.5.24.5 Types de structures Grevet-Chapais

8.5.24.5.1 Travées à poutres (bois/TP)

Les travées à poutres sont un type de pont courant dans l'industrie ferroviaire, car elles sont faciles à installer et sont généralement utilisées pour les passages à niveau de moins de 20 m. Dans ce chemin de fer, il y a des travées en bois et en acier, composées de poutres parallèles à la voie et reliées aux traverses du chemin de fer. Ces longerons sont soutenus par des palées en bois ou des sections en acier enfoncées directement dans le lit de la rivière.



Figure 8.5-67 : Exemple de travées à poutres de pont

8.5.24.5.2 Pont à poutre à âme pleine à tablier supérieur (PPT)

Un pont à poutres à âme pleine à tablier supérieur (PPT) est un pont à travée en acier structural composée de deux poutres à plaques d'acier parallèles. Les poutres sont contreventées horizontalement et verticalement par des traverses en bois qui transfèrent les charges des rails directement sur les ailes supérieures des poutres. Les ponts composés de travées PPT sont généralement utilisés pour franchir des passages à niveau de taille moyenne (20 à 40 m) le long du tracé.



Figure 8.5-68 : Exemple de pont PPT

8.5.24.5.3 Pont à poutre à âme pleine à tablier inférieur (PPF)

Un pont à poutres à âme pleine à tablier inférieur (PPF) est un choix courant pour les traversées moyennes (entre 30 et 50 m) et lorsque la hauteur libre verticale sous le pont est insuffisante. Les principaux éléments structurels sont constitués par le système de plancher, qui est composé de longerons et de poutres de plancher fixés aux poutres de chaque côté du pont.

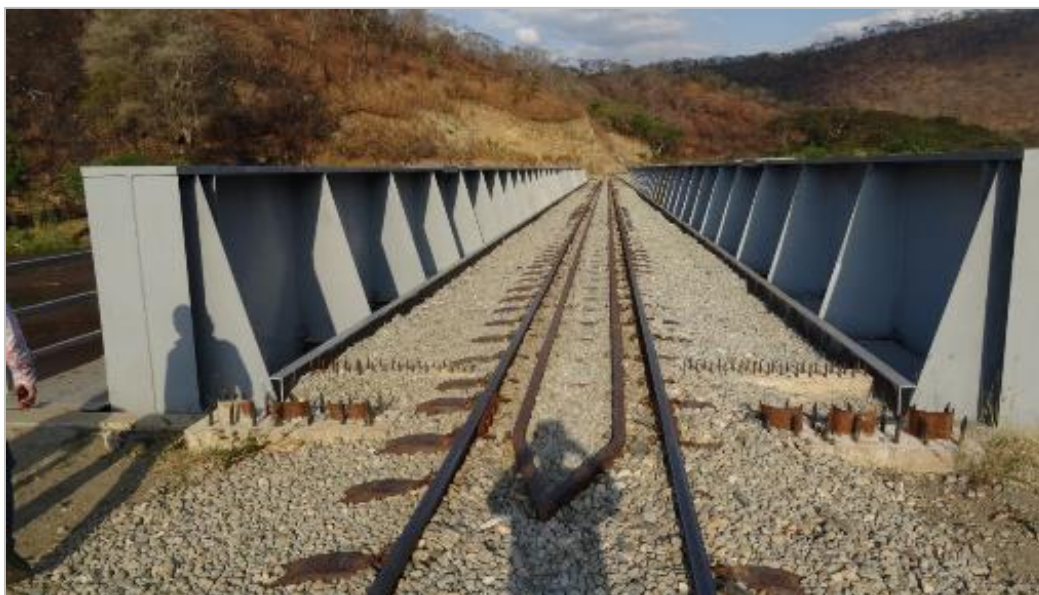


Figure 8.5-69 : Exemple de pont PPT

8.5.24.5.4 Pont en treillis à tablier inférieur (TTI)

De même, un pont à treillis à tablier inférieur est un pont à travée en acier dont le tablier et la voie sont soutenus par des longerons posés sur des poutres de plancher transversales fixées aux membrures inférieures d'un treillis, transmettant les forces à travers la structure du treillis et aux appuis situés de chaque côté de la travée. Ces types de travées sont généralement utilisés pour les traversées les plus longues, c'est-à-dire supérieures à 50 m.



Figure 8.5-70 : Exemple de pont PPT

8.5.24.5.5 Situation actuelle – Grevet-Chapais

Les tronçons abandonnés de la sous-division Chapais du CN sont maintenant utilisés comme chemin forestier (< 20 km directement à l'ouest de Chapais) pour les camions d'exploitation forestière tout au long de l'année, et comme piste de motoneige en hiver (< 50 km autour du KP 175). Une grande partie de l'infrastructure a été arrachée et vendue par le CN avant d'être abandonnée, et la majorité de l'infrastructure restante nécessite divers niveaux de remise en état avant qu'il soit possible de reprendre l'exploitation ferroviaire.

Pendant les inspections de pont, des informations relatives à l'emplacement, au type, à la longueur et à d'autres détails d'une structure ont été trouvées pour alimenter l'inventaire des ponts. Étant donné qu'il n'y avait pas de photos ou de rapports d'inspection récents de ces ponts, il a été jugé nécessaire de visiter tous les ponts trouvés dans la section abandonnée de la subdivision. Le long de cette partie abandonnée de la subdivision Grevet-Chapais, il y a neuf ponts ferroviaires existants qui sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8.5-19 : Principales caractéristiques des ponts existants sur le CFGC

Identifiant du pont	Point milliaire du CN	PK	Passage à niveau	Longueur de la travée (m)	Plan actuel
1	91	146+500.10	Rivière O'Sullivan	57 (187 ft)	3 x PPT
2	101,8	163+848.42	Rivière Bachelor	48 (157 ft)	3 x PPT
3	104,1	167+585.33	Cours d'eau	27 (89 ft)	6 x bois d'œuvre
4	105,6	169+953.95	Rivière Bachelor	32 (105 ft)	7 x bois d'œuvre
5	118,8	191+146.30	Rivière	23 (75 ft)	3 x PPF
6	122,3	196+859.91	Lac Opawica	42 (138 ft)	2 x PPT
7	125,3	201+720.11	Lac Opawica	89 (292 ft)	TT + 2 PPT
8	141,7	236+711.18	Rivière Ross	58 (190 ft)	13 x bois d'œuvre
9	156	250+961.65	Rivière Obotog	95 (312 ft)	12 x Travées à poutres

*Remarque : Le point kilométrique (PK) augmente de l'ouest à l'est

8.5.24.5.6 Inspections visuelles

Une visite de chacun des ponts situés le long du chemin de fer Grevet-Chapais a été effectuée les 14 et 15 septembre 2021. Les éléments suivants ont été inspectés à chaque pont afin d'obtenir l'état général de chacun des éléments suivants :

1. Culées/piles
2. Éléments en acier
3. Passerelles
4. Paliers
5. Joints (boulonnés, soudés ou rivetés)
6. Mains courantes



Figure 8.5-71 : Inspection du pont de la rivière O'Sullivan

Une inspection supplémentaire a été effectuée du 15 au 18 juin au niveau du pont en treillis (pont 7 – PK 201+720.11) afin de vérifier certaines dimensions d'éléments pour l'analyse de capacité.

8.5.24.5.7 Structures Grevet-Chapais existantes

1. PK 146,50 (1955)			
Nombre de travées	3	Longueur totale	57 m (186 pi)
Longueurs des travées	13,7m - 27,1m - 13,7m (45 pi - 90 pi - 45 pi)	Éléments traversés	Rivière O'Sullivan
Type(s) de structure	PPT-PPT-PPT		
Type de fondation	Semelles		
Travaux à effectuer	• Résultats de la capacité : • Les poutres à âme pleine doivent être renforcées.		



Figure 8.5-72 : Vue générale du pont au PK 146.50

2. PK 163.85 (1974)			
Nombre de travées	5	Longueur totale	46 m (152 pi)
Longueurs des travées	7m - 7m - 18m - 7m - 7m (23 pi - 23 pi - 59 pi - 23 pi - 23 pi)	Élément traversé	Rivière Bachelor
Type(s) de structure	BOIS-TP-PPT-TP-BOIS		
Type de fondation	Pieux en acier		
Travaux à effectuer	Résultats de la capacité : L'évaluation des poutres à âme pleine confirme qu'elles sont adéquates. Les palées ne sont pas suffisantes pour résister aux forces longitudinales.		



Figure 8.5-73: Vue générale du pont au PK 163.85

3. PK 167.59 (1976)			
Nombre de travées	3	Longueur totale	23 m (75 pi)
Longueurs des travées	7,6m - 7,6m - 7,6m (25 pi - 25 pi - 25 pi)	Élément traversé	Ruisseau
Type(s) de structure	PPF-PPF-PPF		
Type de fondation	Pieux en acier		
Travaux à effectuer	Résultats de la capacité : • L'évaluation des poutres à âme pleine confirme qu'elles sont adéquates. Les palées ne sont pas suffisantes pour résister aux forces longitudinales. • Démolition et remplacement par 1x30 m PPF		



Figure 8.5-74 : Vue générale du pont au PK 167.59

4. PK 169.95			
Nombre de travées	7	Longueur totale	32 m (105 pi)
Longueurs des travées	4,6 m (15 pi)	Élément traversé	Rivière Bachelor
Type(s) de structure	Travées à poutres		
Type de fondation	Pieux en bois		
Travaux à effectuer	Démolition et remplacement par 2x25 m PPT		



Figure 8.5-75 : Vue générale du pont au PK 169.95

5. PK 191.15			
Nombre de travées	3	Longueur totale	23 m (75 pi)
Longueurs des travées	7,6 m (25 pi)	Élément traversé	Rivière
Type(s) de structure	PPF-PPF-PPF		
Type de fondation	Pieux en acier		
Travaux à effectuer	Résultats de la capacité : • Remplacement des murs garde-grève • Installation de murs à ailes • Remplacement du ballast, étanchéifier le pont • Évaluation des piles • Enlever la digue de castor • Installer une passerelle • Carottage du béton		



Figure 8.5-76 : Vue générale du pont au PK 191.15

6. PK 196.86 (1956)			
Nombre de travées	2	Longueur totale	41 m (135 pi)
Longueurs des travées	27,4 m - 13,7 m (90 pi - 45 pi)	Élément traversé	Passage du lac Opawica
Type(s) de structure	PPT-PPT		
Type de fondation	Semelles		
Travaux à effectuer	Résultats de la capacité : L'évaluation des poutres confirme qu'elles sont adéquates pour les charges vives projetées.		



Figure 8.5-77 : Vue générale du pont au PK 196.86

7. PK 201.72 (1956)			
Nombre de travées	3	Longueur totale	89 m (293 pi)
Longueurs des travées	13,7 m - 60 m - 13,7 m (45 pi - 197 pi - 45 pi)	Élément traversé	Passage du lac Opawica
Type(s) de structure	PPT-Treillis_PPT		
Type de fondation	Semelles		
Travaux à effectuer	Résultats de la capacité : La travée du pont en treillis à tablier inférieur n'est pas suffisante pour supporter le trafic prévu de voitures de passagers et de marchandises; les éléments principaux doivent être renforcés.		



Figure 8.5-78 : Vue générale du pont au PK 201.72

8. PK 236.71			
Nombre de travées	13	Longueur totale	58 m (190 pi)
Longueurs des travées	4 m x 4,6 m (13x15 pi)	Élément traversé	Rivière Ross
Type(s) de structure	13 piles en bois		
Type de fondation	Piles en bois		
Travaux à effectuer	Démolition du pont Recommandation de remplacement par des PPT de 2x30 m avec 2 nouvelles culées et 1 pile.		



Figure 8.5-79 : Vue générale du pont au PK 236.71

9. PK 250.96			
Nombre de travées	12	Longueur totale	95 m (313 pi)
Longueurs des travées	3,7x8 m (12x26 pi)	Élément traversé	Rivière Obotog
Type(s) de structure	12 travées à poutres		
Type de fondation	Pieux en acier		
Travaux à effectuer	Le pont doit être démoli en raison de son manque de capacité et de son mauvais état général. Recommandation de remplacement par 4 nouvelles travées PPT de 25 m.		



Figure 8.5-80 : Vue générale du pont au PK 156.00

8.5.24.5.8 Résultats de l'inspection visuelle

Après la visite du site et l'achèvement de l'inspection visuelle de chaque pont, le consultant a préparé une liste des travaux proposés pour chaque structure. Après avoir examiné les informations existantes et les résultats des inspections visuelles, il a été recommandé de démolir et de remplacer toutes les structures en bois par des structures en acier, et pour les structures en acier existantes, une analyse de capacité a été recommandée. Les détails des travaux proposés pour chaque structure sont présentés ci-dessous.

Tableau 8.5-20 : Travaux proposés pour les ponts existants du CFGC

Identifiant du pont	Passage à niveau	Longueurs des travées (m)	Travaux proposés
1	Rivière O'Sullivan	57	- Inspection détaillée et analyse de capacité requise - Remplacement du tablier du pont - Étude hydraulique nécessaire
2	Rivière Bachelor	48	Inspection détaillée et analyse de capacité requise
3	Cours d'eau	27	Démolition et remplacement par 2x30 m PPF
4	Rivière Bachelor	32	Démolition et remplacement par 2x25 m PPT
5	Rivière	23	- Inspection détaillée et analyse de capacité requise - Remplacement des murs garde-grève - Installation de murs à ailes - Remplacement du ballast, étanchéifier le pont - Évaluation des piles - Enlever la digue de castor - Installer une passerelle - Carottage du béton
6	Lac Opawica	42	Inspection détaillée et analyse de capacité requise
7	Lac Opawica	89	Inspection détaillée et analyse de capacité requise
8	Rivière Ross	58	Démolition et remplacement par 2x30 m PPT
9	Rivière Obotog	95	Démolition et remplacement par 4x25 m PPT

8.5.24.5.9 Analyse de capacité

Après l'inspection visuelle, l'équipe VEI a entrepris une analyse de capacité pour les cinq ponts pour lesquels une analyse de capacité est recommandée. L'objectif de l'analyse de capacité est d'évaluer les dimensions des éléments, d'évaluer les conditions, de vérifier les capacités structurales et de recommander des travaux de renforcement si nécessaire. La méthodologie générale d'une analyse de capacité est détaillée dans la figure ci-dessous et le texte qui suit.

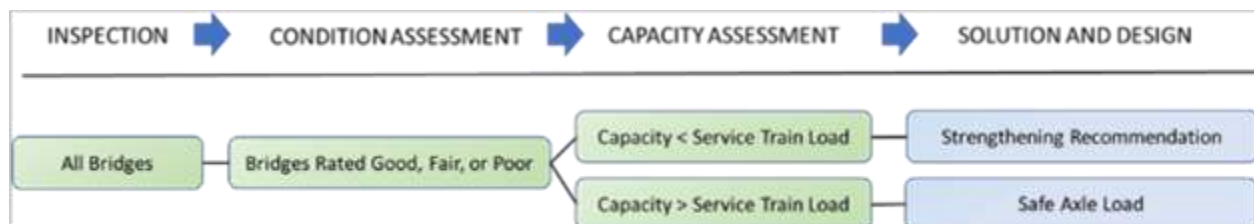


Figure 8.5-81 : Figure : Diagramme de l'analyse de scénario de pont

Après avoir examiné en détail les propriétés, la géométrie et les sections des éléments du pont, le consultant a utilisé un logiciel d'analyse structurale pour analyser les principaux éléments structuraux critiques de chaque structure. Le logiciel utilise un processus itératif pour calculer la force axiale, l'effort de cisaillement et le moment

de flexion dans chaque élément en fonction de la position d'un train se déplaçant sur la structure. L'utilisateur du logiciel peut régler les paramètres de l'analyse pour augmenter ou diminuer la distance incrémentale à évaluer.

Ensuite, le consultant a ajouté les effets dynamiques comme les charges d'impact pour obtenir la contrainte maximale appliquée à chaque élément afin d'obtenir une cote d'équipement.

La charge de référence utilisée pour la comparaison était le Cooper E80, la norme utilisée par la plupart des chemins de fer en Amérique du Nord.

Enfin, on a obtenu une évaluation de l'élément en comparant la capacité structurelle de l'élément aux forces générées dans l'élément par la charge vive.

Une fois que la capacité de l'élément et les forces générées par la charge vive dans l'élément ont été déterminées, une valeur de « E » a été obtenue pour déterminer s'il y a une surcharge dans l'élément ou, inversement, quelle capacité excédentaire reste sous charge. Si la valeur E de l'élément est supérieure à 80, cet élément peut supporter les charges du train de manière adéquate.

8.5.24.5.10 Modélisation structurelle

Pour déterminer les forces axiales (compression et tension) dans les éléments critiques, un modèle 2D de chaque travée a été préparé à l'aide du logiciel Advance Design America (ADA). Les forces obtenues à partir du modèle ont été reportées dans des feuilles de calcul MathCad, où les différentes contraintes et la « capacité E » ont été déterminées sur la base des contraintes normales et maximales admissibles. La figure ci-dessous montre le modèle 2D de la travée en treillis du pont au PK 125.30.

Les moments de flexion et les cisaillements maximaux dans les poutres, les poutres de plancher et les longerons ont été déterminés en utilisant le logiciel ADA à l'aide de feuilles de calcul MathCad. Il est important de noter que les poutres de plancher et les longerons ont été considérés comme des poutres simplement soutenues.

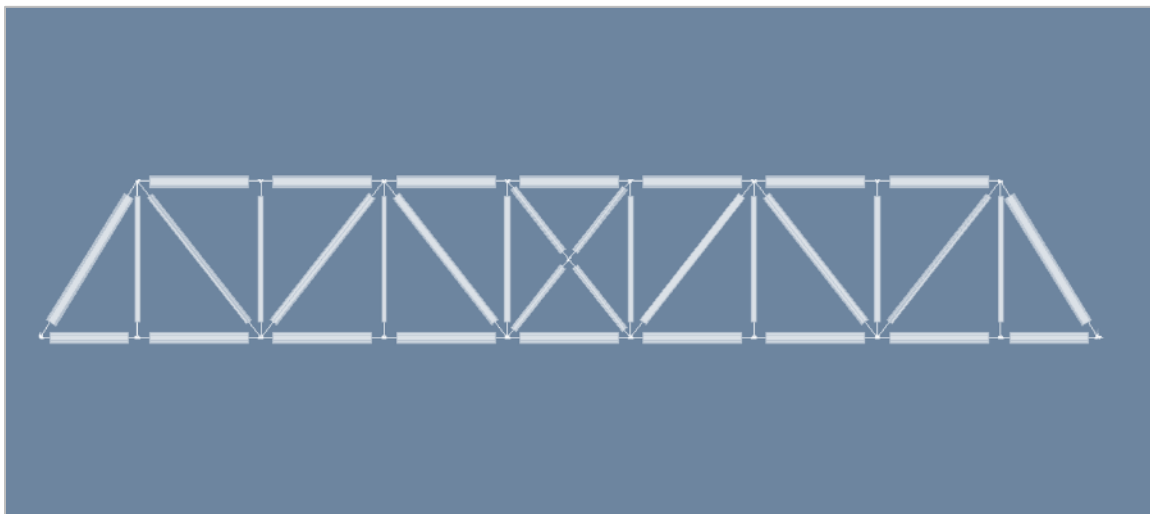


Figure 8.5-82 : Modèle 2D d'un treillis à tablier inférieur

De plus, le moment de flexion et le cisaillement maximal pour la charge utile Cooper E80, dans les poutres ont été déterminés par interpolation des valeurs présentées dans le tableau 15-1-15 de l'AREMA.

Les propriétés de la section transversale des éléments en treillis et des poutres à âme pleine ont été déterminées en modélisant les sections critiques brutes et nettes à l'aide du logiciel « ShapeBuilder ». La Figure 8.5-83 montre les sections bâties brutes des membrures inférieures et de la poutre à tablier.

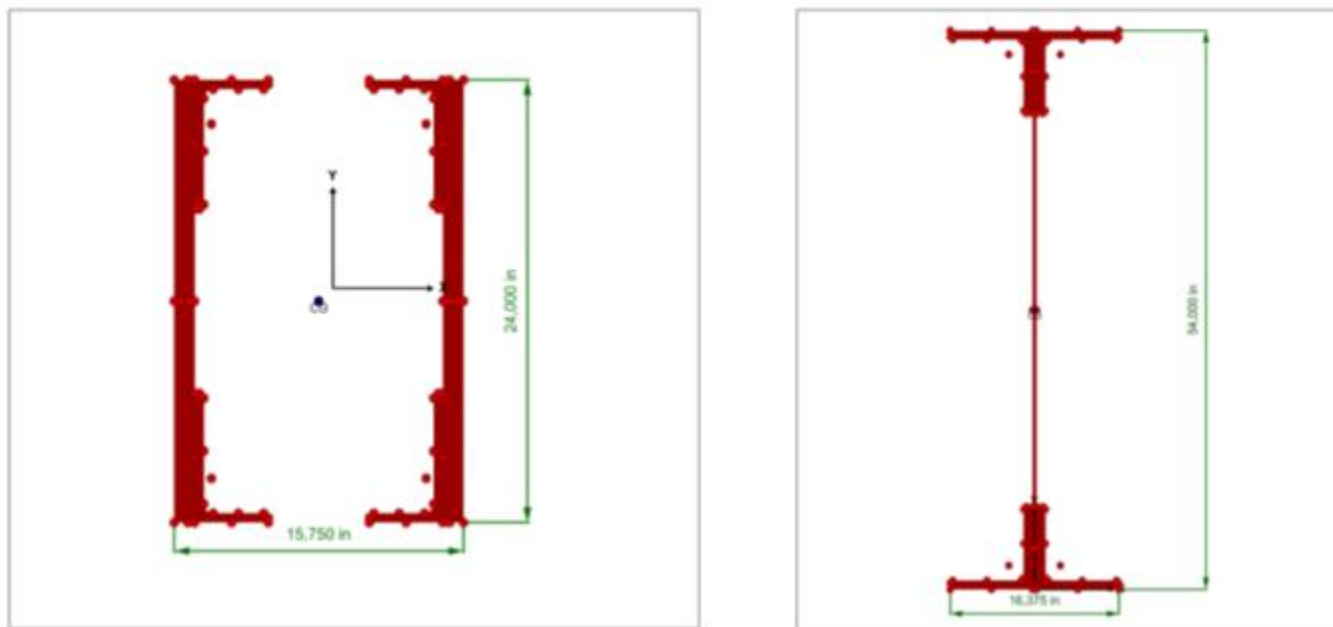


Figure 8.5-83 : Coupes transversales de la membrure inférieure du treillis (à gauche) et de la poutre à âme pleine (à droite)

8.5.24.5.11 Charges

Les chapitres 7 et 15 de l'AREMA ont été utilisés pour déterminer les charges auxquelles la structure existante est soumise. Les charges/combinaisons suivantes ont été prises en considération :

- Combinaison de charges principales comprenant les charges mortes (CM), les charges vives (CV) et l'impact (IM). L'impact a été réduit, en fonction de la vitesse, conformément à la norme 15-7.3.2.3a de l'AREMA.
- Combinaison de charges secondaires comprenant les forces latérales des équipements et les charges de vent (V) sur le pont et les wagons, en plus des charges principales. Pour cette combinaison, les contraintes admissibles sont augmentées de 25 % pour la capacité normale.

8.5.24.5.12 Charge morte

La charge morte imposée par le poids propre des éléments en acier a été calculée automatiquement par le logiciel S-Frame 11 en fonction de la longueur et de la dimension de la section des éléments. Les charges mortes superposées ont été calculées en utilisant les valeurs stipulées dans le Manuel de génie ferroviaire 2016 et 2016 de l'AREMA, ch. 15, art. 1.3.2.

Note supplémentaire, la charge morte des poutres a été estimée sur la base du poids de chaque composant et a été augmentée de 20 % pour tenir compte du poids des rivets, des goussets et des épissures.

Tableau 8.5-21 : Charges mortes superposées

TYPE	lb/pi²/pi	kN/m²/m
Acier	490	77
Béton	150	23,5
Sable, gravier et ballast	120	18,9
Asphalte-mastic et macadam bitumineux	150	23,5
Granit	170	26,7
Briques de pavage	150	23,5
Bois d'œuvre	60	9,4

8.5.24.5.13 Surcharge

La surcharge utilisée dans l'analyse de capacité de chacune des structures est la charge AREMA Cooper E80, apparaissant dans la figure ci-dessous. La charge Cooper E80 est une charge utile ferroviaire standard utilisée pour la plupart des analyses de ponts en Amérique du Nord.

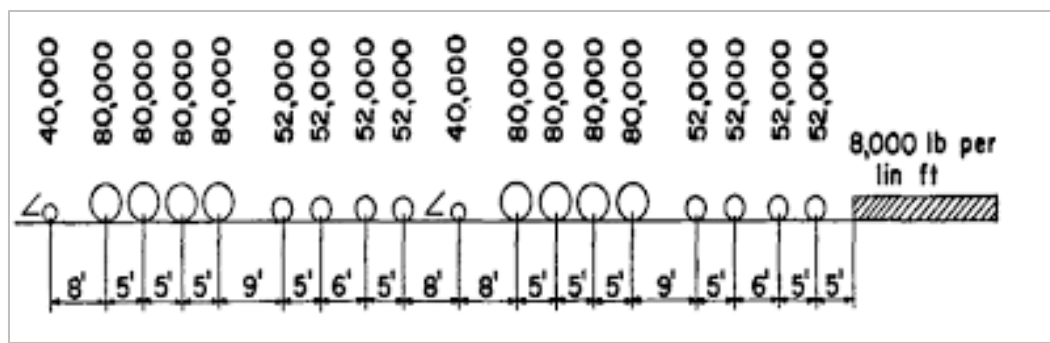


Figure 8.5-84 : Diagramme de surcharge Cooper E80

8.5.24.5.14 Charge dynamique

La formule d'impact des charges vives utilisée est tirée du ch. 15, art 1.3.5 du MGF 2016 de l'AREMA. La charge dynamique due aux effets verticaux, exprimée en pourcentage de la surcharge appliquée à chaque rail, a été déterminée par la formule suivante :

$$\text{Pour } L \text{ moins de 80 pieds : } I = 40 - \frac{3L^2}{1\,600}$$

$$\text{Pour } L \text{ plus de 80 pieds : } I = 16 + \frac{600}{L-30}$$

Où :

L = longueur d'axe en axe des supports pour les longerons, les poutres de plancher transversales sans longerons, les poutres longitudinales et les treillis (éléments principaux), en pieds

8.5.24.5.15 Effet de la vitesse sur la charge dynamique

La vitesse maximale réalisable sur le chemin de fer a été considérée comme étant de 65 km/h (40 mi/h) pour le trafic marchandises, et de 100 km/h (60 mi/h) pour le trafic voyageurs.

En utilisant l'AREMA (ch. 15, art. 7.3.2.3), il est possible de réduire la charge dynamique sur chaque structure pour des vitesses de train inférieures à 100 km/h (60 mi/h). En réduisant la charge dynamique sur la structure, on diminue les contraintes dans un élément, et par conséquent, on augmente le tonnage admissible de la charge de service.

Les forces dynamiques indiquées ci-dessus peuvent être multipliées par le facteur de réduction ci-dessous pour tenir compte des vitesses inférieures à 100 km/h (60 mi/h) : $1 - \frac{0,8}{2500} (60 - S)^2 \geq 0$

Où :

V = vitesse en mi/h

8.5.24.5.16 Capacité

Le classement des ponts existants en termes de capacité de charge peut être effectué par le calcul des contraintes en utilisant les charges appliquées et les propriétés de section des éléments tout en tenant compte de l'état physique réel des éléments. Lorsque l'état physique d'un élément se détériore, la surface nette effective diminue également, ce qui entraîne une augmentation des contraintes à l'intérieur de l'élément. Comme on l'a découvert au cours de l'étude sur le site, les éléments ne présentaient pratiquement aucune détérioration de section et, par conséquent, la taille complète de l'élément a été utilisée pour l'analyse.

La capacité de charge d'une structure suit le diagramme de flux de travail présenté ci-dessous :

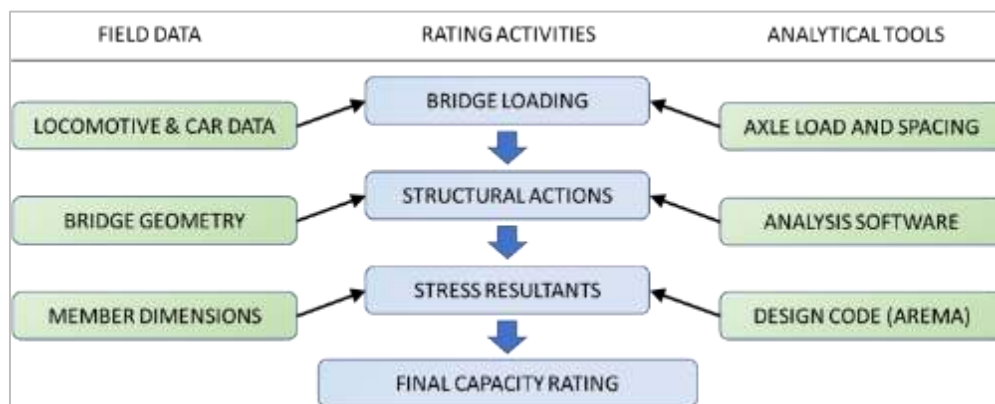


Figure 8.5-85 : Flux de travail de la capacité de charge du pont

Contraintes exercées sur les éléments

Pour évaluer chaque pont, le consultant a utilisé la procédure de la capacité normale décrite dans le manuel de génie ferroviaire de 2017 de l'AREMA, ch. 15, art. 1.4 : Contraintes de base admissibles.

Propriétés de l'acier de construction

Étant donné que les limites d'élasticité et de résistance de l'acier ne figurent pas sur les plans originaux, une valeur comprise entre 30 et 44 ksi (kilo-livre par pouce carré) a été prise pour la limite d'élasticité, F_y , et 60 ksi pour la résistance ultime, F_u . Ces valeurs sont basées sur l'année de construction selon la norme CSA S6, Code canadien sur le calcul des ponts routiers.

Contraintes admissibles

Le tableau suivant résume les contraintes admissibles stipulées dans la norme du MGF de l'AREMA dans différentes conditions de charge pour les valeurs normales et maximales.

Tableau 8.5-22 : Contraintes admissibles pour la capacité normale

Zone soumise à une contrainte	Contrainte admissible
Traction axiale et flexion, acier de construction, section brute	$0,55F_y$
Traction axiale et flexion, acier de construction, surface nette effective	$0,47F_u$
Compression axiale, section brute :	
Pour les éléments de compression soumis à une charge centrale,	
lorsque $kl/r \leq 0,629/\sqrt{F_y/E}$	$0,55F_y$
lorsque $0,629/\sqrt{F_y/E} \leq kl/r \leq 5,034/\sqrt{F_y/E}$	$0,60F_y - (17\,500 \frac{F_y}{E})^{3/2} \frac{kl}{r}$
lorsque $kl/r \leq 5,034/\sqrt{F_y/E}$	$\frac{0,514\pi^2 E}{(kl/r)^2}$
Où : kl = la longueur effective de l'élément soumis à une compression, en pouces, dans les conditions habituelles $k = 3/4$ pour les éléments dont les extrémités sont rivetées, boulonnées ou soudées r = le rayon de giration applicable à l'élément soumis à une compression, en pouces	
Cisaillement dans les âmes des poutres laminées et des poutres à âme pleine, section brute	$0,35F_y$

Tableau 8.5-23 : Contraintes admissibles pour le niveau maximal

Zone soumise à une contrainte	Contrainte admissible
Traction axiale et flexion, acier de construction, section brute	$0,8F_y$
Traction axiale et flexion, acier de construction, surface nette effective	$0,67F_u$
Compression axiale, section brute :	
Pour les raidisseurs des poutres et des poutrelles, et le matériel d'épissure	$0,8F_y$
Pour les éléments de compression soumis à une charge centrale,	
lorsque $kl/r \leq 3,388/\sqrt{F_y}$	$0,8F_y$
lorsque $3\,388/\sqrt{F_y} \leq kl/r \leq 27\,111/\sqrt{F_y}$	$1,091(0,8F_y) - 0,8F_y^{3/2} \frac{kl}{37\,300r}$
lorsque $kl/r \geq 27\,111/\sqrt{F_y}$	$\frac{0,8F_y}{0,55F_y} \left(\frac{147\,000\,000}{\left(\frac{kl}{r}\right)^2} \right)$
Où : kl = la longueur effective de l'élément soumis à une compression, en pouces, dans les conditions habituelles $k = 3/4$ pour les éléments dont les extrémités sont rivetées, boulonnées ou soudées r = le rayon de giration applicable à l'élément soumis à une compression, en pouces	
Cisaillement dans les âmes des poutres laminées et des poutres à âme pleine, section brute	$0,6F_y$

Le consultant a utilisé la capacité normale pour déterminer la valeur de contrainte admissible à utiliser afin que les contraintes de fatigue n'affectent pas la durée de vie des ponts.

8.5.24.5.17 Capacité des éléments

L'approche de base de l'évaluation des éléments, telle que présentée par l'AREMA, commence par la détermination de la résistance à la traction admissible (T_A), compressive (C_A), flexion (M_A) et cisaillement (V_A) dans un élément d'un pont. Les forces générées par la charge permanente sont soustraites des valeurs admissibles pour déterminer la force maximale qui peut être imposée par la charge vive. Une fois que les contraintes dues à la charge vive sont déterminées, il est possible de trouver le coefficient de Cooper équivalent ou « valeur E » de l'élément.

La cote des éléments peut être résumée par les étapes suivantes :

- Déterminer les contraintes maximales admissibles (A) dans le(s) élément(s) structural(aux) principal(aux) selon l'AREMA 2017.
- Calculer la contribution de la charge morte (M) à la contrainte maximale admissible.
- Convertir la contrainte admissible restante (R) en force interne appropriée (ex. MR, VR, NR).
- Calculer les réactions internes (LL+I) développées par une charge de référence se déplaçant sur la travée à une vitesse prédéterminée (ex. MLL+I, VLL+I, NLL+I).

- Déterminer le rapport entre la force interne maximale admissible et la réaction interne causée par la charge de référence ($R/[LL+I]$).

8.5.24.5.18 Résultats de l'analyse de capacité

Les résultats de l'analyse de la capacité sont présentés ci-dessous. Étant donné l'âge relatif de chacune des structures, et le fait qu'elles ont été abandonnées et non entretenues pendant de nombreuses années, quatre des cinq structures nécessitent une certaine forme de travaux pour permettre la nouvelle exploitation ferroviaire.

Tableau 8.5-24 : Résultats de l'analyse de la capacité des ponts GC

Identifiant du pont	PK	Travaux proposés
1	146+500.10	Renforcement des poutres à âme pleine
2	163+848.42	Renforcement/remplacement des colonnes courbes
5	191+146.30	Renforcement/remplacement des colonnes courbes
6	196+859.91	Tous les éléments sont adaptés aux charges vives projetées
7	201+720.11	Renforcement : • Membrure supérieure • Suspente • Diagonales Remplacer : • Structure de plancher

Ces travaux proposés ont été estimés et inclus dans la section des structures du capital d'exploitation. Pour la présentation complète des résultats et l'analyse des capacités individuelles par pont, voir l'annexe 6.10.

8.5.24.6 Analyse hydraulique du pont sur Grevet-Chapais, PK125,3

Le pont ferroviaire sur Grevet-Chapais n'a pas fait l'objet d'une étude hydraulique puisque les levés bathymétriques n'ont pas pu être réalisés en raison de la présence de forts courants. Néanmoins, lors de la visite de terrain, un pont acier-bois en aval du pont ferroviaire a été observé permettant de faire une analyse visuelle des conditions hydrauliques du secteur.

Les caractéristiques de ce pont acier-bois sont bien inférieures à celles du pont ferroviaire. En effet, la partie inférieure de ce dernier est beaucoup plus basse que le pont ferroviaire ainsi que son ouverture libre. Bien que la date de construction du pont acier-bois ne soit pas connue, la maçonnerie devant les culées en bois semble stable (aucun signe d'affouillement) suggérant que les conditions hydrauliques ne sont pas critiques. Par conséquent, nous considérons que les conditions hydrauliques du secteur ne sont pas problématiques pour les culées en béton du pont ferroviaire dont l'ouverture libre est plus importante.

8.5.24.7 Structures du CFRBD

Étant donné qu'il n'y a pas d'infrastructure ferroviaire existante le long de la route Billy Diamond, toutes les structures ferroviaires seront construites à neuf. L'objectif du processus de conception des ponts le long de ce segment a été de réduire au minimum le nombre de ponts nécessaires et de réduire la longueur totale de la travée. Cela a été fait à la fois pour réduire l'impact environnemental et pour réduire le coût en capital lorsque cela est possible. Ce faisant, le nombre initial de 31 ponts a été réduit à 17, avec une longueur de travée totale de 1 525 m.

Comme pour le tracé Grevet-Chapais, tous les ponts le long du tracé du CFRBD ont été conçus pour la charge Cooper E-80, qui équivaut à une charge d'essieu de 356 kN, soit 36 tonnes métriques. Cette charge à l'essieu a été choisie en fonction du plan d'exploitation, car tous les wagons de marchandises seront chargés à pleine capacité. Comme pour le tracé Grevet-Chapais, tous les ponts du tracé Billy Diamond ont été conçus conformément au vol. 2, ch. 8 de l'AREMA : Structures et fondations en béton, et ch. 15 : Structures en acier.

Tous les nouveaux ponts doivent être construits avec une superstructure à travée en acier, soutenue par des culées en béton et des piles, le cas échéant, qui reposent sur une fondation en piles de béton. Compte tenu de la portée de l'étude de faisabilité, les dimensions des principaux éléments structuraux en acier et en béton ont été calculées afin de déterminer les quantités finales pour l'estimation du coût en capital. En outre, des fondations sur piles ont été choisies à ce stade de l'étude, car les informations géotechniques n'avaient pas encore été confirmées au moment de la rédaction. Lorsque les conditions géotechniques s'y prêtent, des semelles de répartition en béton peuvent être utilisées à la place des fondations sur pieux afin de réduire la quantité d'équipement et de main-d'œuvre nécessaire à la construction. En outre, certains éléments en béton peuvent être préfabriqués afin de réduire davantage l'impact environnemental et le calendrier de construction.

8.5.24.7.1 Nouvelles structures types proposées

Les nouvelles travées PPT en acier doivent être normalisées autant que possible. Pour réduire au minimum la quantité de travail de conception nécessaire, quatre longueurs de travées standard ont été choisies; 15 m, 20 m, 25 m et 30 m qui ont été appliqués le long du tracé. Un exemple de travée PPT type est présenté dans la figure ci-dessous.

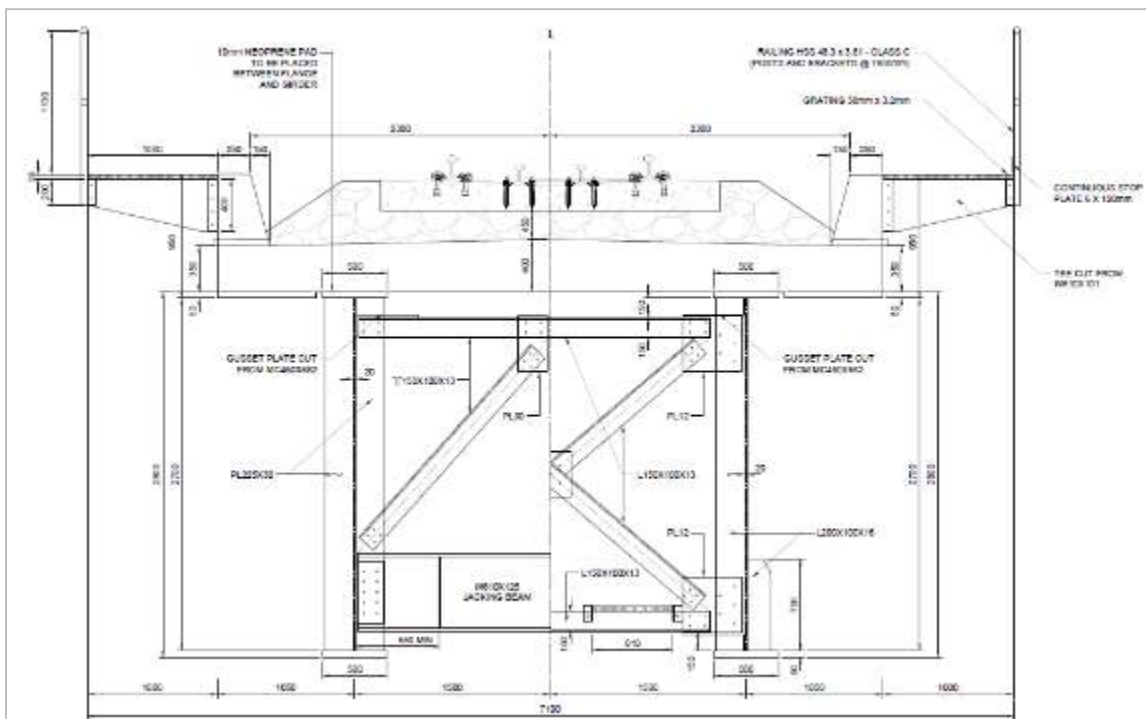


Figure 8.5-86 : Structures types - PPT

Structures types – PPF

Comme pour les travées PPT, un effort a été fait pour normaliser les travées autant que possible afin de réduire la quantité de travail de conception nécessaire. Les longueurs de travée type des PPF requises sur les deux tracés sont de 20 m, 25 m, 30 m et 35 m. Dans la mesure du possible, les travées PPF ont été évitées en raison de leur coût plus élevé par mètre. Toutefois, compte tenu des distances limitées entre le niveau de l'eau et celui de la voie ferrée, les PPF ont été choisies à certains endroits. Une travée PPF type est présentée dans la figure ci-dessous.

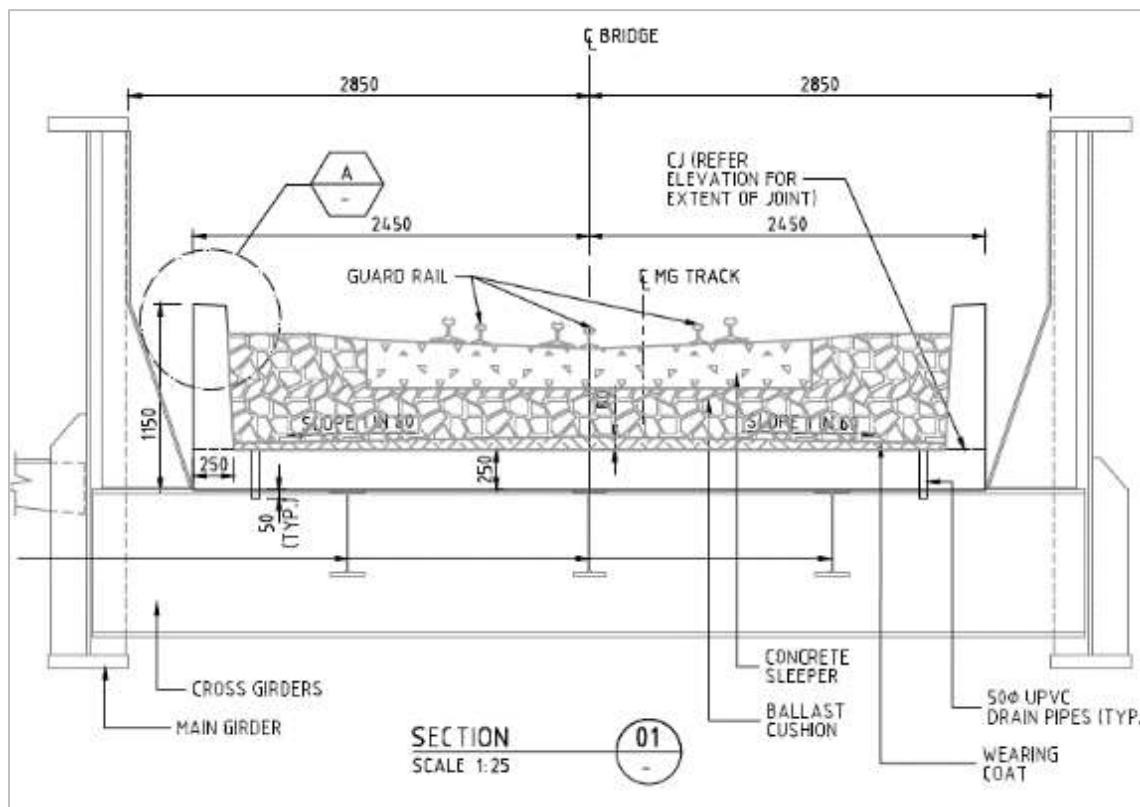


Figure 8.5-87 : Structures types - PPF

Structures types – pont en treillis à tablier inférieur

Les ponts en treillis sont beaucoup plus complexes à concevoir et à installer, c'est pourquoi ils n'ont été utilisés que lorsqu'un PPT ou un PPF ne fonctionnait pas, ou pour éviter les traverses de cours d'eau les plus importantes. À ce stade de l'étude, il existe trois longueurs de travées en treillis : 60 m, 80 m et 100 m. Une travée type en treillis est présentée ci-dessous.

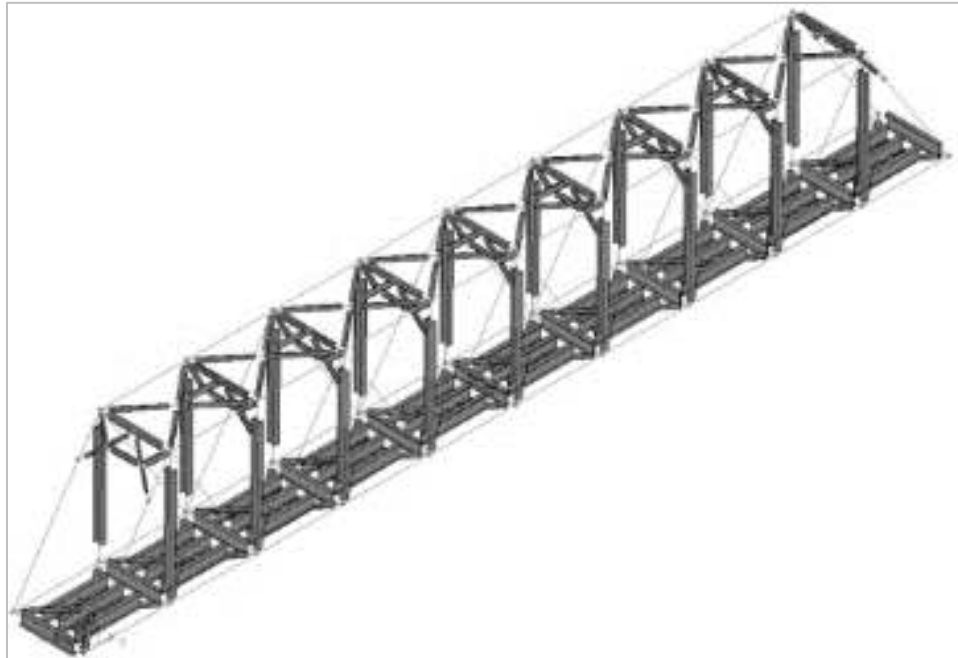


Figure 8.5-88 : Structures types en treillis à tablier inférieur

8.5.24.7.2 Liste des structures

Tableau 8.5-25 : Liste de ponts – chemin de fer Grevet-Chapais

Identifiant du pont	Subdivision	PK	Description	Longueur de la travée (m)	Nouvel aménagement
1	Chapais	146+500.10	Rivière O’Sullivan	60	3xPPT (15 m - 30 m - 15 m)
2	Chapais	163+848.42	Rivière Bachelor	50	3xPPT (15 m - 20 m - 15 m)
3	Chapais	167+585.33	Cours d’eau	30	1xPPT (30 m)
4	Chapais	169+953.95	Rivière Bachelor	30	1xPPT (30 m)
5	Chapais	191+146.30	Rivière	30	1xPPF (30 m)
6	Chapais	196+859.91	Lac Opawica	45	2xPPT (30 m)
7	Chapais	201+720.11	Lac Opawica	90	1PPT + 1 x TTI + 1 x PPT (15 m - 60 m - 15 m)
8	Chapais	236+711.18	Rivière Ross	60	3xPPT (15 m - 30 m - 15 m)
9	Chapais	250+961.65	Rivière Obotog	100	4xPPF (25 m)

Tableau 8.5-26 : Liste de ponts – chemin de fer de la route Billy Diamond

Identifiant du pont	Subdivision	PK	Description	Longueur de la travée (m)	Nouvel aménagement
1	Billy Diamond	3,8	Lalanne Creek	50	2 x PPT (25 m - 25 m)
2	Billy Diamond	7,4	Rivière Bell	400	4 x TTI (100 m - 100 m - 100 m - 100 m)
3	Billy Diamond	11,7	Rivière Canet	35	1 x PPF (35 m)
4	Billy Diamond	40,4	Route Billy Diamond 1 (ROUTE)	30	1 x PPT (30 m - 30 m)
5	Billy Diamond	44	Rivière Waswanipi 1	120	3 x PPT (40 m - 40 m - 40 m)
6	Billy Diamond	46,05	Route Billy Diamond 2	60	4 x PPT (15 m - 15 m - 15 m)
7	Billy Diamond	47,95	Rivière Canet	100	1 x TTI (100 m)
8	Billy Diamond	58,4	Ruisseau 1	40	1 x PPT (40 m)
9	Billy Diamond	63,9	Rivière Amphibolite	70	2 x PPF (35 m - 35 m)
10	Billy Diamond	67,58	Rivière Nottaway	60	2 x PPT (30 m - 30 m)
11	Billy Diamond	110,7	Ruisseau 2	45	2 x PPF (20 m - 25 m)
12	Billy Diamond	128,22	Ruisseau 3	50	2 x PPT (25 m - 25 m)
13	Billy Diamond	130,65	Rivière Kakaskutatakuch 1	95	3 x PPF (30 m - 35 m - 30 m)
14	Billy Diamond	135,5	Rivière Kakaskutatakuch 2	140	1 x PPT + 1 x TTI + 1 x PPT (40 m - 60 m - 40 m)
15	Billy Diamond	138,24	Rivière Kakaskutatakuch 3	50	2 x PPT (25 m - 25 m)
16	Billy Diamond	230,65	Rivière Broadback	60	2 x PPT (30 m - 30 m)
17	Billy Diamond	252,9	Rivière Rupert	120	2 PPT + 1 x TTI (20 m - 80 m - 20 m)

8.5.25 Hydrologie et drainage

Dans le cadre de l'étude de faisabilité actuelle, une étude hydrologique a été effectuée pour le tracé ferroviaire Billy Diamond (CFRBD) et le tracé ferroviaire Greve-Chapais. Cette étude consiste en une analyse hydrologique visant à déterminer l'écoulement de surface des eaux pluviales (débit de conception) à chaque franchissement et une conception préliminaire de ponceaux pour ces traversées de cours d'eau.

8.5.25.1 Analyse hydrologique

L'analyse hydrologique des bassins versants comprend les étapes suivantes :

- Identification du type (cours d'eau intermittent ou cours d'eau permanent) et de l'emplacement de chaque franchissement de cours d'eau le long des tracés.
- Délimitation des bassins versants associés aux traversées de cours d'eau identifiées.
- Identification des caractéristiques topographiques et hydrologiques des bassins versants, y compris la superficie, la longueur et la pente de la voie d'écoulement, l'utilisation des terres, le type de sol et la présence de marécages et de lacs.

- Détermination du débit de conception pour chaque franchissement de cours d'eau.

Les stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude sont la station Chapais d'Environnement Canada (ID climatologique : 7091299; latitude : 49°49' N; longitude : 74°59'O; Élévation : 381 m) et la station de Matagami (ID climatologique : 7094639; latitude : 49°46'; longitude : 77°49'O; Élévation : 281 m).

L'intensité des précipitations provenant d'une courbe IDF représentative est applicable lors de l'utilisation de la méthode rationnelle pour le calcul du débit de pointe alors que le volume des précipitations est applicable lors de l'utilisation de la méthode SCS.

Tableau 8.5-27 : Taux de précipitation (mm/h) à la période de retour à la station de Matagami

Duration/Durée	2	5	10	25	50	100	#Years Années
	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	
5 min	89.9	120.4	140.7	166.2	185.2	204.0	20
	+/- 13.9	+/- 23.4	+/- 31.6	+/- 42.6	+/- 51.0	+/- 59.4	20
10 min	64.8	86.8	101.4	119.8	133.5	147.1	20
	+/- 10.0	+/- 16.9	+/- 22.8	+/- 30.8	+/- 36.8	+/- 42.9	20
15 min	51.6	70.7	83.4	99.4	111.2	123.0	20
	+/- 8.7	+/- 14.7	+/- 19.8	+/- 26.7	+/- 32.0	+/- 37.2	20
30 min	31.2	41.9	49.0	58.0	64.6	71.2	20
	+/- 4.9	+/- 8.2	+/- 11.1	+/- 14.9	+/- 17.9	+/- 20.8	20
1 h	19.4	26.1	30.5	36.1	40.3	44.4	20
	+/- 3.1	+/- 5.2	+/- 7.0	+/- 9.4	+/- 11.2	+/- 13.1	20
2 h	11.6	16.2	19.3	23.2	26.1	28.9	20
	+/- 2.1	+/- 3.6	+/- 4.8	+/- 6.5	+/- 7.7	+/- 9.0	20
6 h	5.3	7.2	8.4	9.9	11.1	12.2	20
	+/- 0.8	+/- 1.4	+/- 1.9	+/- 2.6	+/- 3.1	+/- 3.6	20
12 h	3.0	4.0	4.6	5.4	6.0	6.5	20
	+/- 0.4	+/- 0.7	+/- 1.0	+/- 1.3	+/- 1.6	+/- 1.8	20
24 h	1.7	2.2	2.6	3.0	3.3	3.6	21
	+/- 0.2	+/- 0.4	+/- 0.5	+/- 0.7	+/- 0.8	+/- 1.0	21

Tableau 8.5-28 : Volume des précipitations (mm) à la période de retour à la station de Matagami

Duration/Durée	2	5	10	25	50	100	#Years Années
	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	
5 min	7.5	10.0	11.7	13.9	15.4	17.0	20
10 min	10.8	14.5	16.9	20.0	22.3	24.5	20
15 min	12.9	17.7	20.8	24.8	27.8	30.8	20
30 min	15.6	21.0	24.5	29.0	32.3	35.6	20
1 h	19.4	26.1	30.5	36.1	40.3	44.4	20
2 h	23.2	32.5	38.6	46.4	52.1	57.8	20
6 h	31.9	43.0	50.4	59.7	66.5	73.4	20
12 h	36.3	47.6	55.1	64.5	71.6	78.5	20
24 h	41.5	53.6	61.5	71.6	79.1	86.5	21

Tableau 8.5-29 : Taux de précipitation (mm/h) à la période de retour à la station de Chapais

Duration/Durée	2	5	10	25	50	100	#Years Années
	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	
5 min	85.4	114.4	133.7	158.0	176.0	193.9	48
	+/- 8.5	+/- 14.4	+/- 19.4	+/- 26.2	+/- 31.3	+/- 36.5	48
10 min	60.5	81.3	95.1	112.5	125.4	138.2	48
	+/- 6.1	+/- 10.3	+/- 13.9	+/- 18.8	+/- 22.4	+/- 26.1	48
15 min	48.8	64.6	75.0	88.2	98.0	107.7	48
	+/- 4.6	+/- 7.8	+/- 10.5	+/- 14.2	+/- 17.0	+/- 19.8	48
30 min	31.4	40.8	47.0	54.8	60.6	66.4	48
	+/- 2.7	+/- 4.6	+/- 6.3	+/- 8.4	+/- 10.1	+/- 11.8	48
1 h	19.6	25.6	29.6	34.7	38.5	42.2	48
	+/- 1.8	+/- 3.0	+/- 4.1	+/- 5.5	+/- 6.5	+/- 7.6	48
2 h	11.3	14.5	16.6	19.2	21.1	23.1	48
	+/- 0.9	+/- 1.6	+/- 2.1	+/- 2.8	+/- 3.4	+/- 3.9	48
6 h	5.2	6.5	7.4	8.6	9.4	10.2	48
	+/- 0.4	+/- 0.7	+/- 0.9	+/- 1.2	+/- 1.5	+/- 1.7	48
12 h	3.1	3.9	4.4	5.0	5.5	6.0	48
	+/- 0.2	+/- 0.4	+/- 0.5	+/- 0.7	+/- 0.9	+/- 1.0	48
24 h	1.9	2.4	2.7	3.1	3.5	3.8	48
	+/- 0.1	+/- 0.2	+/- 0.3	+/- 0.5	+/- 0.5	+/- 0.6	48

Tableau 8.5-30 : Volume des précipitations (mm) à la période de retour à la station de Chapais

Duration/Durée	2	5	10	25	50	100	#Years Années
	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	yr/ans	
5 min	7.1	9.5	11.1	13.2	14.7	16.2	48
10 min	10.1	13.6	15.8	18.7	20.9	23.0	48
15 min	12.2	16.1	18.8	22.1	24.5	26.9	48
30 min	15.7	20.4	23.5	27.4	30.3	33.2	48
1 h	19.6	25.6	29.6	34.7	38.5	42.2	48
2 h	22.7	28.9	33.1	38.4	42.3	46.1	48
6 h	31.0	39.1	44.5	51.3	56.4	61.4	48
12 h	36.8	46.3	52.5	60.5	66.3	72.2	48
24 h	45.2	57.3	65.3	75.4	82.9	90.4	48

En plus des données pluviométriques des station de Matagami et de Chapais, selon l'étude du profil climatique datée du 27 août 2021, une augmentation de 18,6 % et de 20,1 % devrait être appliquée respectivement sur le débit de pointe avec une période de récurrence de 25 ans et de 100 ans sur les débits de pointe traversant le CFRBD pour tenir compte de l'accélération du ruissellement causée par les changements climatiques. Une augmentation de 24,2 % et de 24,1 % a été appliquée respectivement sur le débit de pointe avec une période de récurrence de 25 ans et de 100 ans sur les débits de pointe traversant le chemin de fer Grevet-Chapais pour la même raison.

Tableau 8.5-31 : Changement climatique à Matagami dans les années 2080

T (years)	2		5		10		20		25		50		100	
5 min	8.49	15.2%	11.75	17.0%	14.27	19.9%	16.42	19.0%	17.04	18.6%	19.46	19.4%	21.98	20.2%
10 min	11.97	15.2%	16.23	17.1%	19.87	19.9%	23.34	19.0%	24.41	18.6%	28.73	19.4%	33.66	20.2%
15 min	14.19	15.3%	19.63	17.1%	24.34	19.9%	28.91	19.0%	30.31	18.5%	36.03	19.4%	42.59	20.2%
30 min	17.78	15.2%	24.54	17.1%	29.65	19.9%	33.94	19.0%	35.13	18.5%	39.86	19.4%	44.7	20.1%
1 h	21.85	15.2%	30.21	17.1%	36.76	19.9%	42.44	19.0%	44.08	18.6%	50.55	19.4%	57.37	20.1%
2 h	25.5	15.2%	36.09	17.1%	45.35	19.9%	54.52	19.0%	57.38	18.6%	68.93	19.4%	82.31	20.2%
6 h	35.59	15.2%	48.6	17.1%	59.44	19.9%	69.44	19.0%	72.47	18.6%	84.54	19.4%	97.91	20.2%
12 h	40.46	15.2%	53.99	17.1%	65.42	19.9%	75.99	19.0%	79.2	18.5%	92.16	19.4%	106.66	20.2%
24 h	46.55	15.2%	61.3	17.1%	73.59	19.9%	84.66	19.0%	87.98	18.5%	101.4	19.4%	116.21	20.2%

Tableau 8.5-32 : Changement climatique à Chapais dans les années 2080

T (years)	2		5		10		20		25		50		100	
5 min	8.19	15.2%	10.94	14.7%	13.3	19.4%	15.97	25.9%	16.84	28.0%	19.83	35.2%	23.21	43.6%
10 min	11.66	15.7%	15.79	16.5%	19.16	20.9%	23.07	27.8%	24.31	29.7%	28.2	34.9%	32.52	41.1%
15 min	14.3	17.3%	19.1	18.3%	22.79	21.5%	27.1	27.5%	28.35	28.6%	31.98	30.5%	36.19	34.4%
30 min	19.21	22.2%	24.81	21.7%	28.69	22.1%	32.62	23.3%	33.75	23.1%	37.12	22.5%	40.68	22.6%
1 h	23.78	21.6%	31.02	21.1%	36.22	22.2%	41.39	23.6%	43.09	24.1%	47.82	24.3%	52.41	24.2%
2 h	28	23.5%	35.39	22.2%	40.27	21.6%	45.05	21.5%	46.34	20.8%	50.37	19.2%	54.59	18.4%
6 h	38.1	23.1%	47.52	21.5%	53.89	21.1%	60.38	21.5%	62.14	21.1%	67.63	19.9%	73.64	19.9%
12 h	45.02	22.3%	56	21.0%	63.79	21.4%	71.76	22.5%	74	22.4%	80.85	21.9%	88.26	22.3%
24 h	55.57	23.0%	69.57	21.5%	79.06	21.1%	88.71	21.5%	91.34	21.1%	99.48	19.9%	108.42	19.9%

Le ruissellement de surface est grandement influencé par la topographie, les conditions du sol et l'utilisation des terres. Les zones géographiques étudiées (chemins de fer RBD et Grevet-Chapais) sont situées dans la région subarctique canadienne où la période de ruissellement maximal se produit au printemps. Cette région est parsemée de milliers de lacs, de cours d'eau et de marécages. Bien que le sol de la région soit relativement saturé, ce qui entraîne un ruissellement plus important des eaux de surface, l'écoulement est ralenti en raison de la topographie relativement plate et de l'influence des lacs et des marécages.

Un bassin versant (ou bassin de drainage) est une zone de terre où toutes les eaux de surface convergent vers un point unique (franchissement d'un cours d'eau).



Figure 8.5-89 : Exemple d'un bassin versant

Les cartes numériques à l'échelle 1:250 000 produites par Ressources naturelles Canada (RNC) conformément au Système national de référence cartographique (SNRC) du Canada ont été utilisées pour la délimitation des bassins versants, le calcul de la superficie des lacs et des marécages dans chaque bassin versant, le calcul de la pente du bassin versant et du trajet d'écoulement pour chacun des bassins versants. L'imagerie Google a été utilisée pour identifier l'emplacement et la largeur des principaux cours d'eau. En plus des données topographiques, le type de sol en fonction de ses caractéristiques hydrologiques a été utilisé pour cette étude hydrologique à partir de la carte des sols de Chapais.



Figure 8.5-90 : Vue d'ensemble des bassins versants le long du tracé du CFRBD



Figure 8.5-91 : Vue d'ensemble des bassins versants le long du tracé Grevet-Chapais

En résumé, 307 bassins versants ont été délimités pour le tracé du chemin de fer Billy Diamond et 145 bassins versants pour le tracé Grevet-Chapais. Les caractéristiques des bassins versants et les débits de conception correspondants se trouvent à l'annexe 6.7.

Les critères de conception hydrologique présentés ci-dessous résument les normes imposées notamment par le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD/MTMDET), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MELCC) et AREMA.

Tableau 8.5-33 : Calculs de drainage et méthode hydrologique

Élément	Critère
Pluviométrie de référence	Pour les ponceaux : • Précipitations sur 25 ans aux gares de Matagami et de Chapais • Précipitations sur 100 ans aux gares de Matagami et de Chapais Pour les ponts : • Données sur les précipitations sur 100 ans aux gares de Matagami et de Chapais
Bassin versant $\leq 25 \text{ km}^2$ Franchissements réguliers	Méthode rationnelle : $Q \text{ (m}^3/\text{s)} = 0,00275 \times C_p \times I \times A_b$ Q : Débit de pointe (m³/s), C_p : Coefficient de ruissellement, I : Intensité des précipitations (mm/h), A_b : Superficie du bassin versant (ha)
Bassin versant $> 25 \text{ km}^2$ Franchissements réguliers	Méthode du numéro de courbe du Soil Conservation Service (SCS) : $Q_T = \frac{0.2083 \times S \times P_c}{0.5D + 0.6 T_c}$ $P_c = \frac{(X_T - 0.2E)^2}{(X_T + 0.8E)}$ $E = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$ CN : Numéro de courbe, Rétentions potentielles (mm), X_T : Précipitations sur 24 heures correspondant à la période de retour de conception (mm), Q_T : Ruissellement de pointe en T années de la période de retour de conception (m³/s), P_c : Ruissellement de surface direct (mm), S : Superficie du bassin versant (km²), T_c : Temps de captage (h), D : La durée des précipitations excessives (hypothétique $D=0,5T_c$)
Franchissements navigables	Conception avec une période de retour de pluie de 2 ans
Pente du bassin versant	Méthode 85/10 : $S_w = 100 \left[\frac{\Delta h - h_f}{0.75(L - L_f)} \right]$ Δh = différence d'élévation (m) entre les points 85 % et le point 10 % obtenus à partir des courbes de niveau h_f = somme des hauteurs des rapides et des chutes d'eau entre les points 10 % et 85 % (m) L = longueur totale du canal principal, y compris la voie d'écoulement non définie jusqu'à la tête du bassin (m) L_f = somme des longueurs des rapides et des chutes d'eau jusqu'à 10 % de L (m)
Temps de concentration:	Pour $C > 0,4$: $T_c = 0,057 \times L \times A^{-0,2} \times S^{-0,1}$ Pour $C < 0,4$: $T_c = 3,26 (1,1 - C) \times L^{0,5} \times S^{-0,33}$ ($C < 0,4$) C = Coefficient de ruissellement L = Distance de la voie d'écoulement (m) A = Superficie du bassin versant (ha) S = Pente de la voie d'écoulement (%) Remarque : Temps minimum de concentration = 10 min.

8.5.25.2 Conception préliminaire des ponceaux

Les ponceaux de drainage du chemin de fer sont principalement construits pour transporter l'eau à travers une plateforme de chemin de fer. Un ponceau qui ne remplit pas correctement cette fonction peut compromettre la sécurité de l'exploitation ferroviaire et causer des dommages matériels excessifs. La conception préliminaire du ponceau proposé comprend deux éléments :

- Identification du type de ponceau en fonction des caractéristiques (largeur et présence de poissons) du franchissement de cours d'eau.
- Analyse hydraulique pour la conception des ponceaux proposés.

Les critères de conception des ponceaux présentés ci-dessous résument les normes imposées notamment par le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD/MTMDET), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MELCC) et AREMA.

Tableau 8.5-34 : Exigences minimales de conception pour les ponceaux

Élément	Critère
Type de ponceau	• Ponceau en tuyau en tôle ondulée (TTO) : diamètre de 0,6 m à 2,0 m • Ponceau en acier structurel sans fond (boulon à plaque) : portée de 2 m à 10 m • Ponceau en acier structurel sans fond (SuperCor) : portée de 10 m à 25 m Remarque : Les fondations préfabriquées en béton pour les ponts en arc à courte portée et les palplanches devront être conçues par l'entrepreneur responsable de l'exécution des travaux, en fonction des conditions du site et des matériaux de fondation pendant la construction, afin de minimiser l'altération des cours d'eau par les particules en suspension.
Débit de conception	• Une crue sur 25 ans sans hauteur d'eau statique à l'entrée (un rapport maximal entre la hauteur d'eau et le diamètre/la hauteur du ponceau (HW/D) de 1,0). • Une crue sur 100 ans avec une hauteur d'eau maximale de 2 pi en dessous de la base du rail à l'entrée ou qui résulte en un HW/D ne dépassant pas 1,5, selon la valeur la plus basse
Diamètre minimal du ponceau	• 600 mm (24 po) de la voie de la ligne principale • 450 mm (18 po) pour les autres voies
Hauteur minimum de la couverture	Au moins 300 mm (12 po) entre le haut du ponceau en TTO et le bas des traverses (1 200 mm selon les normes du CN).
Espacement minimal autorisé entre les ponceaux en parallèle	• 0,3 m (12 po) (pour les ponceaux de 600 mm (24 po) de diamètre et moins) • 0,5 D (pour les ponceaux de 600 à 1 800 mm (de 24 à 72 po) de diamètre) • 0,9 m (36 po) (pour les ponceaux d'un diamètre de 1 800 mm (72 po) et plus) • D = diamètre des ponceaux
Considérations relatives à la conception des passes à poissons	Utilisation d'un ponceau à plaques sans fond. Si le ponceau en TTO est utilisé : 1) Le fond ponceau en TTO est enterré sous le lit de la rivière sur 10 % de son diamètre. 2) Min. 200 mm de profondeur d'eau s'écoulant au fond d'un ponceau en TTO 3) Chute maximale à la sortie d'un ponceau en TTO = 300 mm 4) Vitesse d'écoulement admissible dans le ponceau : • Pour une longueur de ponceau ≤ 25 m : 1,2 m/s • Pour une longueur de ponceau > 25 m : 0,9 m/s 5) Si la largeur de la voie d'eau est réduite de 20 à 50 % par un ponceau • Pour les ponceaux d'une longueur ≤ 25 m : 1,0 % de pente maximale du ponceau • Pour les ponceaux d'une longueur > 25 m : 0,5 % de pente maximale du ponceau

Élément	Critère
Épaisseur minimum du ponceau en TTO	2 mm
Fondation en TTO	• Largeur : $D/3$, où D = diamètre de la TTO • Épaisseur : 150 mm à 450 mm selon le diamètre du ponceau en TTO

Outre les critères de conception ci-dessus, la charge utile du chemin de fer Cooper E-80 et les plateformes avec une densité de sol de $22,5 \text{ kN/m}^3$ doivent être envisagées comme paramètres de conception structurelle des ponceaux. Il est à noter que tous les ponceaux doivent avoir une durée de vie d'au moins 50 ans.

Les ponceaux en TTO ont été conçus pour les cours d'eau intermittents, tandis que les ponceaux à arche en acier sans fond ont été conçus pour les cours d'eau permanents afin d'éviter tout impact sur les conditions environnementales de ces cours d'eau.



Figure 8.5-92 : Exemple d'un ponceau en TTO



Figure 8.5-93 : Exemple de ponceau en arc à plaque d'acier sans fond

Une analyse hydraulique détermine les exigences hydrauliques du ponton pour transporter de manière adéquate le débit prévu. Ces exigences déterminent la taille, la forme, la pente, les traitements d'entrée et de sortie du ponton. L'analyse hydraulique des pontons a été réalisée à l'aide du programme d'analyse hydraulique des pontons HY-8, qui est un logiciel développé par la Federal Highway Administration (FHWA) des États-Unis et utilisé par le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD/MTMDET) et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MELCC) pour la gestion du drainage. Les figures ci-dessous montrent les résultats de l'analyse hydraulique HY-8 pour le ponton 3005 et le ponton 655 traversant respectivement le tracé RBD et le tracé Grevet-Chapais.

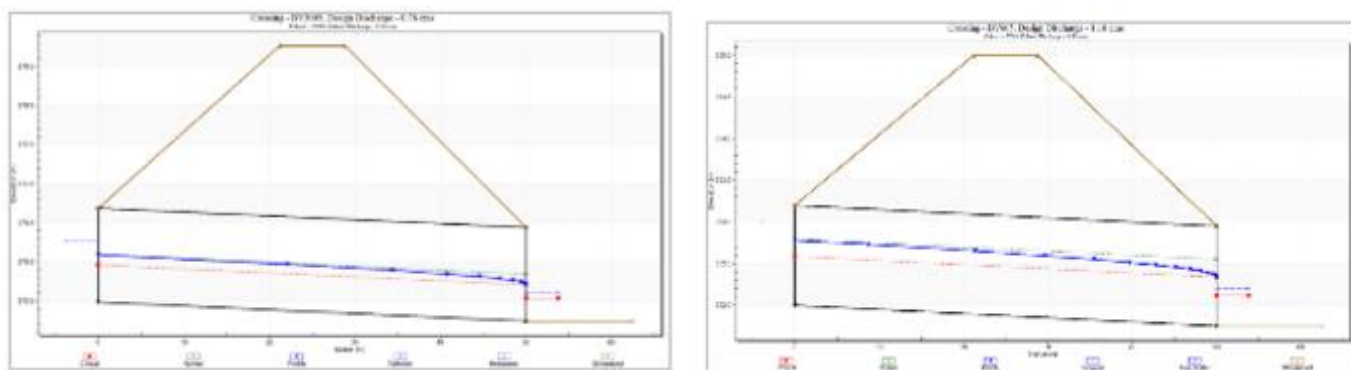


Figure 8.5-94 : Résultat HY-8 pour le passage des pontons sous le tracé Grevet-Chapais

Selon les résultats de la visite des lieux effectuée du 13 au 17 septembre 2021, le tableau ci-dessous résume les conditions actuelles de certains des pontons existants qui passent sous la plateforme actuelle de l'ancien chemin de fer Grevet-Chapais.

Tableau 8.5-35 : Observations des ponceaux existants inspectés

Emplacement (PK)	Dimensions du ponceau	Observations
127,3	1 X 2 m	Fonctionnel
127,3	1 X 1 m	Fonctionnel
132	1 X 0,6 m	Rouillé, mais non endommagé ni obstrué
137,4	1 X 1 m	Fonctionnel
140,5	1 X 1 m	Fonctionnel
157,9	1 X 1,5 m, 1 X 1 m	Doit être remplacé
158,4	1 X ≈1 m	Fonctionnel
164,1	1 X ≈1 m, 1 X 0,6 m	Fonctionnel
170,9	1 X ≈1 m	Fonctionnel
178,1	1 X ≈2 m	Fonctionnel
184,7	1 X ≈0,8 m	Écrasé (brisé)
187,1	1 X ≈1 m	Écrasé
204,5	1 X ≈1 m	Écrasé
220,1	1 X ≈1,5 m	Brisé
229,2	3 X 2,4 m	En bon état
254,8	3 X 1,8 m	Les 3 barils sont obstrués
257,7	1 X 1,7 m	En bon état, non obstrué
260,7	1 X 1,8 m	Complètement submergé
264,1	S.O.	Emporté par les eaux (pas de ponceau présent)
267,4	3 X 2 m	Obstrué à 25 %, en bon état

Les figures ci-dessous donnent quelques exemples de l'état des ponceaux existants.



Figure 8.5-95 : Ponceau en TTO existant de 600 mm de diamètre traversant la plateforme Grevet-Chapais au PK 132.0
(Le ponceau est rouillé, mais semble fonctionnel)



Figure 8.5-96 : Ponceaux en TTO existants de 1 000 mm et 600 mm de diamètre traversant la plateforme Grevet-Chapais
au PK 164.1
(Les ponceaux sont rouillés et légèrement cabossés, mais semblent fonctionnels)



Figure 8.5-97 : Ponceau en TTO existant de $\pm 1\ 500$ mm de diamètre traversant la plateforme Grevet-Chapais au PK 220.1
(Le ponceau est rouillé et brisé)



Figure 8.5-98 : Ponceaux en TTO existants de 3 x 2 400 mm traversant la plateforme Grevet-Chapais au PK 229.2

Les pontons proposés qui traversent le tracé CFRBD ainsi que les pontons existants qui traversent le tracé Grevet-Chapais ont été conçus et redessinés de sorte que leurs capacités hydrauliques soient en mesure de supporter l'augmentation des précipitations résultant du changement climatique. Les structures proposées pour les tracés CFRBD et Grevet-Chapais sont présentées à l'annexe 6.7. En raison du manque de détails sur les pontons existants qui passent sous le tracé Grevet-Chapais, une inspection plus poussée des pontons existants sera nécessaire avant toute réhabilitation ou remplacement par les pontons proposés. Des digues de castors ont été observées durant la visite du site. Il est donc important de réduire au minimum les effets des changements soudains de débit causés par les digues de castors en amont et immédiatement en aval.

8.5.26 Système de signalisation et de télécommunications

Les trois principaux objectifs des systèmes de signalisation et de télécommunications sont les suivants :

- Permettre l'exploitation sûre du chemin de fer par son personnel.
- Permettre le passage en toute sécurité des trains sur le chemin de fer.
- Permettre l'entretien sécurisé du chemin de fer.

Les systèmes de signalisation modernes sont généralement constitués d'équipements embarqués, en bordure de voie et centralisés. Parmi les principales fonctions du système de signalisation figurent :

- Équipement de terrain (IXL, aiguillages, signaux, détecteurs, passages à niveau, dispositifs de déneigement, etc.)
- Commande et contrôle des équipements de signalisation (p. ex : aiguillage, signal).
- Horaire des trains.
- Définition automatique des itinéraires.
- Régulation automatique des trains.
- Gestion du matériel roulant.

Les systèmes de télécommunications fournissent des services à d'autres systèmes. La fourniture de l'infrastructure de réseau (LAN et WAN) en mode normal et dégradé. La fourniture d'appareils de cybersécurité intégrés à l'infrastructure de réseau et la synchronisation temporelle du réseau par GPS sont également prévues. Un système de gestion de réseau (NMS) doit également être fourni.

Conformément aux exigences du Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada (REF), des communications vocales mobiles doivent être fournies pour permettre les communications entre une équipe de train, une équipe d'entretien et le RTC dans les CCO. L'ensemble du réseau ferroviaire doit être couvert.

Un système SCADA est également prévu pour gérer la commande et le contrôle des équipements du système sans signalisation. Il est typique des systèmes SCADA de fournir un traitement centralisé des alarmes et des événements pour tous les systèmes fournis.

Un contrôle d'accès doit également être prévu pour sécuriser les installations du réseau. Un système de télévision en circuit fermé fait également partie des systèmes ferroviaires classiques en complément du contrôle d'accès et pour assurer la sécurité des installations et des passagers.

Les sections suivantes décrivent les principales hypothèses relatives à ces systèmes et les solutions envisagées pour établir l'estimation des coûts, mais ne fournissent pas une architecture système.

8.5.26.1 Hypothèses

La fréquence proposée des trains sur les deux lignes est au maximum de deux par jour dans chaque sens. Un parc de quatre locomotives pour les trains de marchandises, une locomotive pour le trafic voyageurs et un train de réserve sont à prévoir.

Pour la ligne du CFRBD, l'infrastructure suivante doit être prise en charge :

Tableau 8.5-36 : Liste des infrastructures du CFRBD

Emplacement	Début	Fin
Gare de triage de Matagami	-0+680.06	0+941.95
Gare de Matagami	5+158.23	5+617.80
Voie de chargement du bois	60+788.33	62+480.16
Voie d'évitement 1	92+240.00	93+807.10
Voie d'évitement 2	167+619.06	169+258.96
Gare de Waskaganish	235+795.81	236+495.22
Gare de triage de Waskaganish	236+525.22	238+313.71

Pour la ligne Grevet-Chapais, l'infrastructure suivante doit être prise en charge :

Tableau 8.5-37 : Liste des infrastructures du chemin de fer Grevet-Chapais

Emplacement	Début	Fin
Voie d'évitement au début	123+201	124+262
Voie d'évitement I + gare	173+671	174+840
Voie d'évitement II	226+838	227+927
Gare de Chapais	277+505	278+024
Gare de triage de Chapais	279+023	280+387

Chaque ligne est exploitée par son propre centre de contrôle des opérations (CCO), et la redondance doit être assurée pour tous les systèmes. Une installation de fibre optique existante à proximité de la voie des deux lignes peut être réutilisée. Il a été envisagé qu'un maximum de 30 radios portatives seront disponibles.

8.5.26.2 Système de signalisation

Un bref aperçu des différents systèmes de signalisation est fourni dans le tableau suivant.

Tableau 8.5-38 : Description et évaluation des systèmes de signalisation

Types de systèmes de signalisation	Description	Avantages	Inconvénients
Sans signalisation	Selon les règles du REF, ce type de territoire est régi par les règles de régulation de l'occupation de la voie. Le RTC doit assurer la surveillance du territoire au moyen de dégagements, de POV, de BM et d'autres instructions, selon les besoins.	• Infrastructure minimale requise. • Exigences minimales en matière d'entretien	• La sécurité est confiée au RTC et au personnel de bord. • Aucun système de suivi des trains.
Système de signal de blocage automatique	Le chemin de fer est divisé en blocs. Le mouvement entre les blocs est contrôlé automatiquement (sur le terrain) par des signaux.	Fonctionne mieux avec les chemins de fer à ligne unique à faible trafic (pas de croisements).	• Aucune fonction ATS n'est disponible. • Aucun système de suivi des trains.
Système de commande centralisée de la circulation : bloc fixe	On parle de signalisation par bloc fixe lorsque la longueur des blocs est déterminée par la longueur et la vitesse du train. L'entrée dans un bloc est contrôlée par des signaux. Les équipements en bordure de la voie sont contrôlés par des serveurs d'application centralisés.	• Capacité accrue de trafic • Régularité accrue du trafic • Amélioration de l'exploitation ferroviaire	• Système le mieux équipé. • Coûts d'entretien plus élevés.
Contrôle des trains par communications (CBTC) : bloc mobile	La position d'un train est évaluée à bord et relayée au sol par radio grâce à des équipements situés le long de la ligne.	• Capacité accrue • Réduction du temps de parcours	Coût élevé
Commande intégrale des trains	Le système CIT peut maintenir la séparation des trains, la vitesse de la ligne et gérer les restrictions de vitesse temporaires.	• Permet de déterminer la position, la direction et la vitesse précises d'un train. • Capacité d'arrêter les trains Peut arrêter un train	• Coût élevé • S'appuie sur la radio en bord de train (cybersécurité)
Système européen de contrôle des trains (ETCS), niveau 2	Surveillance continue du mouvement du train grâce à une communication permanente via GSM-R entre le train et le sol.	• Système le plus sécuritaire • Permet l'intervalle de train le plus court • Amélioration de l'exploitation ferroviaire	Coût élevé

Compte tenu de ces hypothèses, du contenu du Tableau 8.5-38 et des exigences du « Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada » (REFC – version du 9 mai 2022), notre recommandation est d'utiliser une combinaison des systèmes décrits ci-dessus. Pour les besoins de cette étude, un système de cantonnement automatique avec des compteurs d'essieux en combinaison avec certains composants de commande intégrale des trains.

Appareils de terrain

- Système de compteur d'essieux
 - Les détecteurs de courant alternatif sont reliés aux rails de la voie par perçage ou par serrage.

- Les détecteurs peuvent avoir une unité électronique au sol à proximité, mais ils seront connectés à l'évaluateur par fibre directe (pour éviter les délais de traitement et de communication).
- Les unités d'évaluateurs sont centralisées dans le CCO.
- Réinitialisation conviviale et sûre des blocs, y compris les procédures nécessaires.
- Le système d'enclenchement informatisé (CBI) est utilisé.
- Moteurs d'aiguille
 - Moteurs d'aiguille électromécaniques.
 - La détection de la position et du verrouillage est indépendante des contrôles de mouvement.
 - Conception SIL4 ayant fait ses preuves.
- Kits pour passage à niveau
 - Aux croisements de routes où il n'y a pas de pont, un kit de passage à niveau est contrôlé par le CBI via les centres des opérations.
 - Un kit de passage à niveau se compose de feux clignotants et de panneaux de signalisation. Conformément aux « Normes techniques régissant les systèmes d'avertissement de passage à niveau utilisés aux passages à niveau restreints » de Transports Canada.
- Émetteur GNSS différentiel au sol
 - Nécessaire uniquement si la précision ou la fiabilité des données satellitaires est insuffisante pour assurer la sécurité.
 - Un émetteur GNSS différentiel est utilisé pour augmenter la précision du positionnement du train.
- Poste en bord de voie

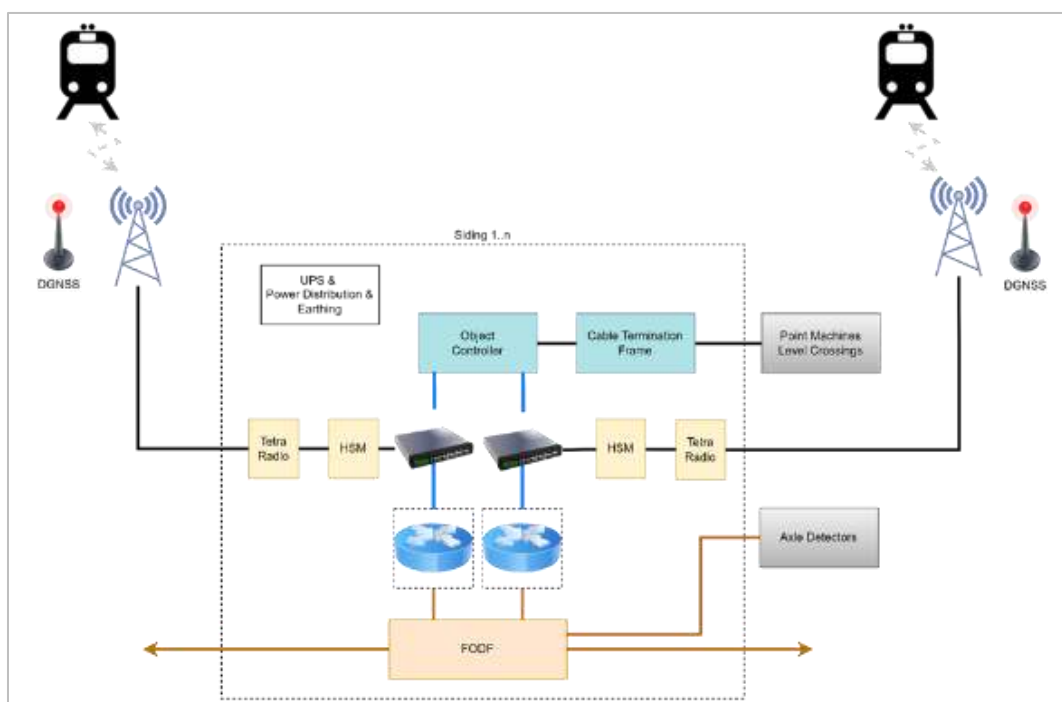


Figure 8.5-99 : Configuration du système de signalisation

HSM = modules de sécurité matériels

GNSS = système mondial de navigation par satellite différentiel

8.5.26.3 Système de télécommunications

Pour le projet ferroviaire « Grande Alliance » proposé, les sous-systèmes suivants devraient être inclus dans l'estimation des coûts du système de télécommunications :

- Sous-système de contrôle d'accès (ACS).
- Réseau de communications multiservices (MSCN).
- Système de télévision en circuit fermé (TCF).
- Système de gestion de réseau (NMS).
- Système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA).
- Sous-système de communication radio (RCS).

Les utilisateurs au sol devraient être en mesure de se brancher sur le système pour avoir des arrêts. Le MSCN est basé sur une architecture réseau à double anneau tolérant aux pannes et utilisant des protocoles Inter standard ouverts. Les anneaux du réseau fédérateur sont en fibre optique pour la performance (monomode – min. 24 fibres). La conception du réseau est conforme à la norme EN 50159. En conséquence, le réseau routier est fermé, tandis que le réseau radio est ouvert et utilise donc une radio voix et données ou des radios séparées. Deux solutions peuvent être envisagées : radio TETRA avec des modules de sécurité matériels (HSM) des deux côtés de la liaison radio ou un réseau LTE privé avec sécurité intégrée. Ces options permettent de chiffrer les données et d'authentifier l'expéditeur. Elles font partie de la solution de cybersécurité visant à empêcher les vecteurs d'attaque provenant d'individus ou de groupes motivés (p. ex. sous forme de protestation ou de rançongiciel).

Le NMS doit être utilisé pour surveiller tous les équipements du réseau et toutes les liaisons.

L'ACS sera déployé dans le CCO, les gares et les bâtiments d'entretien. Toute pièce contenant des équipements techniques (équipements électriques ou de télécommunication) doit être protégée. Toute solution doit comprendre des lecteurs, des contrôleurs, des cartes, des postes de travail et des serveurs d'application.

Le système de télévision en circuit fermé sera déployé dans le CCO, les gares (quais, aire commune) et les gares de triage. Toute solution doit comprendre des caméras (fixes, PIZ), des enregistreurs locaux, des logiciels de poste de travail et des serveurs d'application.

Le RCS couvre tous les sites associés au chemin de fer. Elle repose sur l'existence de deux chemins indépendants pour la connectivité du réseau au sein de l'architecture en anneau globale. Il existe deux tours indépendantes dont les couvertures se chevauchent dans la région. Les utilisateurs de la radio vocale (mobile et embarquée) et de la radio de données (embarquée) peuvent envoyer des données numériques sur le réseau par l'intermédiaire de la radio vocale et de la radio de données en bordure de voie. La sécurité est maintenue à l'aide de HSM aux deux extrémités des parties ouvertes (isolement) du réseau.

8.5.26.4 Détection des défaillances

De nombreuses technologies de détection des défaillances du matériel en bordure de voie ont été développées ces dernières années pour les chemins de fer afin d'améliorer la sécurité de l'exploitation des trains sur une section de voie. En outre, après certains incidents et accidents survenus sur une longue période, certains de ces dispositifs sont exigés par la loi fédérale. Les détecteurs préviennent les accidents causés par les défaillances du rail, renforçant ainsi la sécurité des utilisateurs et des opérateurs.

La section suivante décrit l'objectif et la fonction de chaque système de surveillance, ainsi que les défaillances spécifiques qui sont surveillées. Il convient de noter que de nombreux systèmes commerciaux combinent une ou plusieurs de ces fonctions de surveillance.

Détecteurs de défauts de roues (DDR)

Un détecteur de défauts de roues (DDR) est un système de sécurité utilisé pour identifier une roue défectueuse en mesurant l'impact dynamique sur la voie. Cela permet de protéger l'infrastructure ferroviaire, d'éviter les déraillements et les défaillances catastrophiques, et de réduire les interruptions de service et les coûts d'entretien imprévus du matériel roulant. Les détecteurs de défauts de roues sont conçus pour fonctionner avec un trafic bidirectionnel. L'industrie ferroviaire nord-américaine a mis au point un niveau d'alerte normalisé pour la plage d'impact qui combine la vitesse et la charge pour déterminer quand la roue doit être mise hors service.

Système de pesage dynamique (PRD)

Le pesage des locomotives et des wagons a deux objectifs. Le premier est d'assurer que le véhicule en soi n'est pas chargé au-delà de sa capacité de charge maximale, et le second est d'assurer que la charge est répartie uniformément dans le véhicule.

La mesure de la répartition de la charge nécessite l'utilisation d'un système de pesage plus complexe. Son but est d'alerter le contrôleur du train d'une répartition inégale du poids dans un véhicule particulier qui pourrait potentiellement conduire à un déraillement. Une répartition inégale de la charge sur un wagon transportant du minerai, ou des concentrés de minéraux, signifie que le poids du wagon n'est pas supporté de manière égale par toutes les roues.

Dans des circonstances extrêmes, le wagon peut dérailler lorsque la ou les roues les moins chargées ne parviennent pas à assurer un contact suffisant avec le champignon de rail, en particulier dans les courbes ou sur les aiguillages.

Détecteurs de boîtes et de roues chaudes

Les détecteurs de boîtes et de roues chaudes (DBRC) sont des dispositifs en bordure de voie conçus pour surveiller la température des essieux, des roues et des freins, et signaler toute surchauffe susceptible de provoquer des déraillements. Ils transmettent également ces données au centre de contrôle des opérations (CCO).

Les DBRC sont réglés pour déclencher une alarme lorsque la température détectée d'un roulement de roue ou d'une roue est supérieure à un seuil particulier.

Détecteurs de pièces traînantes

Les détecteurs de pièces traînantes sont utilisés pour détecter les pièces traînantes de bas niveau (p. ex. des tuyaux ou des bâches mal fixés) et les roues suspendues sur le train en marche. Ce sont des dangers potentiels sur la voie, et ils peuvent causer des dommages aux traverses et même un déraillement. Ces pièces traînantes sont détectées mécaniquement (à l'aide d'une plaque de détection située légèrement au-dessus du niveau du rail) ou optiquement.

Considérations d'ordre général

Des détecteurs supplémentaires peuvent également être installés pour assurer la sécurité des installations. Il s'agit notamment de détecteurs de niveau d'eau pour la plateforme et de détecteurs de vent.

Les règles pour le placement des détecteurs sont les suivantes :

- Le détecteur doit être situé sur la voie, en ligne droite.
- Il est préférable que le détecteur soit situé à un endroit où la voie n'est pas en pente.
- Le détecteur doit être situé à au moins 457 m (1 500 pi) de l'extrémité d'une courbe.
- Le détecteur doit être placé à un endroit où la vitesse du train est d'au moins 16 km/h (10 mi/h).
- Le détecteur doit être placé à un endroit où le freinage du train est minimal.
- Un détecteur doit être placé à des intervalles d'environ 50 km (30 miles).
- Le détecteur ne doit pas être placé dans un endroit où des arrêts prolongés peuvent se produire.

Recommandations

Des détecteurs seront placés sur les lignes du chemin de fer le long de la route Billy Diamond et Grevet-Chapais.

Sur la ligne CFRBD, des détecteurs de l'état des trains seront placés à l'entrée et à la sortie de la ligne. Cela permettra d'assurer que le train et les voitures sont en bon état avant d'emprunter le chemin de fer. Cet équipement sera présent aux gares de Matagami (PK 001) et de Waskaganish (PK 235). Ce positionnement rapproché des gares facilitera également l'alimentation électrique et les opérations d'entretien. Sur la ligne Grevet-Chapais, des détecteurs de l'état des trains seront placés sur la voie d'évitement à l'extrémité ouest de la ligne et à la sortie de la ligne de la gare de triage de Chapais.

Les systèmes présentés ci-dessus seront installés en ligne (DDR et PRD) et sur portique (DBRC et DPTD). La figure ci-dessous indique l'emplacement des détecteurs le long des deux lignes.

Dans un futur où le trafic sur la voie augmente considérablement, il serait possible de placer de nouveaux capteurs avant la voie d'évitement pour réguler et contrôler plus facilement l'état des trains. Cependant, cette solution n'est pas recommandée pour le moment en raison du faible trafic sur les lignes.

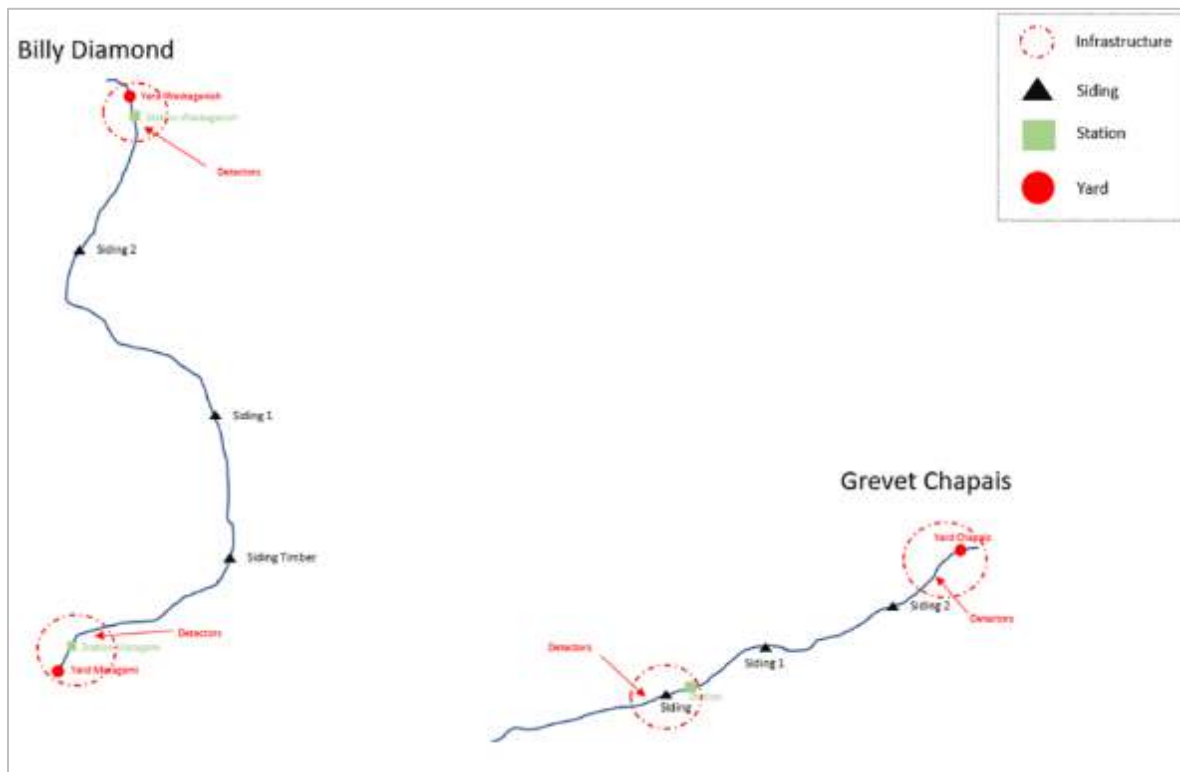


Figure 8.5-100 : Vue schématique des lignes avec plusieurs installations

8.5.27 Alimentation en électricité du chemin de fer

Les détecteurs et autres dispositifs de voie nécessitent une alimentation électrique pour leur fonctionnement. Les lignes de chemin de fer étant situées dans des régions éloignées, des installations sont nécessaires pour obtenir de l'électricité à des endroits stratégiques sur la voie ferrée. Un raccordement sera établi avec le réseau haute tension d'Hydro-Québec pour alimenter les différentes zones. Ensuite, des transformateurs abaisseurs seront positionnés pour obtenir des valeurs de basse tension continue adaptées aux besoins.

- Pour la ligne Billy Diamond, il y aura un raccordement au réseau d'Hydro-Québec à Matagami. Une ligne à moyenne tension (15 kV) sera installée le long du chemin de fer pour alimenter en électricité la région de Waskaganish.
- Pour la ligne Grevet-Chapais, deux configurations sont possibles :
 - Configuration 1 : Un raccordement au réseau haute tension à Chapais permettra d'alimenter la ligne en électricité.
 - Configuration 2 : Un raccordement à moyenne tension en provenance de Matagami permettra d'alimenter la ligne en électricité par des lignes moyenne tension.

Pour Grevet-Chapais, la configuration 2 sera plus intéressante d'un point de vue financier et matériel bien qu'elle nécessite plus de terrassements. La configuration 2 est 20 % moins chère que la configuration 1.

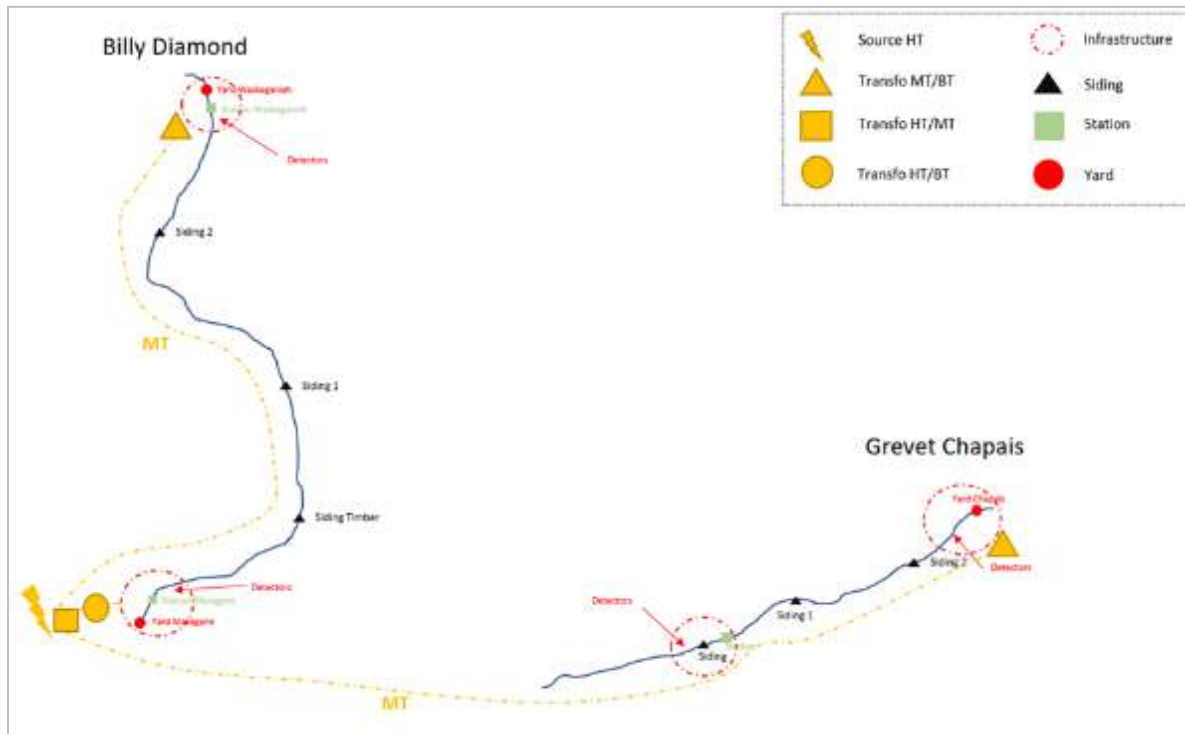


Figure 8.5-101 : Vue schématique des lignes avec des installations électriques

8.5.28 Opérations ferroviaires

8.5.28.1 Vue d'ensemble

Une fois les niveaux de trafic estimés, une étape importante de l'évaluation d'un projet ferroviaire consiste à déterminer les opérations ferroviaires nécessaires pour acheminer le trafic sur la ligne, de l'origine à la destination, ainsi que le personnel et les installations requises pour entretenir et opérer le chemin de fer. L'approche de planification opérationnelle utilisée pour l'étude consiste à gérer un chemin de fer régulier.

Les plans d'exploitation dont il est question ici identifient les besoins en équipement, en infrastructure et en personnel nécessaires pour fournir aux clients un service fiable. Les types de trains inclus dans cette étude sont les trains intermodaux (conteneurs) et les trains de marchandises générales, qui peuvent inclure tous les types de trafic et toutes les catégories de wagons. Les trains de voyageurs sont traités dans la section consacrée au trafic voyageurs.

8.5.28.2 Demande pour le transport de marchandises

Deux niveaux de trafic potentiels ont été évalués pour le projet – un cas de base et une croissance minière optimiste. Le cas de base est un niveau de trafic vraisemblablement réalisable. Le trafic optimiste reflète la matérialisation de la mine de fer du lac Duncan (Century/Augya). Le rapport d'étude de marché décrit en détail le type et le volume du trafic potentiel ainsi que la manière dont il a été déterminé. La figure ci-dessous montre la localisation des sources potentielles de fret (et dans certains cas, des destinations) et les tonnages estimés.

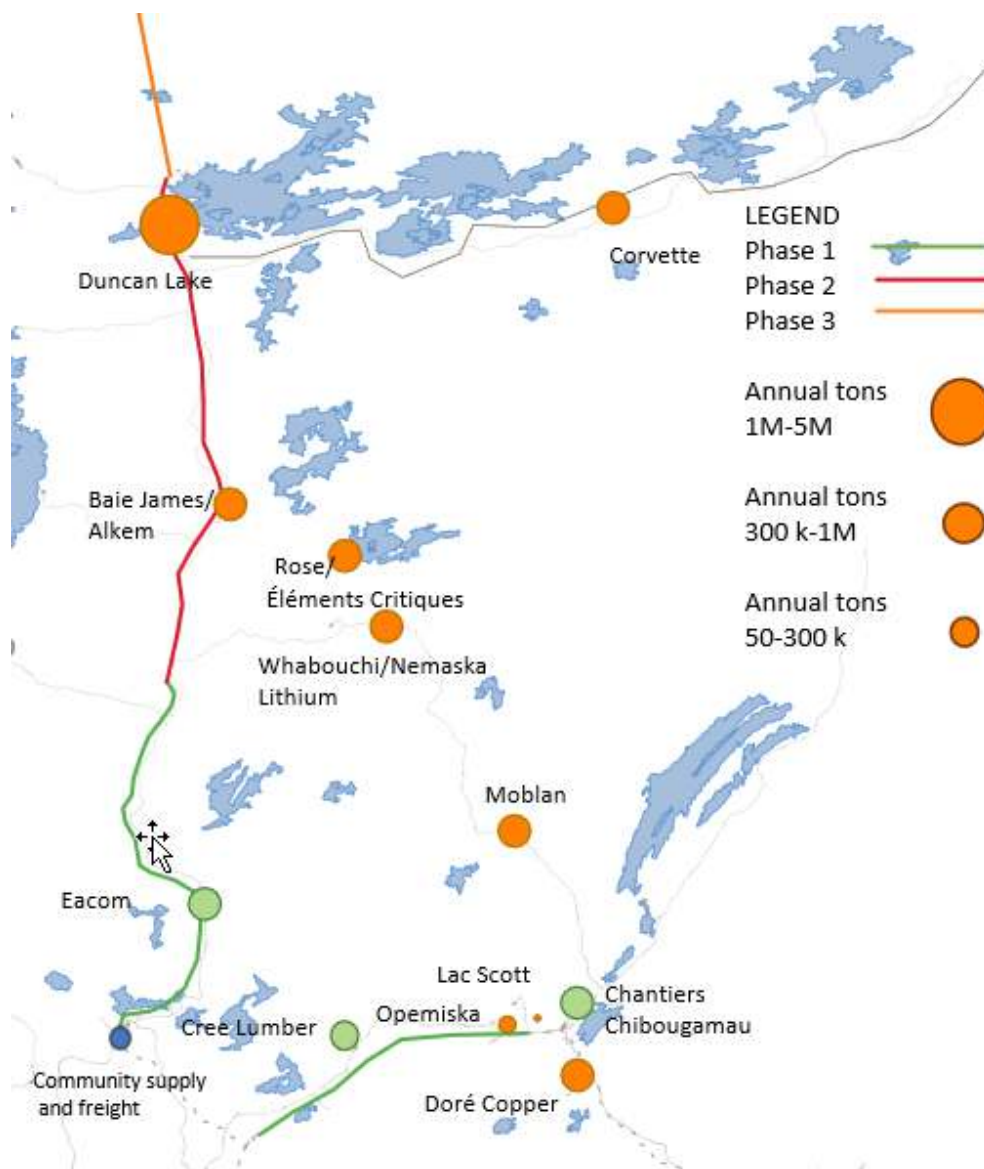


Figure 8.5-102 : Demande potentielle de transport évaluée dans le cadre du projet proposé

La prévision de la demande annuelle de marchandises dans le cas de base a été utilisée pour planifier l'exploitation du CFRBD et du CFGC. Ces volumes de marchandises sont considérés comme essentiellement constants au cours de la période d'analyse, car pour les secteurs de l'exploitation forestière et minière, l'industrie prévoit un volume de production constant pour chaque usine ou site, tandis que l'offre de biens qui augmentera avec l'évolution de la population reste une faible part de la demande totale.

Sur le CFRBD, on estime qu'un total de 1 381 200 TPA seront expédiées par rail dans le cadre du scénario de base. Ce volume représente principalement des matières premières minières liées au lithium, principalement le concentré de spodumène (un minéral de lithium) et des billes de bois et, plus marginalement, quelques équipements et matériaux de construction, l'approvisionnement en marchandises et des équipements et matériaux d'Hydro-Québec.

Comme de nombreux chemins de fer miniers, le CFRBD sera également utilisé pour les trains de marchandises en vrac et les trains de marchandises générales pour soutenir l'exploitation minière dans la région. Les trains de marchandises partiront de la gare de triage de Waskaganish et seront composés de divers types de wagons selon le produit. Pour accueillir ces trains, il sera nécessaire d'inclure des voies de manœuvre dans la gare de triage pour le chargement et le déchargement en vrac et en conteneurs et des concentrés de spodumène.

Sur le CFGC, un total de 1 007 800 TPA seraient expédiées par rail selon le scénario de base. Ce volume comprend 517 400 TPA de minerai minier et 480 400 TPA d'intrants de bois. Les matériaux de construction et les biens de consommation générale représentent un faible volume (111 600 TPA). Les trains de marchandises du CFGC sont également composés de différents types de wagons en fonction des produits transportés.

Le tableau suivant résume les besoins en matière de trafic de minerai, de vrac et de marchandises générales prévus sur la ligne ferroviaire. Les quantités de vrac et de marchandises sont approximatives, ont été estimées et sont susceptibles d'être modifiées au fur et à mesure que des informations supplémentaires sur l'exploitation minière sont disponibles.

Tableau 8.5-39 : Résumé de la circulation des marchandises

Produit	Quantité annuelle du scénario de base (TPA)		Type de wagon
	CFRBD	CFGC	
Concentré de spodumène en conteneur dans des RTEU de 20 pi	951 000		Wagon plat de 20 m (64 pi)
		200 000	Wagon-trémie couvert
Concentré de cuivre en vrac		317 400	Wagon-tombereau couvert
Billes	318 600		Wagon plat à parois de bout
Copeaux de bois		426 400	Wagon-tombereau pour copeaux de bois
Bois d'œuvre		54 000	Wagon plat
Équipement et matériaux de construction	5 000		Wagon plat
Équipement et matériaux d'Hydro-Québec	9 100		Wagon plat
Carburant	7 500		Conteneur-citerne
Approvisionnement en marchandises	90 000	10 000	Wagon plat
Total	1 381 200	1 007 800	

8.5.28.3 Caractéristiques d'un train de marchandises

Les trains seront des trains mixtes désignés et circuleront entre la gare de triage de Waskaganish et la gare de triage de Matagami, et entre l'échangeur de Grevel et la gare de triage de Chapais. Les trains du CFRBD seront utilisés pour transporter des produits miniers liés au lithium, ainsi que des billes de bois, certains équipements, matériaux de construction et biens de consommation, et l'approvisionnement en marchandises et les équipements et matériaux d'Hydro-Québec. Les trains du CFGC seront utilisés pour transporter le minerai minier, les intrants de bois et l'approvisionnement en marchandises.

Les locomotives représentent une dépense importante dans l'exploitation d'un train. Afin de maximiser l'utilisation des locomotives lors de la détermination de la taille des trains, le nombre de wagons d'un train donné est généralement défini en fonction des quantités incrémentales qu'une locomotive peut prendre en charge. Le nombre de tonnes qu'une locomotive peut transporter avec un temps de parcours acceptable, pour répondre aux exigences de durée du cycle, est déterminé par la vitesse de la voie, le type de locomotive et le profil longitudinal de la ligne ferroviaire proposée. Dans la conception des trains, la spécification du rapport puissance/poids représente la relation entre les exigences de la locomotive (puissance) et les limitations de tonnage afin de garantir un temps de parcours acceptable pour répondre à l'exigence du cycle. Un objectif de rapport puissance/poids de l'ordre de 0,60 est typique pour ce type d'opération.

8.5.28.4 Composition d'un train

La longueur des trains a un impact très important sur les coûts d'exploitation d'un chemin de fer. Les trains-kilomètres génèrent des dépenses qui peuvent être facilement quantifiées et ensuite utilisées comme une mesure importante de l'efficacité de l'exploitation ferroviaire à différents niveaux de trafic. Essentiellement, plus un train transporte de marchandise payante, plus il est rentable.

La longueur des trains détermine le nombre de trains nécessaires pour gérer les différents niveaux de trafic. Le nombre de trains exploités a une incidence directe sur les besoins en personnel, l'infrastructure des voies (voies d'évitement), le nombre de croisements sur une seule voie, le calendrier d'exploitation, l'entretien des voies et les risques d'accidents aux passages à niveau et aux intrus. Dans cette étude, deux trains différents seront exploités sur les deux chemins de fer : un train de marchandises et un train de voyageurs.

Pour élaborer un plan d'exploitation, des projections de trafic ont été calculées afin de déterminer une conception de train significative pour le CFRBD et le CFGC qui soit cohérente avec les temps de cycle, dont il sera question dans les sections suivantes.

La capacité de transport nette de chaque type de wagon et des marchandises associées, combinée à la capacité de traction des locomotives et à la pente maximale de la ligne, définit la longueur maximale du train requise pour les opérations. Comme les locomotives préférées pour l'exploitation des trains de marchandises lourdes en Amérique du Nord sont les unités de traction diesel-électriques de 4 000 à 4 400 CV, il en faut deux par trajet de marchandises sur les deux chemins de fer pour transporter les tonnages sur une pente maximale de 1,5 %.

Les tableaux ci-dessous résument la composition et le chargement des trains pour les deux chemins de fer.

Tableau 8.5-40 : Composition d'un train sur le CFRBD

Produit	Type de wagon	Nombre de wagons	Chargé Oui/Non	
			En direction sud	En direction nord
Billes	Wagon plat à parois de bout	8	Oui	Non
Spodumène en conteneur dans les RTEU 20	Wagon plat de 20 m (64 pi)	19	Oui	Non
Concentré de spodumène en vrac	Wagon-trémie couvert	36	Oui	Non
Équipement d'Hydro-Québec	Wagon plat de 20 m (64 pi)	1	Non	Oui
Équipement et matériaux de construction	Wagon plat de 20 m (64 pi)	1	Non	Oui
Carburant en conteneurs-citernes de 6 m (20 pi)	Wagon plat de 20 m (64 pi)	2	Non	Oui
Approvisionnement en marchandises	Wagon plat de 20 m (64 pi)	8	Non	Oui
Nombre total de wagons par trajet		75		

Tableau 8.5-41 : Composition d'un train sur le CFGC

Produit	Type de wagon	Nombre de wagons	Chargé Oui/Non	
			Direction ouest	Direction est
Copeaux de bois et biomasse	Wagon-tombereau pour copeaux de bois	14	Oui	Non
Concentré de cuivre en vrac	Wagon-tombereau couvert	18	Oui	Non
Concentré de spodumène en vrac	Wagon-trémie couvert	15	Oui	Non
Approvisionnement en marchandises	Wagon plat de 20 m (64 pi)	1	Oui	Non
Nombre total de wagons par trajet		46		

8.5.28.5 Jours d'exploitation par année

Un élément de planification important pour déterminer le matériel roulant, l'exploitation des trains, l'effectif, les installations d'entretien et les infrastructures nécessaires pour traiter un tonnage annuel donné est le nombre de jours d'exploitation spécifiés par année. L'exploitation ferroviaire pour le CFRBD et le CFGC est un processus général traitant un trafic spécifique entre l'origine et la destination. Elle ne dépend pas d'un seul expéditeur, mais comprend une variété de clients et de marchandises différents. Avec un trafic complet, ce chemin de fer fonctionnerait toute l'année, comme la plupart des autres chemins de fer dans le monde.

Pour tenir compte des perturbations opérationnelles, des temps de transit plus longs non pris en compte et des jours fériés comme Noël, une marge de manœuvre opérationnelle est incluse dans les calculs pour déterminer la fréquence et la taille des trains, ce qui a une incidence directe sur les besoins en matériel roulant et en personnel. Cette éventualité est normalement prévue par une réduction du nombre de jours d'exploitation par an. Pour refléter l'impact que le climat pourrait avoir sur les opérations de ces deux lignes ferroviaires, 350 jours d'exploitation par an ont été utilisés pour élaborer les plans d'exploitation.

8.5.28.6 Considérations relatives à la durée du cycle

Un plan d'exploitation doit intégrer des durées de cycle réalistes et fiables. Les durées de cycle sont un élément clé pour déterminer la capacité d'un réseau et les besoins en matériel roulant.

La durée de cycle est la mesure du temps qu'il faut à un même ensemble de matériel roulant pour atteindre le même état lors de trajets successifs. Le point de mesure le plus courant est l'heure de départ disponible d'un terminal d'origine. La durée de cycle globale comprend une combinaison des temps de transit et de différents types de temps aux terminaux.

8.5.28.7 Temps de transit



L'analyse des temps de parcours des trains a été effectuée à partir des temps de transit minimaux pour les compositions de trains établies, modélisés sur la géométrie des lignes ferroviaires développées. Les temps de trajet minimaux sur les lignes ont été estimés sur la base de simulations effectuées avec le logiciel Railsim Train Performance Calculator (TPC). De multiples facteurs sont pris en compte pour ces calculs :

- les limites de vitesse
- la configuration du train et les spécifications des locomotives
- la géométrie de la voie

Les performances du train lors de son déplacement sur le chemin de fer sont simulées compte tenu de la puissance des locomotives ainsi que des facteurs comme la résistance de l'air, la résistance des roues de la voie et les pentes de la voie. Il est ainsi possible de déterminer comment la vitesse du train est affectée par ces facteurs. La figure ci-dessous montre les résultats d'une des simulations de CPT pour un train de marchandises partant de Waskaganish et arrivant à la voie d'évitement située au PK 60.

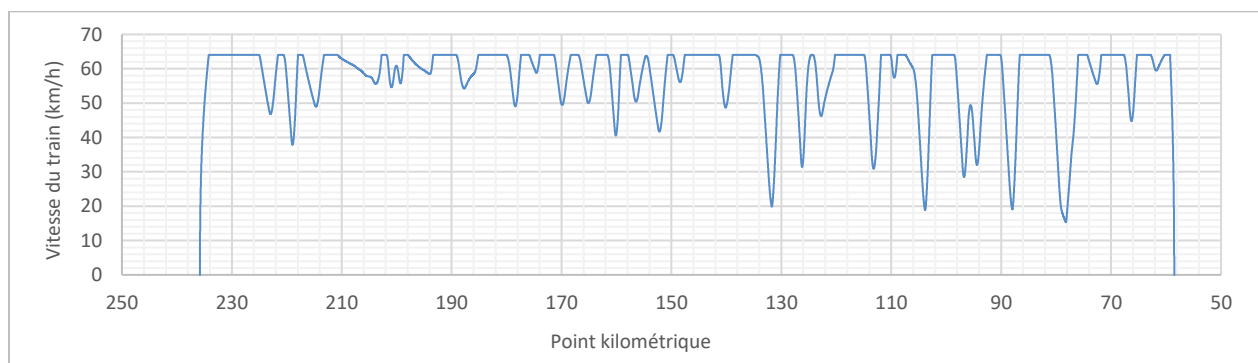


Figure 8.5-103 : Vitesse d'un train de marchandises circulant de Waskaganish à la voie d'évitement située au PK 60

Il est évident que les résistances que le train doit surmonter à certains endroits deviennent importantes, ce qui entraîne des ralentissements.

Ces simulations permettent de calculer le temps de parcours minimum (TPM) sur la ligne. Il ne s'agit pas d'un temps de trajet réel, mais plutôt du temps de trajet théorique minimum sans tenir compte de facteurs tels que le temps d'attente aux arrêts, le comportement du conducteur, le temps perdu en raison des croisements de trains et d'autres. Le tableau suivant présente un résumé des temps de trajet calculés :

Tableau 8.5-42 : Résumé des temps de parcours minimaux calculés pour chaque train

Chemin de fer	Service	Traction	Limite de vitesse km/h (mi/h)	Itinéraire	Temps de parcours minimum (h)
Chemin de fer le long de la route Billy Diamond	Marchandises	Diesel	65 (40)	En direction sud	3,27
				Départ au PK 236 (Waskaganish)	
				Arrivée au PK 60 (voie d'évitement pour le bois)	
Chemin de fer le long de la route Billy Diamond	Marchandises	Diesel	65 (40)	En direction sud	1,13
				Départ au PK 60 (voie d'évitement pour le bois)	
				Arrivée au PK 0 (Matagami)	
Chemin de fer le long de la route Billy Diamond	Marchandises	Diesel	65 (40)	En direction nord	0,98
				Départ au PK 0 (Matagami)	
				Arrivée au PK 60 (voie d'évitement pour le bois)	
Chemin de fer le long de la route Billy Diamond	Marchandises	Diesel	65 (40)	En direction nord	2,80
				Départ au PK 60 (voie d'évitement pour le bois)	
				Arrivée au PK 236 (Waskaganish)	
Chemin de fer le long de la route Billy Diamond	Passagers	Diesel	100 (60)	En direction sud	2,42
				Départ au PK 236 (Waskaganish)	
				Arrivée au PK 5 (Matagami)	
Chemin de fer le long de la route Billy Diamond	Passagers	Diesel	100 (60)	En direction nord	2,43
				Départ au PK 5 (Matagami)	
				Arrivée au PK 236 (Waskaganish)	
Grevet-Chapais	Marchandises	Diesel	65 (40)	Direction est	2,58
				Départ au PK 123 (Grevet)	
				Arrivée au PK 278 (Chapais)	
Grevet-Chapais	Marchandises	Diesel	65 (40)	Direction ouest	2,68
				Départ au PK 278 (Chapais)	
				Arrivée au PK 123 (Grevet)	

Les temps de trajet réalisables sur la ligne sont développés en ajoutant une marge de temps au TRM simulé qui tient compte des exigences et des pratiques opérationnelles, du comportement humain et des retards imprévus :

- Retards pour permettre au train d'entrer sur une voie d'évitement et aux trains de sens contraire de passer sur la ligne principale (croisements de trains).
- Ajustement pour le comportement des conducteurs de train.

8.5.28.8 Temps aux terminaux

Les temps aux terminaux sont pris en compte lors de l'élaboration du temps de cycle d'un train. Le temps total passé dans un terminal dépend du temps de chargement/déchargement, qui est corrélé au nombre de wagons traités par le train et au temps de déchargement/chargement pour chaque wagon, au type de wagon et à la marchandise à décharger. Une marge opérationnelle est ajoutée à ce temps pour prendre en compte les activités telles que la manœuvre des wagons transportant différentes marchandises sur les voies de déchargement appropriées, le réassemblage des wagons chargés en un train sur la voie de départ et la rotation des locomotives, etc.

8.5.28.9 Ravitaillement des locomotives

La consommation de carburant d'un train dépend des pentes, de la vitesse maximale, de la charge des wagons, de la distance, etc. Les calculs de la consommation de carburant sont basés sur les résultats de simulations effectuées avec le calculateur de performance des trains. La consommation estimée de carburant par trajet est résumée ci-dessous :

- Waskaganish-Matagami (en direction sud) : 4 745 litres
- Matagami-Waskaganish (en direction nord) : 2 257 litres
- Grevet-Chapais (en direction est) : 865 litres
- Chapais-Grevet (en direction ouest) : 1 938 litres

Les locomotives recommandées ont un réservoir de carburant d'une capacité minimale de 16 000 litres et peuvent effectuer quatre allers-retours sur le CFRBD avant d'être ravitaillées en carburant. Afin de réduire la distance de transport et, par conséquent, son coût, il est recommandé d'installer une capacité de ravitaillement en carburant à la gare de triage de Matagami. Un temps est prévu dans l'horaire pour le ravitaillement des locomotives à la gare de triage de Matagami.

Les locomotives recommandées peuvent effectuer 11 trajets aller-retour sur le CFGC avant de devoir être ravitaillées en carburant. Il est recommandé d'installer une capacité de ravitaillement en carburant à la gare de triage de Chapais. Étant donné que les locomotives de Chapais ne fonctionnent que trois jours par semaine, il n'est pas nécessaire de prévoir une allocation spécifique pour le ravitaillement en carburant dans leur programme d'exploitation.

La station de ravitaillement doit permettre le stationnement d'un camion-citerne pouvant ravitailler une locomotive à un débit de 750 litres par minute et par locomotive. Chaque camion-citerne a une capacité de 18 000 litres. On prévoit que deux camions pourraient être nécessaires pour fournir le volume de carburant requis pour deux locomotives sur le CFRBD (environ 32 000 litres pour les deux locomotives) et pour accélérer le processus de ravitaillement. Le camion-citerne sera équipé d'un système de comptage embarqué, et un ticket de carburant sera émis pour chaque locomotive ravitaillée en carburant afin de fournir des enregistrements de chaque transaction de carburant.

Un système de collecte des déversements sera installé sur toute la longueur de la plateforme de ravitaillement, et le déversement sera dirigé vers un séparateur d'huile.

8.5.28.10 Inspections des trains

Les inspections des locomotives et des wagons nécessaires dans le cadre du régime d'entretien du matériel roulant seront également effectuées au chantier de Matagami. Des inspections complètes des trains à l'arrêt et des essais de freins à air seront effectués au début de chaque trajet dans les gares de triage de Matagami, Waskaganish et Chapais après l'assemblage du train en partance. Des inspections mécaniques automatiques des trains seront également effectuées par des détecteurs en bordure de voie sur toute la longueur de la ligne.

Une inspection à pied et un essai des freins seront également effectués avant que le train du CFRBD ne quitte la voie de chargement du bois après avoir déposé et pris les plateaux de cloison utilisés dans le service du bois, et sur le CFGC avant que le train ne quitte les voies d'échange à Grevet avec les wagons pris en échange auprès du CN.

Les locomotives seront remplacées séquentiellement par la locomotive de réserve afin de permettre les inspections plus rigoureuses requises dans le cadre de la stratégie d'entretien des locomotives.

8.5.28.11 Temps de cycle

Un plan d'exploitation ferroviaire doit intégrer des temps de cycle réalistes et fiables, car le temps de cycle est un paramètre clé pour déterminer les besoins en matériel roulant et le nombre de trains exploités. Plusieurs temps de cycle possibles ont été examinés, et il est apparu que le niveau de service requis était tel que le service pourrait être structuré de manière à éviter les opérations sur les lignes principales pendant la nuit. Cette approche a été adoptée, car elle a été jugée souhaitable pour plusieurs raisons :

- Du point de vue de la sécurité, le chemin de fer sera exploité dans une région où la population n'a aucune familiarité ou expérience avec les chemins de fer et où il y a un certain nombre de passages à niveau permettant l'accès pour le trappage, la pêche, la chasse et l'exploitation forestière. L'utilisation des passages à niveau pendant la journée accroît la visibilité et permet à l'utilisateur d'être plus conscient des conditions.
- L'exploitation de jour réduit potentiellement le risque de collision avec la faune sur les lignes principales, car l'effet hypnotique du phare de la locomotive, qui provoque souvent l'immobilisation des animaux, n'est pas présent.
- Certaines des activités d'entretien courant des voies sont spécifiques à un site et bénéficient d'une période relativement longue sans les interruptions causées par la nécessité de dégager la voie (en la laissant opérationnelle en toute sécurité) pour permettre le passage d'un train. Les équipes d'entretien seront systématiquement équipées d'un éclairage adéquat, de sorte que le travail de nuit ne posera pas de problème et que le temps ininterrompu passé sur la voie ferrée augmentera considérablement leur efficacité et leur productivité.

Le tableau suivant présente le temps de cycle adopté pour le service de fret du CFRBD.

Tableau 8.5-43 : Exemple de durée du cycle du train sur le CFRBD

Jour	Heure	Activité	Emplacement
0	5 h 30	Le train est constitué de wagons chargés de minerais et de wagons vides de marchandises générales sur la voie de départ.	Gare de triage de Waskaganish
0	8 h	L'équipe du train effectue une inspection permanente et un test de freinage	Gare de triage de Waskaganish
0	9 h	Le train part	Gare de triage de Waskaganish
0	12 h 30	Le train entre dans la voie d'évitement au niveau de la voie de chargement du bois, et les wagons plats à parois de bout sont ajoutés au train.	Voie de chargement du bois
0	13 h 30	L'équipe du train effectue une inspection à pied de la connexion, et des wagons ajoutés et procède à un test de freinage.	Voie de chargement du bois
0	14 h	Le train part	Voie de chargement du bois
0	15 h	Le train arrive à la gare de triage de Matagami, et les wagons de marchandises sont placés sur les voies d'échange appropriées.	Gare de triage de Matagami
0	20 h	Les locomotives sont transférées à l'atelier d'entretien du matériel roulant	Gare de triage de Matagami
1	5 h 30	Le train est constitué de wagons chargés de minerais et de wagons de marchandises générales sur la voie de départ.	Gare de triage de Matagami
1	8 h	L'équipe du train effectue une inspection permanente et un test de freinage	Gare de triage de Matagami
1	9 h	Le train part	Gare de triage de Matagami
1	9 h 30	Le train entre dans la voie d'évitement au niveau de la voie de chargement du bois, et les wagons plats à parois de bout sont retirés du train.	Voie de chargement du bois
1	10 h 30	L'équipe du train effectue une inspection à pied de la connexion et procède à un test de freinage.	Voie de chargement du bois
1	11 h	Le train part	Voie de chargement du bois
1	13 h 30	Le train arrive à la gare de triage de Matagami, et les wagons de marchandises sont placés sur les voies d'échange.	Gare de triage de Waskaganish
1	15 h	Les locomotives sont transférées sur les voies de garage	Gare de triage de Waskaganish

Le CFGC, relativement court, permet d'effectuer l'aller-retour dans la même journée.

Tableau 8.5-44 : Exemple de durée du cycle du train sur le CFGC

Jour	Heure	Activité	Emplacement
0	5 h 30	Le train est constitué de wagons chargés de minerais et de wagons vides de marchandises générales sur la voie de départ.	Gare de triage de Chapais
0	8 h	L'équipe du train effectue une inspection permanente et un test de freinage	Gare de triage de Chapais
0	9 h	Le train part	Gare de triage de Chapais
0	11 h 30	Le train entre sur la voie d'échange d'arrivée, et les locomotives se détachent du train.	Voies d'échange de Grevet
0	12 h	Les locomotives rejoignent les wagons qui attendent sur la voie de départ de l'échange, en tournant au triangle de Grevet si nécessaire.	Voies d'échange de Grevet
0	13 h	L'équipe du train effectue une inspection permanente sur le train et un test de freinage	Voies d'échange de Grevet
0	14 h 30	Le train part	Voies d'échange de Grevet
0	17 h	Le train arrive à la gare de triage de Chapais, et les wagons de marchandises sont placés sur les voies de chargement/déchargement appropriées.	Gare de triage de Matagami
0	19 h 30	Les locomotives sont transférées sur les voies de garage	Gare de triage de Waskaganish

8.5.28.12 Horaires des trains

Il existe une différence entre les temps de trajet réalisables et les temps de parcours élaborés pour un programme d'exploitation ou un horaire. Pour garantir un service solide et régulièrement reproductible, d'autres facteurs susceptibles de ralentir un train sont également pris en compte, et des indemnités sont ajoutées au temps de trajet :

- Commandes ralenties temporairement;
- Inefficacités opérationnelles;
- Un tampon permettant à un système de rétablir son mode de fonctionnement normal après des événements imprévus;
- En ce qui concerne le projet proposé, un tampon a été ajouté au temps de cycle pour permettre des commandes plus lentes sur des ponts spécifiques, à la demande d'un utilisateur des terres.

Sur la base des considérations décrites dans les sections précédentes, l'horaire proposé pour les trains de marchandises circulant sur le CFRBD comprend trois trajets quotidiens en direction du sud par semaine et trois trajets en direction du nord chacun des jours suivants. Un arrêt d'une nuit à la gare de triage de Waskaganish laisse suffisamment de temps pour le chargement et le déchargement.

L'horaire proposé pour les trains de marchandises circulant sur la ligne Grevet-Chapais est un service de navette trois fois par semaine, laissant les wagons aux voies d'échange de Grevet pour qu'ils soient acheminés sur le réseau du CN et récupérant les wagons pour les ramener à Chapais.

Tableau 8.5-45 : Horaires des trains de marchandises

	DIRECTION		PK	Gare	Direction	
	Direction nord : jours 1, 3 et 5				Direction sud : jours 2, 4 et 6	
Billy Diamond	Départ	9 h	0	Gare de triage	Arrivée	15 h
	Arrivée	09 h 30	100 (60)	Voie de chargement du bois	Départ	13 h 30
	Départ	10 h 30	60	Voie de chargement du bois	Arrivée	12 h 30
	Arrivée	13 h 30	233	Waskaganish	Départ	9 h
Grevet-Chapais	Direction est : jours 2, 5 et 7				Direction ouest: jours 2, 5 et 7	
	Départ	9 h	275	Chapais	Arrivée	17 h
	Arrivée	11 h 30	123	Grevet	Départ	14 h 30

8.5.28.13 Installations d'exploitation

Général

Le personnel identifié dans la section « Dotation en personnel globale » du présent rapport se rendra au travail et exercera un grand nombre de ses fonctions dans les bâtiments appartenant aux chemins de fer. Ces bâtiments seront nouvellement construits et peuvent être répartis en plusieurs catégories, comme indiqué ci-dessous :

- Siège social dans la communauté de Waskaganish;
- Bâtiments d'entretien de la voie ferrée situés dans les triages de Waskaganish, Matagami et Chapais;
- Atelier de la gare de triage de Matagami utilisé pour l'entretien des locomotives, des wagons et des équipements du ministère des Transports;
- Autres bâtiments opérationnels pour le contrôle des trains :
 - Bâtiment de contrôle de la gare de triage
 - Entrepôts de produits en vrac
- Bâtiments pour les passagers : les bâtiments nécessaires au trafic voyageurs.

Les emplacements particuliers de chacun des types d'installations identifiés ci-dessus sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.5-46 : Emplacement des bâtiments et des installations d'exploitation

Service	Matagami	Waskaganish	Chapais	Waswanapi
Siege social		•		
Bâtiments d'entretien de la voie ferrée	•	•	•	
Atelier d'entretien du matériel roulant	•			
Gare voyageurs	•	•	•	•
Entrepôts de produits en vrac		•	•	

Le reste de cette sous-section fournit des informations supplémentaires concernant le type particulier de bâtiment.

Siège social

Les bureaux nécessaires au siège social pourraient être situés dans la communauté de Waskaganish et servir d'administration. Les exigences générales pour l'installation sont définies dans le tableau suivant.

Tableau 8.5-47 : Exigences du bureau administratif

Zone/service	Exigences générales
Bureau du directeur général	Bureaux fermés, bureaux généraux (cubicules) et salle de réunion
Zone de la réception	Zone de rencontre, d'accueil et d'attente pour les fournisseurs, les visiteurs, etc.
Ingénierie, RH, finance, comptabilité, informatique, transports. Gestion	Bureaux individuels pour les cadres. Soutien administratif et fonctions administratives de bureau dans une configuration de bureaux flexibles avec salles de réunion. Réseau au sol et au plafond pour une distribution flexible de la téléphonie, des données et de l'électricité.
Centre de contrôle des opérations	Bureaux spéciaux avec écrans fournissant une vue schématique de la ligne et de la position des trains, ainsi qu'une communication radio avec les équipes de train.
Zone de documentation	Manuels de conception et d'entretien, dessins de conception, ouvrages de référence, etc.
Ordinateurs, serveurs, télécommunications Salle des équipements	Lieu sécurisé pour le stockage des serveurs principaux pour l'inventaire du système WAN, les systèmes de suivi des salaires et de l'entretien.
Espace pour les fournitures de bureau	Zone de rangement de la papeterie, des fournitures de papier, des formulaires, etc.
Zone d'impression et de photocopie	Espace pour l'impression de documents, la compilation et la reliure de rapports, etc.
Zone de bien-être pour les employés	Toilettes pour hommes et femmes, salle de restauration avec espace de préparation des repas et distributeurs automatiques.

Pour atteindre l'efficacité nécessaire à l'exploitation des deux chemins de fer, le personnel identifié dans la section Opérations ferroviaires a besoin d'une formation dès son embauche. Par conséquent, des espaces de formation multifonctionnels peuvent être loués dans des écoles ou des centres communautaires en cas de besoin.

Bâtiments d'entretien de la voie ferrée

Le personnel de gestion du service d'entretien de la voie ferrée sera situé au siège de la communauté de Waskaganish. Toutefois, certains superviseurs responsables des opérations sur le terrain, telles que les voies, les ponts, les équipements de travail, les signaux et les télécommunications, doivent se trouver dans la gare de triage à laquelle ils ont été affectés.

Il est proposé d'utiliser les installations d'entretien de la voie pour des réparations mineures. Les réparations majeures peuvent être effectuées dans l'atelier d'entretien du matériel roulant de Matagami. Trois (3) installations d'entretien de la voie sont proposées en termes de petits espaces de garage, l'une devant être située au triage Matagami, une autre au triage Waskaganish et une troisième au triage Chapais.

Il sera nécessaire de prévoir des installations d'entretien de la voie ferrée à chacun des trois endroits identifiés pour les réparations mineures. Ces installations d'entretien doivent accueillir toutes les activités de personnel et de bureau pour un segment de voie, c'est-à-dire la voie, le soudage, la signalisation et les communications, ainsi que la supervision. Les exigences minimales suggérées pour une installation d'entretien sont les suivantes :

- Bureau du superviseur;
- Bureau du contremaître;
- Salle de pause;
- Vestiaire, salle de toilettes;
- Local de rangement, petits équipements;
- Local de stockage du matériel de voie ferrée et de signalisation nécessitant une protection contre l'environnement;
- Piste de stockage pour les transporteurs de groupe et les équipements lourds (selon les besoins). Il est recommandé de prévoir un stationnement de type garage pour les véhicules de transport de groupe pendant les mois d'hiver;
- Zone de stockage du matériel de voie et des fournitures de signalisation et de télécommunication.

Atelier d'entretien du matériel roulant

La disponibilité d'un atelier bien équipé fournira à l'opérateur les outils nécessaires pour effectuer un entretien adéquat du matériel roulant, assurer la sécurité des opérations et maximiser la disponibilité et la fiabilité. Un atelier d'entretien du matériel roulant est proposé dans la gare de triage de Matagami pour les deux chemins de fer.

Capacité de l'atelier

La conception des ateliers tient compte de la taille de la flotte de matériel roulant qui sera nécessaire pour transporter 1,5 MTPA (pour les deux chemins de fer combinés) de différentes marchandises et pour fournir le service de train de marchandises requis pour soutenir cette activité. Étant donné que les installations d'entretien représentent des investissements importants et sont conçues pour une durée de vie de plus de 50 ans, il est important d'assurer qu'elles sont correctement situées et extensibles, afin de pouvoir les adapter à l'entretien d'une flotte de matériel roulant plus importante si nécessaire. À cet égard, les installations d'entretien seront conçues de

manière à minimiser l'investissement initial tout en permettant d'entretenir le parc de wagons et de locomotives de 1,5 million de tonnes par an.

Le parc de wagons et de locomotives prévu pour le scénario de 1,5 MTPA est présenté dans la section du présent rapport consacrée au matériel roulant.

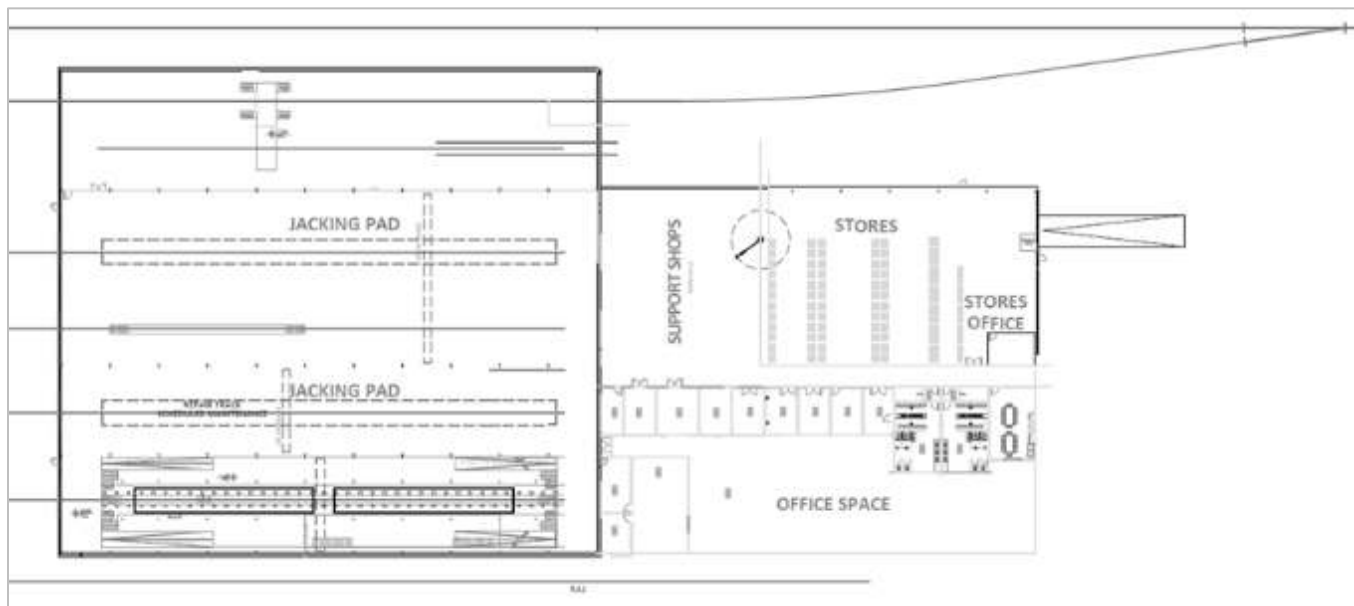


Figure 8.5-104 : Détails de l'atelier d'entretien du matériel roulant

Caractéristiques de l'atelier

L'atelier doit être équipé pour effectuer l'entretien recommandé par le fabricant d'équipement d'origine (FEO). Cela implique de prévoir un espace d'atelier suffisant pour permettre de respecter les intervalles d'entretien recommandés. Cela inclut également la disponibilité de postes de travail correctement équipés afin de mettre en œuvre des pratiques d'entretien efficaces. Un espace doit être prévu pour le stockage des outils, de l'équipement et des pièces de rechange nécessaires à l'entretien. Enfin, les zones de circulation doivent être planifiées de sorte que le mouvement des personnes et des équipements puisse se faire de manière sûre et efficace à l'intérieur des installations.

La taille des parcs de wagons et de locomotives ne justifie pas l'équipement de l'atelier pour effectuer tous les travaux d'entretien et de réparation. Seules les réparations et les entretiens majeurs seront effectués à l'atelier, en utilisant pour la plupart des composants qui auront été révisés par le fabricant de l'équipement d'origine (FEO). La stratégie d'entretien est définie dans la section Exploitation ferroviaire.

L'effectif de l'atelier a été estimé afin de déterminer les besoins en bureaux et de dimensionner les locaux destinés aux employés, tels que les vestiaires, les toilettes, les cantines et l'atelier. Le niveau de personnel prévu par catégorie d'employés est indiqué dans la section relative à la dotation en personnel.

8.5.28.14 Installation d'exploitation de la gare de triage

Ces installations sont des bâtiments situés à proximité des voies de chargement dans les gares de triage de Waskaganish et de Chapais. Il s'agit notamment d'entrepôts destinés au stockage de certaines marchandises

(spodumène et concentré de cuivre) expédiées en vrac et nécessitant une manutention du camion au train et vice-versa.

Le spodumène et le concentré de cuivre sont tous deux des poudres fines qui s'écoulent librement. La teneur en humidité affecte les propriétés du matériau. Il est donc important de connaître la teneur en humidité et le comportement du matériau avant de prendre des engagements fermes sur le système de manutention.

Pour les besoins de cette étude, on suppose que le matériau peut être manipulé sans problème à l'aide de convoyeurs à bande et de bacs. Toutefois, à l'étape suivante de l'étude, il est important de faire tester les échantillons de matériaux stockés pour confirmer la validité des hypothèses.

Un espace suffisant a été prévu dans les cours où un bâtiment de stockage est nécessaire pour le spodumène et le concentré de cuivre. On considère qu'il y a une semaine d'approvisionnement en matériel dans chaque bâtiment. Un espace suffisant à chaque extrémité du bâtiment est pris en considération pour permettre à l'équipement de fonctionner et à un camion de décharger.

Un schéma d'implantation est présenté dans les deux figures ci-dessous. Les camions en provenance des mines rentreront dans le bâtiment, déversaient les matériaux et ressortaient par la même porte. Une trémie de récupération alimentant le système de chargement des wagons se trouvera à l'autre extrémité du bâtiment. Cela nécessitera un déplacement considérable du produit à l'intérieur du bâtiment de stockage. Un chargeur devrait être en mesure d'assurer le chargement ferroviaire et de déplacer le matériel dans le bâtiment de stockage.



Figure 8.5-105 : Exemple d'un entrepôt de stockage : plan schématique

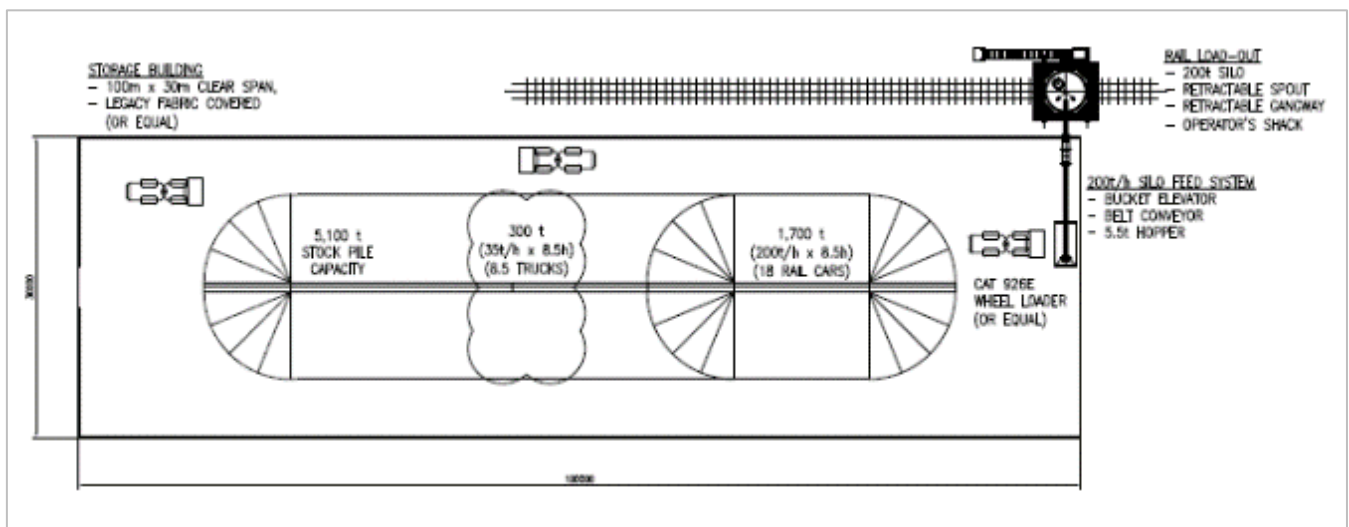


Figure 8.5-106 : Stockage et chargement : plan schématique (estimé et indicatif)

Le chargement des wagons en 8,5 heures est facilement réalisable avec un équipement mobile (chargeur frontal). Le matériau devra être élevé jusqu'à l'installation de chargement ferroviaire et stocké dans un bac de rétention avant d'être chargé dans le wagon. Le meilleur moyen d'élever le concentré est d'utiliser un élévateur à godets ou un convoyeur à grand angle. Le bac peut avoir besoin d'un déchargeur vibrant, en fonction de la fluidité du produit. Le silo doit être conçu pour contenir 200 tonnes de matériaux, ce qui donne une capacité de pointe d'une heure.

8.5.29 Matériel roulant

Le matériel roulant comprend l'ensemble des locomotives, wagons de marchandises (« wagons ») et voitures passagers qui circuleront sur les sections Billy Diamond et Grevet-Chapais du chemin de fer.

Une exigence commune à tout le matériel roulant est qu'il doit être interopérable avec les chemins de fer du reste de l'Amérique du Nord et, par conséquent, toutes les locomotives et tous les wagons doivent être construits selon les normes et les spécifications de l'American Association of Railroads (AAR), peu importe le fabricant et l'origine.

Le tableau suivant résume les exigences communes à l'ensemble du matériel roulant :

Tableau 8.5-48 : Exigences relatives au matériel roulant

Caractéristique	Particularités
Écartement de la voie (mm)*	Écartement standard (1 435)
Vitesse maximale réalisable (km/h)	110 (70 mi/h)
Rayon de courbe minimal négociable (m)	80
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30
Roues et essieux de rail*	Wagon conventionnel ou locomotive avec roulements extérieurs
Norme de fabrication des roues*	Conformément à la spécification AAR M-107/M-208, classe C ou équivalent.
Dureté des jantes (DB)*	Minimum : 321 Maximum : 363
Type de coupleur	Tête AAR de type E
Système de freinage	Pneumatique standard selon AAR S-400
Coefficients de freinage	Conformément à la norme AAR S-401 « exigences de conception des freins », section 4.0.

8.5.29.1 Exigences relatives aux wagons de marchandises

Produits miniers à base de lithium

Le type de minerai de lithium que l'on trouve généralement au Québec s'appelle le spodumène. En général, le spodumène est traité sur le site de la mine pour en concentrer le contenu en lithium, puis il est expédié vers une autre installation pour l'extraction du lithium. Les sociétés minières du Québec envisagent deux approches différentes pour le transport du concentré de spodumène.

Une approche consiste à mettre le concentré dans des conteneurs sur le site de la mine et à transporter les conteneurs par la route jusqu'à la tête de ligne la plus proche, où les conteneurs sont chargés sur des wagons plats en vue de leur transport ultérieur. C'est ce qu'on appelle le concentré de spodumène en conteneur.

La seconde approche consiste à charger le concentré dans des camions à benne, à le transporter par la route jusqu'à la tête de ligne, à le déverser dans des hangars spécialisés et à charger des wagons à partir de ces hangars pour la poursuite du voyage par voie ferrée. C'est ce qu'on appelle le concentré de spodumène en vrac.

Les exigences relatives aux wagons de marchandises sont les suivantes.

Concentré de spodumène en conteneur

Le concentré sera transporté dans des conteneurs renforcés qui seront eux-mêmes chargés, trois à la fois, sur des wagons plats de 20 m (64 pi) (Figure 8.5-107). Les conteneurs renforcés, aussi appelé REU, ont la même empreinte qu'un conteneur ISO standard de 6 m (20 pi) et permettent un transport direct « de la fosse au navire ». Les conteneurs renforcés sont chargés et déchargés sur les wagons plats à l'aide de grues ou de gerbeurs de conteneurs (Figure 8.5-108).



Figure 8.5-107 : Conteneurs renforcés pour le transport de spodumène

Les caractéristiques des conteneurs renforcés sont les suivantes :

Tableau 8.5-49 : Caractéristiques des REU

Caractéristiques	Particularités
Longueur extérieure (mm)	6 058
Largeur extérieure (mm)	2 438
Hauteur extérieure (mm)	1 800
Poids brut max. (kg)	43 500
Poids de la tare (kg)	3 500
Charge utile max. (kg)	40 000
Capacité volumétrique (m ³)	19,6



Figure 8.5-108 : Grue (à gauche), empileur de conteneurs (à droite)

Pour une flexibilité totale, il convient d'acheter des wagons plats de 20 m (64 pi) pouvant transporter des REU, des conteneurs ISO ordinaires et des matériaux de cargaison. Les wagons plats doivent donc être commandés avec des verrous tournants pour conteneurs situés à des intervalles de 6 m (20 pi), de sorte que trois conteneurs de 6 m (20 pi) ou un conteneur de 6 m (20 pi) et un de 12 m (40 pi) puissent être sécurisés, et être équipés de poches pour piquets et d'attaches à crémaillère pour aider à sécuriser les articles volumineux. Les verrous tournants des conteneurs doivent pouvoir être rabattus de manière à ne pas gêner le chargement des équipements non conteneurisés.

Un tel wagon plat ne serait pas en mesure de transporter des conteneurs de plus de 12 m (40 pi) de long en raison du porte-à-faux.



Figure 8.5-109 : Wagon plat de 20 m (64 pi) transportant trois conteneurs ISO (en haut), trois REU (en bas)

Les caractéristiques des wagons plats de 20 m (64 pi) sont les suivantes :

Tableau 8.5-50 : Caractéristiques des wagons plats de 20 m (64 pi)

Caractéristiques	Particularités
Nombre d'essieux	4
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30
Charge brute maximale (tonnes)	120
Tare (tonnes)	29
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C
Longueur libre du tablier (mètres)	19,5
Longueur sur les coupleurs (mètres)	21,1
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».
Caractéristiques particulières	• Serrures tournantes pour conteneurs situées à intervalles de 6 m (20 pi) • Gaines de rancher latérales • Attaches pour râteliers

Concentré de spodumène en vrac

Le concentré de spodumène en vrac sera transporté dans des trémies couvertes (voir Figure 8.5-110) qui protègent la cargaison de l'environnement et sont chargées par les trappes supérieures et déchargées par les trappes inférieures.



Figure 8.5-110 : Trémie couverte pour le transport en vrac du spodumène

Les caractéristiques de la trémie couverte sont les suivantes :

Tableau 8.5-51 : Caractéristiques des wagons-trémies couverts

Caractéristiques	Particularités
Nombre d'essieux	4
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30
Charge brute maximale (tonnes)	120
Tare (tonnes)	23,6
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C
Volume interne (mètres cubiques)	67
Longueur sur les coupleurs (mètres)	12,79
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».
Caractéristiques particulières	Trappes supérieures, portes inférieures

Billes

Les billes seront transportées sur des wagons plats à parois de bout (Figure 8.5-111). Les wagons plats à parois de bout sont des wagons plats dotés de parois à chaque extrémité qui empêchent la charge (dans ce cas, des billes) de se déplacer dans le sens de la longueur.



Figure 8.5-111 : Wagon plat à parois de bout pour le transport des billes

Les caractéristiques des wagons plats à parois de bout sont les suivantes :

Tableau 8.5-52 : Caractéristiques des wagons plats

Caractéristiques	Particularités
Nombre d'essieux	4
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30
Charge brute maximale (tonnes)	120
Tare (tonnes)	37,9
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C
Longueur libre du tablier (mètres)	18,9
Longueur sur les coupleurs (mètres)	22,4
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».

Copeaux de bois

Les copeaux de bois sont transportés dans de grands wagons ouverts à fond plat (Figure 8.5-112). Ils sont chargés et déchargés avec des godets d'excavation. Remarque : Les wagons à copeaux de bois font partie du trafic d'échange transporté par le CFGC. Ils n'appartiendront donc pas au CFGC, mais seront déplacés par celui-ci. Ils sont présentés ici afin que les informations sur le matériel roulant transporté par le chemin de fer et entrant dans la composition du train soient complètes.



Figure 8.5-112 : Wagon-tombereau pour copeaux de bois

Les caractéristiques du wagon-tombereau pour copeaux de bois sont les suivantes (Remarque : Une densité de copeaux de bois de 480 kg/m³ a été utilisée pour la taille des wagons-tombeaux).

Tableau 8.5-53 : Caractéristiques d'un wagon-tombereau pour copeaux de bois

Caractéristiques		Particularités
Nombre d'essieux	4	
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30	
Charge brute maximale (tonnes)	120	
Tare (tonnes)	33,3	
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C	
Volume interne (mètres cubiques)	180	
Longueur sur les coupleurs (mètres)	20,4	
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)	
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».	

Concentré de cuivre

Le concentré de cuivre sera transporté dans des wagons-tombereaux équipés de couvercles en plastique fermés pour protéger le chargement de l'environnement (Figure 8.5-113). Les couvercles en plastique sont enlevés et remplacés sur le lieu de chargement et de déchargement.



Figure 8.5-113 : Wagon-tombereau avec couvercle en plastique

Les caractéristiques du wagon-tombereau sont les suivantes (en supposant une densité de concentré de cuivre de 2,25 t/m³ pour la taille du wagon) :

Tableau 8.5-54 : Caractéristiques des wagons-tombereaux de scierie

Caractéristiques	Particularités
Nombre d'essieux	4
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30
Charge brute maximale (tonnes)	120
Tare (tonnes)	32,8
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C
Volume interne (mètres cubiques)	79 (wagon à remplir jusqu'à 37,7 m ³)
Longueur sur les coupleurs (mètres)	17,61
Longueur à l'intérieur (mètres)	16
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».
Caractéristiques particulières	Couvercle en plastique amovible

Équipement d'Hydro-Québec

L'équipement lourd d'Hydro-Québec qui est chargé dans des conteneurs ISO 6 m (20 pi) standard sera transporté sur les mêmes wagons plats 20 m (64 pi) décrits ci-dessus.

Les équipements de construction d'Hydro-Québec plus grands et non conteneurisés seront transportés sur des wagons plats de 20 m (64 pi) ou 27 m (89 pi).



Figure 8.5-114 : Wagon plat de 27 m (89 pi)

Les caractéristiques du wagon plat de 27 m (89 pi) sont les suivantes :

Tableau 8.5-55 : Caractéristiques des wagons plats de 27 m (89 pi)

Caractéristiques		Particularités
Nombre d'essieux	4	
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30	
Charge brute maximale (tonnes)	120	
Tare (tonnes)	37,65	
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C	
Longueur libre du tablier (mètres)	27,22	
Longueur sur les coupleurs (mètres)	28,85	
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)	
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».	
Caractéristiques particulières	• Serrures tournantes pour conteneurs situées à intervalles de 6 m (20 pi) • Gaines de rancher latérales • Attaches pour râteliers	

Carburants

Le carburant sera transporté dans des « conteneurs-citernes » (Figure 8.5-115) qui seront transportés sur les wagons plats de 20 m (64 pi) décrits précédemment. Les conteneurs-citernes ont les mêmes dimensions extérieures que les conteneurs ISO 6 m (20 pi) et sont déjà transportés par camion.

Cette option a été retenue pour des raisons environnementales, car elle réduit le nombre de points de transfert du carburant (par exemple du wagon à l'installation de stockage et de l'installation de stockage au camion de livraison) et, par conséquent, le risque de déversement de carburant.



Figure 8.5-115 : Conteneur-citerne type

Les caractéristiques d'un conteneur-citerne sont les suivantes :

Tableau 8.5-56 : Caractéristiques du conteneur-citerne

Caractéristiques	Particularités
Dimensions extérieures	Identique au conteneur ISO 6 m (20 pi)
Poids brut max. (kg)	43 500
Poids de la tare (kg)	3 800
Capacité volumétrique (L)	17 500 à 26 000

Matériel roulant de service (DS)

Le matériel roulant DS est principalement destiné à l'entretien de la voie, comme les trains de travaux, et le matériel roulant typique se compose de wagons à ballast à déchargement par le bas et à déchargement latéral, de wagons plats et de wagons couverts.

Wagons à ballast

Le ballast est transporté et déversé à l'aide de deux types de wagons à ballast : les wagons à ballast à fond mobile, qui déposent le ballast de chaque côté des rails (Figure 8.5-116 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) à l'aide de vannes longitudinales, et les wagons à ballast à déversement sur le côté, qui déposent le ballast de chaque côté de l'emprise et sont utilisés pour l'élargissement des remblais (Figure 8.5-117).

Les wagons à ballast à fond mobile peuvent être commandés manuellement, pneumatiquement ou électroniquement, tandis que les wagons à déversement sur le côté sont commandés pneumatiquement ou hydrauliquement.



Figure 8.5-116 : Wagon à ballast à fond mobile



Figure 8.5-117 : Wagon à ballast à déversement sur le côté

Les caractéristiques types des deux types de wagons à ballast sont les suivantes :

Tableau 8.5-57 : Caractéristiques des wagons à déversement par le fond

Caractéristiques		Particularités
Nombre d'essieux	4	
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30	
Charge brute maximale (tonnes)	120	
Tare (tonnes)	29,4	
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C	
Longueur sur les coupleurs (mètres)	15	
Volume interne (mètres cubiques)	77	
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)	
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».	
Caractéristiques particulières	Vannes longitudinales pour déposer le ballast de chaque côté du rail, actionnées manuellement, pneumatiquement ou électriquement.	

Tableau 8.5-58 : Caractéristiques des wagons à déversement par le côté

Caractéristiques		Particularités
Nombre d'essieux	4	
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30	
Charge brute maximale (tonnes)	120	
Tare (tonnes)	40	
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C	
Longueur sur les coupleurs (mètres)	16,74	
Volume interne (mètres cubiques)	46,7	
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)	
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».	
Caractéristiques particulières	Mécanisme de déversement pneumatique ou hydraulique pour déposer le ballast de part et d'autre de l'emprise.	

8.5.29.2 Fournitures diverses

Les fournitures diverses comme les outils sont transportées dans des wagons couverts (Figure 8.5-118), tandis que les équipements plus importants, comme les engins de terrassement, seront transportés sur des wagons plats de 27 m (89 pi).



Figure 8.5-118 : Wagon couvert

Caractéristiques d'un wagon couvert type :

Tableau 8.5-59 : Caractéristiques d'un wagon couvert type

Caractéristiques	Particularités
Nombre d'essieux	4
Charge d'essieu maximale (tonnes)	30
Charge brute maximale (tonnes)	120
Tare (tonnes)	33,1
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Conforme au schéma de l'équipement de la norme AAR S-2028-Gabarit C
Longueur sur les coupleurs (mètres)	17,7
Dimensions intérieures (mètres)	15,4 (longueur) X 4 (hauteur) X 2,9 (largeur)
Dispositif d'extrémité de wagon	Standard (non coussiné)
Type de bogies	AAR dirigeable en 3 parties, « 70 tonnes ».
Caractéristiques particulières	Portes encastrées

8.5.29.3 Exigences relatives aux locomotives

Les locomotives représentent une part importante des coûts d'investissement et d'exploitation. Les trains sont donc conçus en fonction des capacités des locomotives. Les principaux facteurs à prendre en compte pour déterminer la longueur et le tonnage acceptables des trains sont les pentes, les types de wagons, le poids, la charge d'essieu, le temps de trajet et la longueur des voies d'évitement.

Les locomotives utilisées pour les opérations de transport lourd nécessitent une puissance et un effort de traction élevés pour transporter les tonnages habituellement transportés par les trains de marchandises. À cette fin, les locomotives préférées pour l'exploitation ferroviaire de transport lourd en Amérique du Nord sont les unités de traction diesel-électriques de 4 000 à 4 400 HP qui fournissent environ 32 % de la traction à longueur d'année et sont équipées d'une traction à courant alternatif (CA). Ces locomotives ont fait leurs preuves en termes de fiabilité élevée, d'exigences minimales en matière d'entretien et de rendement énergétique.



Figure 8.5-119 : Locomotives typiques à forte puissance. Fabriquées par Progress Rail (gauche) et Wabtec (droite)

Les caractéristiques suivantes concernent les locomotives typiques à moteur diesel qui représentent la norme industrielle actuelle et la solution la plus rentable pour la traction. Pour une discussion des carburants et des

technologies alternatives de force motrice, comme l'électrification et les technologies de batterie, veuillez consulter le rapport fourni à l'annexe 6.18.

Tableau 8.5-60 : Caractéristiques des locomotives typiques

Caractéristiques	Particularités
Type de locomotive	Co-Co diesel-électrique, monomoteur
Aménagement de la locomotive	Capot long et étroit, cabine simple à une extrémité
Type de traction	CA-CA (générateur principal CA, moteurs de traction CA)
Vitesse maximale possible (km/h)	120
Puissance de traction nette (cv)	4 300 à 4 400
Effort de traction continu minimum à pleine puissance (kN)	700
Effort de traction minimal au démarrage (kN)	850
Adhésion minimale (% du poids de la locomotive)	32 %
Poids maximum – avec fournitures complètes (t)	194,4
Charge d'essieu maximale (t)	32,4
Longueur sur les faces de traction de l'accouplement (m)	22,0 à 23,5 (type)
Largeur et hauteur maximales	Doit être conforme au gabarit M modifié de la norme AAR
Système de freinage	• Pneumatique (26-L), freins dynamiques • Les freins ECP ne sont pas recommandés
Effort de freinage dynamique de pointe minimum (kN)	470
Taille minimale du réservoir de carburant (Litres)	16 000
Type de bogie	Haute adhérence, trois essieux, non radial
Négociation de la courbe (courbe à rayon minimum) (m)	175
Type de tête de coupleur	AAR type F
Exigences diverses relatives à la cabine des locomotives	Toilette, réfrigérateur, micro-ondes, air conditionné
Signalisation d'abri	Aucune
Émissions	EPA de niveau IV

8.5.30 Entretien du matériel roulant

Les stratégies d'entretien du matériel roulant du CFRBD et du CFGC couvrent les types d'équipements suivants :

- Locomotives
- Wagons
- Équipement d'entretien de la voie ferrée

8.5.30.1 Stratégie d'entretien des locomotives

L'entretien d'une locomotive est une combinaison d'activités d'entretien préventif et correctif qui sont effectuées sur une base continue. Ces activités sont décrites plus loin.

Entretien préventif (programmé)

L'entretien préventif comprend un ensemble d'activités réalisées selon des critères préétablis afin de réduire la probabilité d'une défaillance de l'équipement, qui pourrait entraîner des retards dans les trains et/ou provoquer des dommages consécutifs nécessitant des réparations coûteuses. Ces actions sont effectuées selon un programme basé sur le temps écoulé, le kilométrage ou l'état de la locomotive, et sont généralement conformes aux recommandations du fabricant d'équipement d'origine. Il est prévu que l'équipement de surveillance de l'état de fonctionnement soit utilisé pour permettre d'optimiser les fréquences d'entretien et de détecter les défaillances suffisamment tôt pour qu'elles puissent être traitées comme un entretien préventif plutôt que correctif.

Le plan d'entretien des locomotives est basé sur un cycle qui comprend trois niveaux d'entretien préventif.

Tableau 8.5-61 : Approche d'entretien préventif des locomotives

Niveau	Description
1	Inspections quotidiennes
2	Entretien programmé
3	Révisions des locomotives

Les inspections quotidiennes (entretien de niveau 1) sont des inspections visuelles de différents systèmes et composants dans le but de détecter les défauts qui pourraient se développer dans la locomotive. Ces inspections visuelles sont généralement effectuées avant le départ de la locomotive sur un train.

Afin de maximiser la disponibilité des locomotives et des trains, les locomotives subiront leur inspection quotidienne à l'atelier d'entretien de Matagami avant d'être attelées aux trains en direction nord. L'inspection quotidienne sera combinée avec l'entretien des locomotives (ajout de carburant, d'huile, d'eau, de sable et nettoyage de la cabine). L'inspection/entretien quotidien combiné des locomotives comprendra les activités suivantes :

- Ravitaillement;
- Ajout de sable, si nécessaire, dans les bacs à sable des locomotives;
- Vérification des niveaux de lubrifiants, et appoint si nécessaire (moteur diesel, compresseur d'air, etc.);
- Vérification du niveau d'eau de refroidissement du moteur et appoint si nécessaire;
- Prélèvement d'un échantillon d'huile moteur pour analyse par le laboratoire d'huile;
- Vérification de tout rapport de défaut (le cas échéant) émis par l'équipe du train;
- Inspection visuelle des composants mécaniques comme le train de roulement (roue, bogies, timonerie de frein, moteur de traction et boîtiers d'engrenages), du moteur diesel, des radiateurs et des équipements rotatifs tels que les ventilateurs de refroidissement, le générateur/alternateur et les pompes;
- Inspection visuelle des composants électriques (câbles des unités multiples, tous les éclairages extérieurs, armoire électrique, compteurs, indicateurs de défaut, système de surveillance);
- Essai de charge du moteur (si nécessaire) et essai des freins de la locomotive;
- Nettoyage des cabines et des fenêtres;
- Réapprovisionnement des cabines (eau potable, trousse de premiers secours, matériel de toilette, etc.).

Si des défauts mineurs sont constatés lors du ravitaillement en carburant, ils seront enregistrés et la locomotive sera dirigée vers l'atelier d'entretien de Matagami pour y être entretenue et réparée.

Entretien préventif (programmé)/conditionnel

L'entretien de niveau 2 est effectué selon un calendrier de 90 jours. Ces inspections comprennent généralement les tâches suivantes : inspection des trains de roulement, vérification du compresseur d'air, nettoyage des batteries, remplacement des filtres à carburant, huile lubrifiante, si nécessaire, examen des camions (bogies), etc. En plus de l'inspection à 90 jours, une inspection à 180 jours est effectuée sur la locomotive, au cours de laquelle les composants du carter sont inspectés, les pales du ventilateur du radiateur sont nettoyées et inspectées, etc. Enfin, en plus des inspections à 90 et 180 jours, une inspection annuelle est effectuée, comprenant le nettoyage de l'interrefroidisseur du compresseur, la vérification du fonctionnement des alarmes et des dispositifs de sécurité, l'inspection des systèmes de refroidissement, la lubrification des roulements de l'alternateur et du ventilateur du radiateur, la vidange et le remplissage des carters du moteur de traction, etc. Le schéma ci-dessous illustre ce concept.

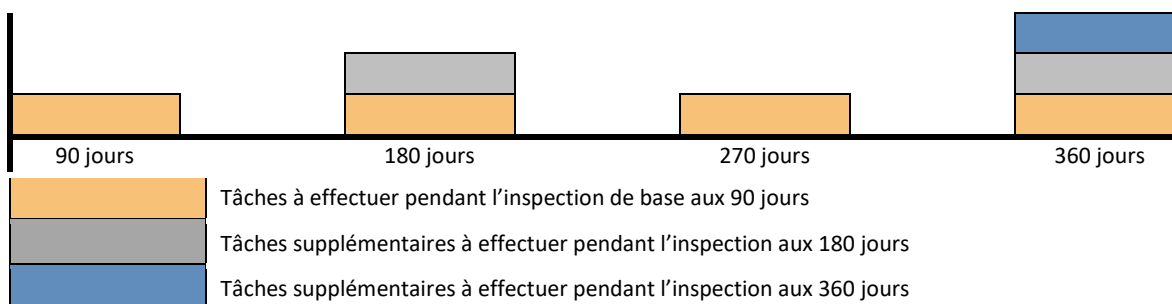


Figure 8.5-120 : Répartition des entretiens programmés des locomotives

L'objectif de ces inspections est de s'assurer que l'équipement et les éléments inspectés fourniront un service fiable jusqu'à la prochaine inspection, et de s'assurer que la locomotive peut être exploitée en toute sécurité. Si l'un de ces contrôles révèle un état insatisfaisant, des mesures correctives seront prises pour remédier à la situation. À l'issue de chaque inspection périodique, une « carte de cabine » est remplie et signée, indiquant que l'inspection a été effectuée et la date de la prochaine inspection périodique.

Révisions des locomotives

Les intervalles de révision des locomotives (entretien de niveau 3) peuvent varier de 5 à 10 ans, en fonction de l'utilisation de la locomotive. L'intervalle approprié sera déterminé une fois que la charge de travail prévue de la locomotive aura été évaluée.

Deux niveaux de révision (mineure et majeur) sont effectués et alternent entre eux. Les deux consistent à remplacer des composants (indiqués dans le tableau ci-dessous) par des composants identiques neufs ou remis en état (c'est-à-dire des composants révisés). Lors de la révision des locomotives, les composants mineurs seront révisés en interne, tandis que les composants majeurs seront confiés à des entreprises spécialisées, l'atelier n'étant pas équipé pour de telles révisions.

Tableau 8.5-62: Listes des principaux composants des locomotives qui doivent être révisés ou remplacés

Composant	Révision mineure	Révision majeure
Moteur diesel	Remplacer uniquement les ensembles de puissance et les pompes	Remplacer par un moteur révisé
Alternateur principal		Remplacer par un alternateur principal révisé
Compresseur à air		Remplacer par un compresseur à air révisé
Radiateurs et ventilateurs de refroidissement	Remplacer	Remplacer
Bogies	Réviser	Réviser
Moteurs de traction	Remplacer par des moteurs de traction révisés – si nécessaire.	Remplacer par des moteurs de traction révisés – si nécessaire.
Électronique		Remplacer
Bouches de soufflage	Réviser	Réviser
Freins	Remplacement des joints et des garnitures	Remplacer par une pièce révisée
Équipements de télécommunication / signalisation	Requalification (testé)	Remplacer et mettre à niveau
Éléments de cabine		Remplacer et mettre à niveau
Châssis	Contrôle de la corrosion, réparations locales et retouches.	Remplacer les éléments rouillés
Coupleurs	Inspecter, remplacer les éléments usagés	Remplacer

8.5.30.2 Entretien correctif (non programmé)

L'entretien correctif couvre toutes les actions de dépannage et de réparation nécessaires pour remettre une locomotive en état de fonctionnement après qu'une panne ou un incident a altéré ou supprimé sa capacité à effectuer la fonction requise. Cet entretien est classé comme « non programmé ». Les défauts potentiels sont trop nombreux pour être énumérés ici. Voici une liste d'actions d'entretien correctif types :

- Remplacer un ensemble de puissance défectueux sur le moteur diesel,
- Remplacer ou reprofiler un jeu de roues,
- Réparer les fuites sur le système de refroidissement ou de lubrification du moteur,
- Diagnostiquer un défaut signalé par l'ordinateur de bord,
- Remplacer un composant électrique,
- Remplacer un turbocompresseur,
- Ces défauts sont généralement identifiés :
 - À la suite d'une inspection en cours de route
 - À la suite d'une inspection périodique
 - Par le conducteur de la locomotive ou l'ordinateur de bord
 - À la suite d'une défaillance survenue sur la route

8.5.30.3 Disponibilité des locomotives

La norme industrielle pour la disponibilité des locomotives est de l'ordre de 90 %. Il faut donc acheter 10 % de locomotives supplémentaires pour assurer un nombre suffisant de locomotives de rechange pour soutenir le service ferroviaire pendant que ces locomotives sont entretenues.

8.5.30.4 Stratégie d'entretien des wagons

Les wagons de marchandises font l'objet d'inspections avant départ. Lorsque des défauts sont détectés, les wagons de fret sont envoyés au bâtiment d'entretien du matériel roulant pour être révisés (« passer en atelier »), où ils sont soumis à une inspection complète avant d'être remis en service régulier.

Entretien préventif

Avant tout départ quotidien, les wagons d'une composition de train sont inspectés visuellement à pied des deux côtés du train, et les pièces défectueuses sont ainsi identifiées. Il peut s'agir de sabots de frein usés, de garnitures de frein cassées, de ressorts manquants, de roues excessivement usées, de tuyaux de frein déchirés, de portes de déchargement brisées, etc.

Les petits défauts sont réparés sur le train in-situ, les autres sont « marqués » pour une réparation future. Si le défaut n'est pas critique, le wagon restera en service. Sinon, le wagon est retiré du train pour être réacheminé vers l'atelier d'entretien de Matagami et y être réparé.

Les composants des bogies, tels que les cadres latéraux, les traverses et les garnitures d'usure, s'usent après un certain temps, tout comme les composants des attelages. L'exploitant établira un programme d'entretien où ces composants, ainsi que d'autres, seront remis à neuf. Un intervalle d'entretien programmé type est de 700 000 km de service accumulé, mais cet intervalle dépend fortement des conditions de fonctionnement et peut fluctuer considérablement. Une qualification du système de freinage pneumatique est souvent effectuée en même temps.

Comme pour les locomotives, l'entretien conditionnel consiste à remplacer les composants, à condition qu'ils soient usés, par des composants neufs ou remis à neuf, mais pour les wagons, il se limite généralement au changement et au reprofilage des roues. Il est prévu que la durée de vie des roues soit d'environ 400 000 km. Les roues seront reprofilées deux à trois fois au cours de leur vie, à des intervalles dépendant de la profondeur/de l'étendue de l'usure ou du défaut de la roue.

Entretien correctif

L'entretien correctif couvre toutes les actions de dépannage et de réparation nécessaires pour remettre un wagon en état de fonctionnement après une panne ou un incident. Souvent, ces défauts sont découverts lors de l'inspection quotidienne, mais ils peuvent également être détectés par des équipements en bordure de voie tels que des détecteurs de « boîte chaude » (roulement à rouleaux surchauffé) ou des détecteurs de matériel de traînage (comme des câbles de frein cassés ou des tuyaux traînants). Il est prévu que les détecteurs de boîtes chaudes et de charges d'impact des roues soient répartis sur le réseau de telle sorte que tous les trains passent devant au moins un détecteur par jour.

8.5.30.5 Allocation pour l'entretien de la taille du parc de wagons

La norme industrielle pour la disponibilité des wagons est de l'ordre de 95 %. Il faut donc approvisionner 5 % de wagons supplémentaires pour assurer une quantité suffisante de wagons de rechange pour remplacer les wagons en cours d'entretien ou de réparation.

8.5.31 Stratégie d'entretien des équipements EVF

Entretien de l'équipement EVF

Outre les locomotives, les wagons de marchandises et les voitures de voyageurs, le chemin de fer possède des équipements d'entretien de la voie ferrée (EVF) qui nécessitent un entretien régulier. Pour ces équipements, une approche d'entretien cyclique est utilisée. Il convient de noter que les dispositifs de déplacement des wagons sont généralement classés dans la catégorie des équipements d'EVF à risque en ce qui concerne l'entretien.

Un programme d'entretien et de réparation cyclique implique que l'équipement d'EVF possède un calendrier défini pour la révision de l'atelier principal. Un programme d'entretien cyclique est le plus souvent basé sur les heures de travail (moteur), et/ou les kilomètres parcourus (mesurés par les relevés de l'odomètre du moyeu) et/ou les exigences réglementaires. En règle générale, s'il n'est pas supplanté par une exigence réglementaire, un programme d'entretien et de réparation cyclique doit être prévu lorsqu'un des paramètres suivants est atteint : a) 2 500 heures moteur, ou b) 5 000 kilomètres. Lorsqu'elle est identifiée pour l'entretien et la réparation cycliques, il est courant que l'unité soit envoyée à l'atelier avec son carnet de bord et les commentaires spécifiques des superviseurs/opérateurs sur le terrain concernant l'état de la machine. Une fois à l'atelier, les mécaniciens procéderont à une analyse des contraintes, à des essais par ultrasons et à des mesures d'usure des principaux composants, des éléments structurels, des essieux et des roues de l'unité. En outre, une inspection visuelle détaillée sera effectuée et les défauts identifiés seront notés. Les réparations nécessaires seront effectuées conformément à la politique de l'entreprise et aux exigences réglementaires. Le programme d'entretien cyclique et de réparation peut différer sensiblement du programme d'intervalles d'entretien recommandés par le fabricant pour le remplacement des huiles moteur, des filtres et le graissage des cylindres et des roulements.

Il est recommandé que les opérateurs de machines accompagnent leurs machines à l'atelier principal et soient impliqués dans les réparations. Cela servira deux objectifs : les opérateurs seront disponibles pour discuter des performances des machines sur le terrain avec les mécaniciens de l'atelier et ils acquerront des connaissances et une expérience précieuses sur l'entretien des machines. Cela devrait permettre de réduire les temps d'arrêt et d'augmenter la productivité de la machine lorsqu'elle sera réaffectée sur le terrain.

Entretien des véhicules routiers

Le parc de véhicules routiers comprendra des camionnettes, des VUS et des camions plus grands équipés de matériel rail-route pour le département d'EVF et des fourgons utilisés par le service des transports.

L'entretien des véhicules routiers consiste généralement à effectuer des entretiens mineurs programmés (tels que les vidanges d'huile, les changements de freins, etc.) et les réparations correctives une fois qu'un défaut a été identifié par le conducteur.

L'équipement d'EVF qui est basé sur le rail-route peut être entretenu à l'atelier d'entretien de l'équipement d'EVF dans les cours de Matagami, Waskaganish ou Chapais, à l'atelier d'entretien de Matagami (si l'espace le permet) ou confié à des garages d'entretien et de réparation tiers, car l'équipement peut y être facilement transporté. Les

composants ferroviaires spécifiques (p. ex. les roues ferroviaires en acier) doivent toutefois être entretenus dans l'atelier d'entretien de Matagami.

8.5.32 Entretien de l'infrastructure

Le service infrastructure est responsable des voies, des terrassements, des structures de drainage des ponts, des bâtiments et de la signalisation ferroviaire et des télécommunications. Les équipes d'entretien sont organisées sur une base territoriale, et les différentes spécialités partagent des locaux et des équipements communs dans la plupart des cas.

Le service infrastructure est responsable de toutes les activités liées à l'entretien quotidien, au remplacement des immobilisations, à la conception et à la construction des actifs fixes du chemin de fer. Il s'agit du personnel impliqué dans l'une ou l'autre des tâches liées aux activités susmentionnées, comme les cadres, les ingénieurs, les superviseurs, les contremaîtres, les ouvriers qualifiés et les opérateurs, les travailleurs et le personnel de bureau.

Certaines activités non spécialisées, comme le contrôle de la végétation et l'entretien des bâtiments, peuvent être facilement sous-traitées à un coût inférieur à celui de l'envoi de personnel sur de longues distances pour entreprendre des travaux mineurs, et l'on suppose que c'est le cas pour les disciplines qui ne sont pas spécifiquement couvertes.

8.5.33 Stratégie d'entretien de la voie ferrée (EVF)

L'entretien de la voie et de l'emprise sera assuré par quatre équipes de voie (un groupe d'employés responsables de l'entretien quotidien de la voie, des ponts et des systèmes de signalisation), basées respectivement à Matagami et à Chapais et deux à Waskaganish. Une équipe de voie lourde équipée pour les opérations de voie plus lourdes comme le remplacement des traverses, le bourrage et le soudage sera chargée des travaux sur le CFRBD et le CFGC. Elle sera basée à Waskaganish. Les équipes d'entretien des télécommunications et de la signalisation seront basées à Waskaganish, à Matagami et à Chapais.

Certaines activités d'entretien, comme le meulage des rails et les inspections de la géométrie électronique, requièrent des équipements et des équipes d'exploitation spécialisés. Ces activités seront confiées à des entreprises spécialisées qui fourniront également les équipements nécessaires.

Une flotte de véhicules routiers et rail-route fournit la mobilité nécessaire aux équipes d'entretien.

Tableau 8.5-63 : Véhicules routiers et rail-route d'EVF

Élément	Nombre
Camionnette	5
Camion de chemin de fer	2
Camion rail-route	5
Chariot d'entretien	4
Excavatrice de chemin de fer	2
Régaleuse à ballast	2

Les figures ci-dessous montrent les types d'équipement recommandés.



Figure 8.5-121 : Camionnette (à gauche), camion de chemin de fer (à droite)



Figure 8.5-122 : Camion rail-route (à gauche), chariot d'entretien (à droite)



Figure 8.5-123 : Excavatrice de chemin de fer (à gauche), régaleuse à ballast (à droite)

Activités d'entretien EVF

Une grande partie de la charge de travail de l'EVF est centrée sur des inspections régulières de différents types. Celles-ci sont structurées de manière à identifier les défauts avant qu'ils ne deviennent un risque pour la sécurité, de sorte que les activités d'entretien prédominantes soient préventives et non réactives. Des exemples de certaines des principales exigences en matière d'inspection sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.5-64 : Exigences en matière d’inspection de la voie principale

Catégorie	Description du sous-système et/ou de l’action
Inspection de la voie principale	Deux fois par semaine par un membre qualifié de l’équipe, à pied ou à bord d’un véhicule monté sur rails, se déplaçant au pas.
Inspection de la voie principale	Trois fois par an, par le responsable de l’entretien des voies et le contremaître de l’équipe d’entretien des voies, à pied ou à bord d’un véhicule monté sur la voie et se déplaçant au pas.
Inspection de la voie principale	Tous les deux ans, par le responsable de l’entretien de la voie et le contremaître de la voie, à pied.
Inspection de la voie principale	Inspection spécifique des voies à la demande par un chef d’équipe, à pied ou à bord d’un véhicule monté sur rails.
Inspection saisonnière de la voie	Effectuée par un membre qualifié de l’équipe, à pied ou à bord d’un véhicule monté sur rails, se déplaçant au pas : • Au printemps, ou lorsque les conditions météorologiques déclenchent une crue des eaux, un ruissellement printanier ou une inondation potentielle. • Par temps extrêmement froid (en dessous des températures définies), surveiller les ruptures du rail LRS. • Par temps extrêmement chaud (au-dessus des températures définies), contrôler l’absence de gauchissement des rails LRS. • Deux fois par an, avant la chute des feuilles des arbres à feuilles caduques et avant l’arrivée de la neige permanente sur le sol, vérifier l’état du sol : ○ la voie environnante ○ la condition de la plateforme ○ les transitions de la plateforme aux ponts
Inspection de l’aiguillage de la voie principale	Inspection visuelle de routine à chaque passage d’un employé d’EVF
Inspection de l’aiguillage de la voie principale	Tous les mois, par un membre qualifié de l’équipe de la voie, à pied, avec un membre qualifié de l’équipe APN
Inspection de l’aiguillage de la voie principale	Chaque année, par un membre qualifié de l’équipe de la voie, à pied, y compris des mesures pour déterminer le degré d’usure.

Les résultats de chacune des inspections sont utilisés pour planifier et hiérarchiser les travaux d’entretien :

- Remplacement des traverses de bois qui sont fendues ou dont la plaque d’ancrage est trop découpée, ou bouchage des traverses dont les pointes coupées ne tiennent plus dans le bois;
- Reconfiguration de la section du ballast avec une régaleuse à ballast;
- Tassement du ballast autour des attaches lâches;
- Serrage ou remplacement des boulons desserrés ou manquants dans les ensembles de commutation;
- Réparation des surfaces d’usure des commutateurs afin de prolonger leur durée de vie.
- Dégagement des ponceaux obstrués afin de rétablir un débit adéquat dans le ponceau.
- Déneigement ou déglçage des commutateurs.

Certaines activités d’entretien, telles que le débroussaillage et l’élimination de la végétation indésirable dans l’emprise ferroviaire et aux passages à niveau, peuvent être traitées de manière plus économique : elles seront sous-traitées à des entreprises locales. Il existe d’autres activités d’entretien majeures qui devraient également être sous-traitées en raison de l’expertise ou de l’équipement nécessaires. On les retrouve dans le tableau suivant.

Tableau 8.5-65 : Principales activités d’entretien en sous-traitance

Catégorie	Description du sous-système et/ou de l’action
Voie	Bourrage mécanique lourd
Rails	Contrôles ultrasonores des rails
Rails	Meulage des rails (courbes)
Aiguillages	Contrôle renforcé des rails par ultrasons

Stratégie d’entretien des ponts et des structures

Les activités d’entretien, y compris les inspections semestrielles et annuelles, associées aux ponts, aux ponceaux et aux bâtiments doivent être confiées à des entreprises spécialisées qui disposent de l’expérience et de l’équipement appropriés. Les contrats devraient être gérés et coordonnés par le gestionnaire des infrastructures.

Stratégie d’entretien de la signalisation et des télécommunications (S&T)

Les systèmes de signalisation et de télécommunication ferroviaires sont constitués de matériels et de logiciels intégrés issus de plusieurs technologies et de divers fournisseurs. Ces systèmes sont très interdépendants, et un seul dysfonctionnement peut avoir un impact critique sur les performances globales du chemin de fer et entraîner des pertes économiques.

Les équipes chargées de l’exploitation et de l’entretien des systèmes de signalisation et de télécommunications s’efforcent de réduire au minimum l’occurrence des pannes d’équipement et d’atténuer leur impact sur le chemin de fer lorsqu’elles se produisent. Ces activités comprennent :

- Entretien correctif : remplacement des cartes et des composants endommagés ou défectueux;
- Entretien préventif : remplacement programmé des cartes et des composants avant qu’une panne ne survienne, installation de correctifs matériels et logiciels pour les mises à jour ou les réfections;
- Entretien prédictif : identification et correction des problèmes et les défaillances potentielles sur la base d’un suivi régulier des performances du système.

Les équipes d’exploitation et d’entretien du système de signalisation et de télécommunication devraient également élaborer et mettre en œuvre un plan d’action leur permettant de réagir rapidement, efficacement et de manière ordonnée aux défaillances systémiques lorsqu’elles se produisent.

8.5.34 Personnel

L’organisation du chemin de fer sera fondée sur des lignes de responsabilité fonctionnelles, les services de l’infrastructure, du matériel roulant et des transports relevant d’un directeur de l’exploitation. L’organisation générale du chemin de fer est présentée dans la figure suivante.

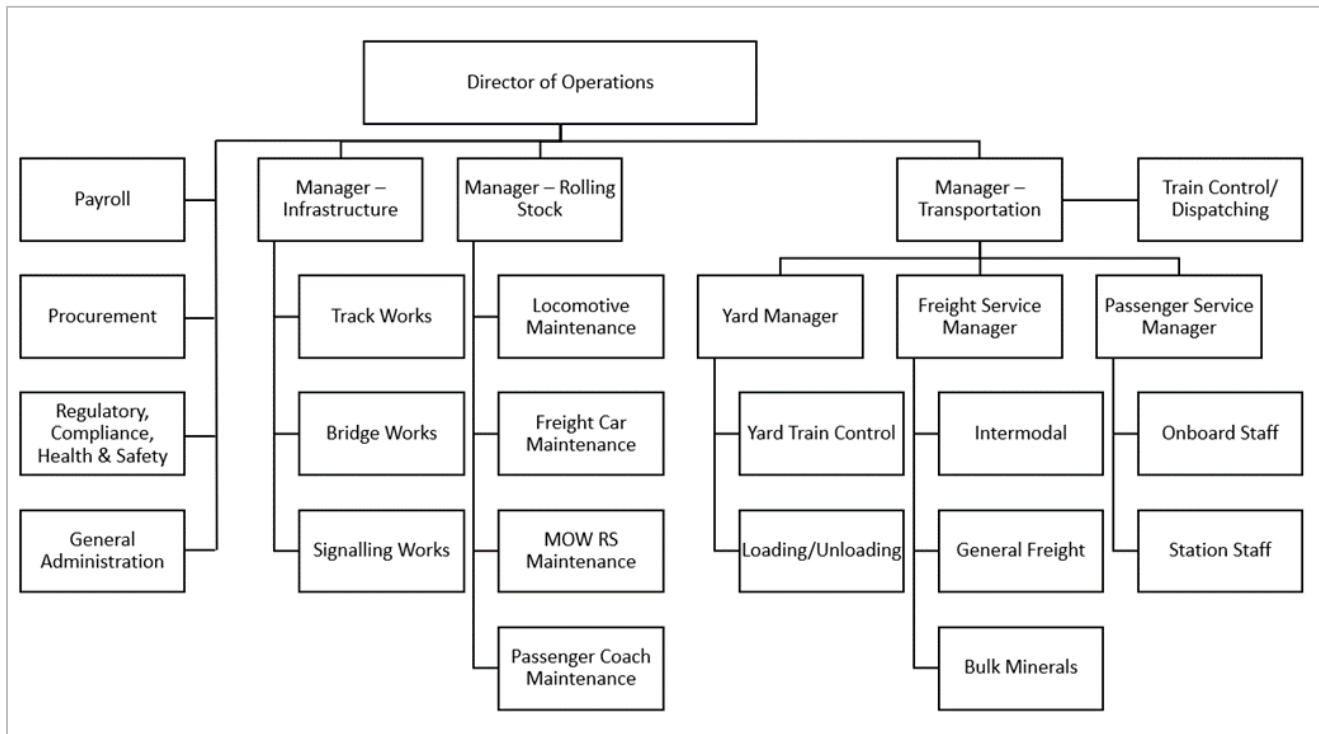


Figure 8.5-124 : Organigramme du personnel ferroviaire

8.5.34.1 Administration

Le personnel administratif soutient l'exploitation de l'ensemble du chemin de fer et assure les fonctions de paie, d'approvisionnement, de santé et de sécurité, de ressources humaines, de gestion de l'environnement, de conformité réglementaire et de formation. Les 14 membres du personnel administratif seront installés au siège du système à Waskaganish avec le directeur des opérations.

Tableau 8.5-66 : Personnel d'administration du siège social

Poste	Gare de triage de Matagami	Communauté de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Employés requis
Directeur des opérations		1		1
Secrétaire	1	2	1	4
Responsable de la paie/administrateur des contrats		2		2
Santé et sécurité		1		1
Magasinier/responsable d'approvisionnement	1	1		2
Réglementaire/formation		1		1
Adjoint administratif	1	1	1	3
Total d'employés				14

Le personnel de la cour de triage de Waskaganish, qui effectue des quarts de travail quotidiens consécutifs, serait logé au camp permanent au PK 257 de la route Billy Diamond, tout comme les équipes de train qui commencent ou terminent une affectation comprenant un quart de travail complet.

8.5.34.2 Opérations

Équipes de train

Toutes les équipes de trains de marchandises sont composées d'un conducteur de train et d'un assistant. Le poste d'assistant est considéré comme un poste de premier échelon avec une progression vers le poste de conducteur de train. Si deux conducteurs de train qualifiés font partie de la même équipe, le conducteur ayant le plus d'ancienneté sera le conducteur de train et l'autre sera l'assistant.

Le service des transports est responsable de toutes les activités liées à la circulation des wagons. Cela inclut le personnel impliqué dans le mouvement réel d'un wagon, comme les équipes de triage et de train, la documentation impliquée dans le mouvement des wagons (connaissance, journal de train, liste d'aiguillage) et la coordination des mouvements de trains, fonction assurée par les répartiteurs de trains.

Personnel de supervision

Le directeur du transport sera situé à Waskaganish. Il aura sous sa responsabilité directe quatre coordonnateurs de trains situés à des points clés du réseau ferroviaire (gares de triage de Matagami, Waskaganish et Chapais) et contrôlera le mouvement des trains entrant et sortant des gares de triage et à l'intérieur des gares de triage. Les employés chargés de la documentation et de la coordination des trains sont centralisés.

Le personnel de supervision comprend les postes qui sont rémunérés à l'heure et qui, au besoin, sont relevés à la fin de leur quart de travail. Le tableau suivant illustre les postes de superviseurs par emplacement.

Tableau 8.5-67 : Personnel de supervision de l'exploitation

Poste	Gare de Matagami	Gare de Waskaganish	Gare de Chapais	Employés requis
Surintendant des transports		1		1
Coordonnateur de trains	1	2	1	4
Coordonnateur de l'exploitation		2		2
Chef de triage	2	3	2	7
Gestionnaire de gare de transport intermodal		2		2
Total d'employés				16

Au total, on estime que les CFRBD et CFGC auront besoin de 16 employés de supervision des transports, sur la base d'une semaine de travail de 5 jours.

Employés des services ferroviaires

Les employés des services ferroviaires sont des membres du personnel affectés aux services ferroviaires et aux gares de triage. Normalement, une équipe se compose de deux employés : en services ferroviaires, un conducteur de locomotive et un assistant; en service de manœuvre, un conducteur de locomotive et un contremaître de triage. Comme les gares de triage sont petites et peu complexes, le chef de triage et/ou le gareur consacrent une partie de

leur temps de travail à la conduite de locomotives ou de chariots dans les gares de triage. Les affectations permanentes des équipages ne sont pas établies. Les employés d'exploitation sont appelés selon le principe de rotation « premier entré, premier sorti », les deux employés appelés pour chaque train. Dans les services ferroviaires, le conducteur de la locomotive est responsable tandis que l'assistant effectue les tâches normalement associées à celles d'un chef de train. Tous les employés des services ferroviaires et du service de manœuvre devraient être qualifiés comme conducteurs de locomotive, l'employé le plus ancien de l'équipe faisant office de conducteur de locomotive. Le taux de rémunération du conducteur de locomotive devrait être légèrement supérieur à celui de l'assistant.

Traditionnellement, les équipes de train sont payées soit au kilomètre, soit à l'heure, soit une combinaison des deux. Les équipes de gare de triage sont payées à l'heure/quart de travail.

Les employés des services ferroviaires doivent travailler à partir d'un bassin commun à leur terminal d'origine et devraient être qualifiés pour assurer tous les services ferroviaires affectés à ce terminal. Les employés du service de manœuvre doivent être affectés à des heures normales, tandis que les affectations de réserve et de relève doivent faire appel à des employés du bassin commun de leur terminal d'attache ou de leur terminal secondaire.

Les tableaux suivants illustrent les besoins en équipes de train et de service de manœuvre pour le CFRBD et le CFGC. Les informations du premier tableau représentent le nombre total d'employés par poste. Une partie seulement des quarts horaires sera affectée au service de manœuvre en fonction des besoins.

Tableau 8.5-68 : Employés de l'équipe de gare de triage

	Gare de triage de Matagami	Gare de triage de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Chef de triage	2	3	2	7
Gareur		2	1	3
Total d'employés				10

Certains postes doivent être occupés à temps partiel pour tenir compte de la densité relativement faible des trains. Par exemple, les activités de formation des trains dans les trois gares de triage n'auront lieu principalement que trois fois par semaine, de même que le chargement du bois sur la voie d'évitement. Pour tenir compte de ce facteur, le nombre d'employés est indiqué en tant qu'équivalent total à temps plein.

Tableau 8.5-69 : Employés de l'équipe de gare de triage

Poste	Waskaganish	Chapais
Total de membres de l'équipe de train	4	2

Personnel hors exploitation

Le personnel hors exploitation est constitué d'employés du service des transports qui ne travaillent pas dans les services ferroviaires ou une gare de triage. Il existe essentiellement deux classifications, à savoir les employés internes et externes. La fonction des employés internes comprend, pour l'essentiel, des activités de coordination et de documentation des trains. Les employés externes effectuent des tâches en relation avec les services intermodaux.

Répartiteurs

Les répartiteurs de trains, situés au centre de commande de Waskaganish, sont responsables de la coordination en temps opportun et du mouvement sécuritaire des trains à l'extérieur des gares de triage. Pour bien remplir leur fonction, ils doivent connaître le territoire qu'ils contrôlent et les règles d'exploitation applicables. Dans cette mesure, les répartiteurs de trains devraient périodiquement monter à bord des trains sur leurs territoires respectifs.

Personnel de chargement des wagons

La responsabilité du personnel de chargement des wagons concerne principalement la documentation requise pour déplacer un wagon, enregistrer le mouvement et veiller à ce que les recettes générées soient correctement évaluées et documentées.

La responsabilité du personnel de chargement des wagons consiste à assurer un effectif stable de chargement des wagons. Le volume de travail augmentera en fonction de l'accroissement du trafic, mais seuls quelques postes seront liés au volume et nécessiteront du personnel supplémentaire.

Les activités suivantes seront la responsabilité du personnel de chargement des wagons :

- Communication avec les clients concernant les activités ferroviaires telles que l'affectation et le placement des wagons;
- Préparation des dossiers de facturation pour les mouvements de wagons;
- Rapports sur les wagons et les trains;
- Préparation des journaux de bord des trains et des documents relatifs aux marchandises dangereuses. Les journaux de bord des trains seront envoyés à des imprimantes à distance aux endroits appropriés auxquels les équipes de train sont rattachées;
- Préparation des listes d'aiguillage pour les équipes des gares de triage. Les listes d'aiguillage seront envoyées à des imprimantes à distance dans les bureaux de triage auxquels les équipes de train sont rattachées;
- La coordination avec le répartiteur des trains pour les travaux requis en cours de route par les équipes de train. Les instructions destinées aux équipes de train seront envoyées à des imprimantes à distance sur les sites appropriés auxquels les équipes de train sont rattachées ou par radio pour les trains en route.

Le tableau suivant représente le personnel de chargement des wagons par poste et par emplacement.

Tableau 8.5-70 : Dotation en personnel de chargement des wagons en total d'équivalents temps plein requis

Poste	Gare de triage de Matagami	Gare de triage de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Gestionnaire de chargement des wagons		2		2
Superviseur de chargement des wagons		1	1	2
Commis général principal		2		2
Commis principal	1		2	3
Commis aux rapports intermodaux		5		5
Commis au pointage		5	5	10
Total des équivalents temps plein requis				24

Employés de l'intermodalité

Les tâches des employés de l'intermodalité comprennent le déchargement des conteneurs du rail, la mise en place de chaque conteneur, le ramassage ou le chargement des trains et les préposés aux barrières. Dans les gares de triage de Waskaganish et de Chapais, en raison de l'important trafic de camions en provenance des sites miniers, il est recommandé que le fonctionnement de la barrière soit assuré en tout temps.

Afin de déterminer le nombre d'employés requis, on suppose que le ramassage et la livraison des conteneurs seront effectués par des employés tiers.

Le tableau suivant illustre le personnel de l'intermodalité par poste et par emplacement :

Tableau 8.5-71 : Postes intermodaux : nombre d'employés

Poste	Gare de triage de Matagami	Gare de triage de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Voie de chargement du bois	Total des équivalents temps plein requis
Garde-barrière/agent	5	5	4		14
Gareur		2	1		3
Conducteur de chargeuse		5		5	10
Agent de triage/ouvrier	1	2	1		4
Total d'employés					31

Personnel supplémentaire

Le personnel supplémentaire est responsable de toutes les activités associées au minerai en vrac dans les gares de triage de Waskaganish et de Chapais. Les tâches du personnel consisteront à décharger le minerai en vrac dans les hangars de stockage et à charger le minéral en vrac stocké dans la trémie (qui fait partie du système d'alimentation du silo). Le tableau suivant illustre les postes du personnel supplémentaire par emplacement :

Tableau 8.5-72 : Personnel supplémentaire

Poste	Gare de triage de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Chargement en vrac des minerais	1	1	2
Manutention du minerai en vrac dans le hangar de stockage	5	5	10
Total d'employés			12

Sommaire : personnel du service des transports

Le tableau ci-dessous illustre les besoins en personnel de transport par emplacement (chemins de fer de la route Billy Diamond et Greve-Chapais).

Tableau 8.5-73 : Total des besoins en personnel du ministère des Transports

Poste	Gare de triage de Matagami	Gare de triage de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Bois d'œuvre Voies d'évitement
Surintendant des transports		1		
Coordonnateur de trains	1	2	1	
Coordonnateur de l'exploitation		2		
Chef de triage	2	3	2	
Gestionnaire de gare de transport intermodal		2		
Répartiteur de trains		3		
Garde-barrière/agent	5	5	4	
Conducteur de chargeuse		5		5
Agent de triage/ouvrier	1	2	1	
Gareur		2	1	
Gestionnaire de chargement des wagons		2		
Superviseur de chargement des wagons		1	1	
Commis général principal		2		
Commis principal	1		2	
Commis au pointage		5	5	
Commis aux rapports intermodaux		5		
Chargement en vrac des minerais		1	1	
Manutention du minerai en vrac dans le hangar de stockage		5	5	
Membres de l'équipe de train		4	2	
Total des équivalents temps plein requis	10	52	25	5

8.5.34.3 Dotation en personnel du service d'entretien du matériel roulant

Cette section porte sur les effectifs nécessaires à l'entretien du matériel roulant des chemins de fer Billy-Diamond et Grevet-Chapais et couvre :

- Locomotives;
- Wagons;
- Équipement d'entretien de la voie.

Ce service aura besoin du personnel indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.5-74 : Dotation en personnel du service d'entretien du matériel roulant

Poste	Gare de triage de Matagami	Gare de triage de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Contremaître général	1			1
Contremaître	3	2	2	7
Entretien des locomotives	7			7
Préposés à l'entretien (ravitaillement en carburant/entretien et inspection permanente)	3	1	1	5
Entretien des wagons	18			18
Aide à l'atelier de fabrication	3			3
Équipement d'EVF	3			3
Nettoyage en atelier	1			1
Contrôle du matériel	3			3
Administration	1			1
Total d'employés				49

Personnel des infrastructures

Le service infrastructure, communément appelé service d'entretien de la voie ferrée (EVF), fournira l'assistance technique et l'entretien nécessaires pour les voies, les structures, les signaux et les télécommunications du chemin de fer. Il est responsable de la planification, de la coordination et de l'exécution de toutes les activités associées à l'entretien quotidien, à l'entretien programmable et au renouvellement du capital pour les voies, les structures, les bâtiments, les signaux et les télécommunications.

Les postes suivants sont affectés à ce service :

Gestionnaire des infrastructures

Le titulaire du poste est chargé de gérer le service et de mettre en œuvre les pratiques et procédures d'entretien approuvées afin de garantir la sécurité et des performances satisfaisantes des trains sur l'ensemble des voies, des ponts et des opérations de triage. Ce responsable rendra compte au directeur de l'exploitation.

Gestionnaire de l'entretien des voies

La principale responsabilité du gestionnaire de l'entretien des voies est de fournir une assistance technique aux équipes d'entretien des voies et d'être directement responsable des opérations d'entretien sur le terrain. Il est également chargé de recueillir des informations sur l'état de la voie, de l'emprise et des gares de triage en vue de l'élaboration et de la mise en œuvre du programme.

Contremaître du groupe d'ouvrier pour la voie

Cette dotation en personnel pour l'entretien des voies est divisée en deux activités principales : l'entretien courant et l'entretien programmable. En règle générale, l'entretien courant ou quotidien, comme les inspections et les réparations ponctuelles, est organisé sur une base régionale ou territoriale et effectué par des groupes d'entretien de la voie. À l'inverse, l'entretien programmable, comme le revêtement et le remplacement des traverses, est organisée de manière centralisée et confiée à un seul groupe d'entretien lourd des voies. Cette séparation entre l'entretien courant et l'entretien programmable permet une meilleure utilisation du personnel et des équipements spécialisés dans l'entretien des voies.

Ces activités seront dirigées par un contremaître qui rendra compte au directeur de l'entretien.

Gestionnaire de l'entretien de la signalisation et des télécommunications

Le gestionnaire de l'entretien de la signalisation et des télécommunications sera chargé de la gestion des activités liées aux systèmes de signalisation et de télécommunications des chemins de fer. Ce poste relève des installations de Matagami.

Technicien supérieur – signalisation et télécommunications

Le technicien supérieur fournira une assistance de premier niveau en matière de télécommunications pour toutes les technologies de télécommunications utilisées dans le cadre des opérations ferroviaires. Le titulaire du poste disposera d'un véhicule routier et ferroviaire pour effectuer des inspections quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles.

Ouvriers

Les ouvriers seront responsables de toutes les activités liées à l'entretien quotidien programmé de l'infrastructure et du système de signalisation.

Le tableau ci-dessous fournit un résumé du personnel à temps plein qui sera nécessaire pour le service infrastructure.

Tableau 8.5-75: Dotation en personnel du service infrastructure

Poste	Gare de triage de Matagami	Communauté de Waskaganish	Gare de triage de Waskaganish	Gare de triage de Chapais	Employés requis
Gestionnaire des infrastructures		1			1
Gestionnaire de l'entretien de la voie		1			1
Gestionnaire de l'entretien SIG/TEL		1			1
Contremaître de la voie	1		3	2	6
Groupe de contremaîtres pour voie lourde			1		1
Techniciens supérieurs - SIG/TEL	1			1	2
Équipe mobile du technicien supérieur	2		2		4
Ouvriers – Voie	4		6	6	16
Groupes d'ouvriers pour voie lourde			4		4
Ouvriers – SIG/TEL	2			2	4
Équipe mobile d'ouvriers			6		6
Total d'employés					45

8.5.34.4 Résumé de la dotation en personnel

Le tableau ci-dessous illustre les besoins en personnel par service et par emplacement (CFRBD et CFGC), y compris le tableau du trafic voyageurs.

Tableau 8.5-76 : Personnel requis pour les chemins de fer de la route Billy Diamond et Grevet-Chapais

Service	CFRBD	Chemin de fer Grevet-Chapais
Siège social	12	2
Opérations	67	25
Entretien du matériel roulant	47	2
Infrastructure	35	11
Trafic voyageurs	10	3
Total d'employés	171	43

Le personnel ferroviaire serait basé sur les différents sites comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.5-77 : Personnel ferroviaire permanent par fonction et emplacement

	Siège social de Waskaganish	Gare de triage de Waskaganish	Gare de Waskaganish	Voie de chargement du bois	Gare de Matagami	Gare de triage de Matagami	Gare de Waswanipi	Gare de Chapais	Gare de triage de Chapais
Administration	9					3			2
Exploitation de la ligne principale	6								
Exploitation de la cour de triage et de la voie d'évitement		46		5		10			25
Entretien du matériel roulant		4				42			3
Entretien de la voie et du système de signalisation	4		5		1		1	2	
Trafic voyageurs	3	22				10			11
Total	22	72	5	5	1	65	1	2	41

Il convient de noter que les besoins en formation du personnel susmentionné sont traités dans le volume 5.

8.5.35 Trafic voyageurs

8.5.35.1 Contexte

Le transport ferroviaire de voyageurs est important pour les réseaux de mobilité à longue distance, fournissant des services de banlieue, régionaux et interurbains dans différentes régions du monde. Il n'y a actuellement aucun service de transport ferroviaire de passagers dans le Nord-du-Québec.

Via Rail assure un service entre Montréal-Jonquière et Montréal-La Tuque-Senneterre. Un seul train au départ de Montréal assure ces deux services. Le train se sépare à la jonction d'Hervey et les deux sections se dirigent vers leurs destinations respectives. Les voyages de retour sont programmés pour se rencontrer à Hervey, et le train recombinaé retourne à Montréal.

La liaison avec Senneterre s'effectue sur un parcours de 717 km et dure environ 14,5 heures. Cette ligne se situe principalement dans un environnement forestier et dessert 60 stations, dont plus de 80 % sont desservies lorsqu'un passager demande un arrêt pour embarquer ou débarquer (arrêts facultatifs). Le service est actuellement offert trois fois par semaine, partant de Montréal les lundis, mercredis et vendredis à 7 h 30 et arrivant à Senneterre à 21 h 02. De Senneterre, le train part le mardi et le jeudi à 6 h 28 pour arriver à Montréal à 19 h 46, et le dimanche, il part à 9 h pour arriver à 22 h 46 (VIA, février 2023). La zone située entre La Tuque et Senneterre n'est pas accessible par le réseau routier public, mais uniquement par des chemins forestiers.

Le service de Jonquière s’effectue sur un parcours de 511 km (dont 218 km partagés avec le service de Senneterre) et dure environ 13,5 heures. Cette ligne dessert 42 stations (dont 11 sur la ligne commune entre Montréal et Hervey); plus de 40 % d’entre elles sont des arrêts facultatifs. Le service est actuellement offert trois fois par semaine, partant de Montréal les lundis, mercredis et vendredis à 7 h 30 et arrivant à Jonquière à 18 h 52. De Jonquière, le train part le mardi et le jeudi à 8 h 28 pour arriver à Montréal à 19 h 46, et le dimanche, il part à 12 h 33 pour arriver à 22 h 46 (VIA, février 2023).

Bien que la demande pour le transport ferroviaire de passagers sur de longues distances soit faible dans le Nord-du-Québec, il est important de fournir ce service pour les communautés, les visiteurs et les employés des chemins de fer.

8.5.35.2 Trafic voyageurs

Le trafic voyageur ferroviaire a été projeté pour les années 2036 à 2081 pour tenir compte de la croissance démographique prévue dans la région d’Eeyou-Istchee et de la Baie-James. Des services de trains de voyageurs sont offerts sur le CFRBD entre les gares de Waskaganish et de Matagami, et sur le CFGC entre Matagami et Chapais. Le trafic voyageur devrait être étendu à Senneterre et à Jonquière, ce qui permettra aux passagers de se connecter à d’autres services sur l’axe est-ouest. La Figure 8.5-125 : présente l’achalandage prévu pour le CFRBD et le CFGC. L’achalandage annuel total prévu devrait passer de 5 870 personnes au cours de la première année d’exploitation à 8 400 personnes en 2080.

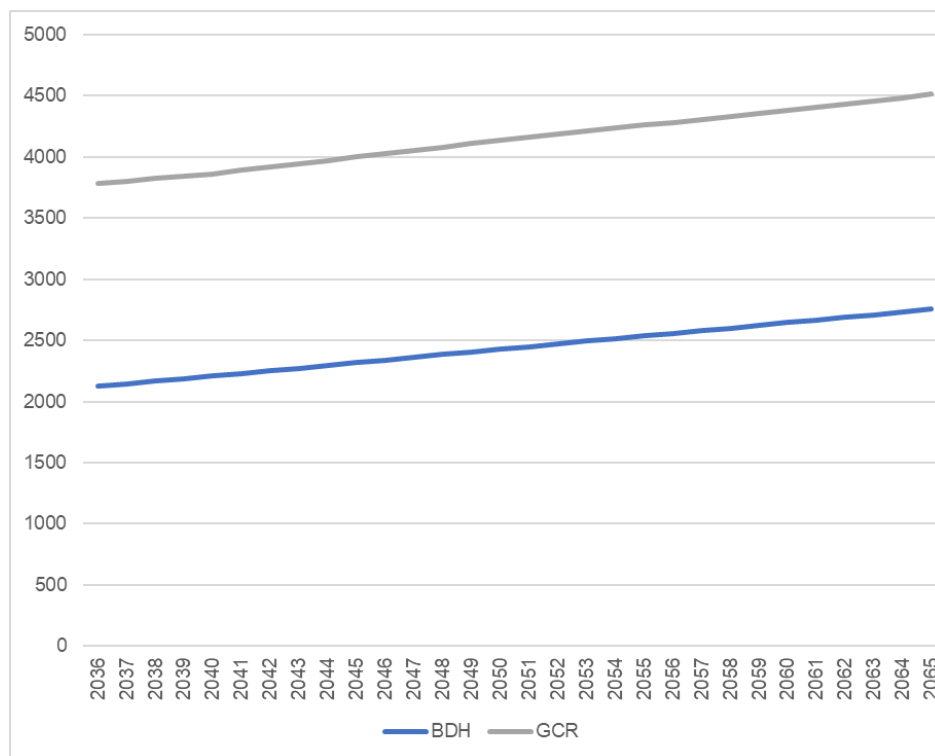


Figure 8.5-125 : Croissance prévue du trafic pendant la durée de vie du projet.

Les emplacements des gares voyageurs ont été déterminés en fonction de la croissance prévue du trafic pendant la durée de vie du projet et de la proximité des communautés par rapport aux chemins de fer proposés. Il y a huit gares prévues, comme le montre la capture d’écran ci-dessous :

1. Phase 1 :
 - a. Matagami
 - b. Waskaganish
 - c. Waswanipi
 - d. Chapais
2. Phase 2
 - a. Radisson
 - b. Wemindji
 - c. Eastmain
3. Phase 3 :
 - a. Whapmagoostui

Des informations supplémentaires sur l'exploitation des trains de voyageurs (horaires, service, personnel, etc.) se trouvent au chapitre Exploitation ferroviaire.



Figure 8.5-126 : Emplacements des gares

8.5.35.3 Exploitation des trains de voyageurs

Horaires des trains

Deux trains de voyageurs par semaine desservent Waskaganish et Matagami et poursuivent leur route sur le réseau du CN pour rejoindre les services ferroviaires de VIA Rail, l'un à Senneterre et l'autre à Jonquière.

Les horaires des trains ont été élaborés à l'aide du logiciel Train Performance Calculator afin d'établir les temps de parcours minimums (TPM) pour les trains de voyageurs. Les horaires des gares existantes sont également inclus dans l'horaire des trains.

Le tableau suivant présente un horaire indicatif pour les trains de voyageurs circulant entre la gare de Waskaganish et Jonquière ou Senneterre.

Tableau 8.5-78 : Horaires voyageurs

Waskaganish/Jonquière						Waskaganish/Senneterre					
TRAIN DESCENDANT En direction sud Jour : Lun (1)	PK	Gare	TRAIN ASCENDANT En direction nord Jour : Mar (2)	TRAIN DESCENDANT En direction sud Jour : Sam (6)		PK	GARE	TRAIN ASCENDANT En direction nord Jour : Dim (7)			
	0	Waskaganish	12h53 Arrivée			0	Waskaganish	17h38 Arrivée			
Départ	12h00		9h58 Départ	Départ	8 h			13h30 Départ			
Arrivée	14h55	233 Matagami	9h00 Arrivée	Arrivée	12h08	233	Matagami	13h20 Arrivée			
Départ	15h05		7h30 Départ	Départ	12h18			11h03 Départ			
Arrivée	17h22	332 Franquet	7h20 Arrivée	Arrivée	14h35	332	Franquet	10h53 Arrivée			
Départ	17h32	(Jct. Chapais)	6h48 Départ	Départ	14h45		(Jct. Chapais)	10h10 Départ			
Arrivée	18h05	342 Grevet	6h38 Arrivée	Arrivée	15h27	358	Quévillon	10h00 Arrivée			
Départ	18h15		6h02 Départ	Départ	15h37			7h54 Départ			
Arrivée	18h51	385 Waswanipi	5h52 Arrivée	Arrivée	17h43	448	Barraute	7h44 Arrivée			
Départ	19h01		4h27 Départ	Départ	17h53						
Arrivée	20h26	507 Chapais	3h57 Arrivée	Arrivée	18h38	476	Senneterre	7h00 Départ			
Départ	20h56		3h23 Départ								
Arrivée	21h29	529 Faribault Jct.	3h13 Arrivée								
Départ	21h39	(Chibougamau)	22h27 Départ								
Arrivée	2h26	748 Saint-Félicien	22h17 Arrivée								
Départ	2h36		21h09 Départ								
Arrivée	3h44	795 Chambord	20h59 Arrivée								
Départ	3h54										
Arrivée	4h53	863 Jonquière	20h00 Départ								

Caractéristiques des trains de voyageurs

L'horaire est basé sur l'exploitation de trains de voyageurs dont les caractéristiques sont similaires à celles du tableau ci-dessous.

Tableau 8.5-79 : Caractéristiques des trains de voyageurs

Critère	Écartement normal
Vitesse maximale (km/h)	100
Type de locomotive	SD70 ou l'équivalent
Locomotives/train	1
Voitures/train	3
Trains de voyageurs/semaine (dans les deux sens)	4
Priorité de train	Nil

La composition prévue pour le train de voyageurs est présentée dans le tableau ci-dessous. Les colonnes de droite indiquent la capacité en passagers par voiture et pour l'ensemble du train.

Tableau 8.5-80 : Composition d'un train de voyageurs

Équipement	Quantité	Sièges par voiture	Sièges par train
Locomotive	1	-	-
Voitures	2	74	148
Voiture à groupe électrogène	1	S.O.	S.O.
Total	3	S.O.	148

Inspections des trains avant départ

Les trains subiront les essais et les inspections nécessaires des freins à air aux gares de triage de Waskaganish et de Chapais. Aux points de changement d'équipe de ligne principale, l'équipe qui arrive inspectera visuellement les deux côtés du train, au moment du départ du train.

La locomotive du train de voyageurs de Waskaganish à Jonquière sera inspectée par l'équipe du train sortant à la gare de triage de Waskaganish, les locomotives seront changées à la gare de triage de Chapais, et les inspections avant départ des locomotives seront effectuées à Chapais.

La locomotive du train de voyageurs de Waskaganish à Senneterre sera inspectée par l'équipe du train sortant à la gare de triage de Waskaganish, les locomotives seront changées à la gare triage de Matagami, et les inspections avant départ des locomotives seront effectuées à Matagami.

Ravitaillement des locomotives

La consommation de carburant qui a été calculée pour le trafic voyageurs sur le CFRBD à l'aide du calculateur de performance des trains est résumée ci-dessous :

- Le service entre la gare de Waskaganish et la gare de Matagami (en direction sud) est estimé à 469 litres;
- Le service entre la gare de Matagami et la gare de Waskaganish (en direction nord) est estimé à 463 litres;

Une locomotive dotée d'un réservoir de carburant d'une capacité minimale de 16 000 litres peut effectuer un trajet aller-retour sans se ravitailler en route sur le CFRBD. La locomotive peut effectuer 17 trajets aller-retour sur le CFRBD avant de les ravitailler à la gare triage de Matagami, en supposant que les locomotives du CN ou de VIA sont utilisées pour le reste du trajet vers Senneterre ou Jonquière. Par conséquent, la capacité de ravitaillement en carburant de la ligne principale pour les locomotives de marchandises installées à la gare de triage de Waskaganish peut être utilisée pour le trafic voyageurs. Par contre, si la locomotive du CFRBD est utilisée pour le reste du trajet vers Senneterre ou Jonquière, on peut supposer que le poste de ravitaillement en carburant de la gare de triage de Matagami est suffisant.

Opérations dans les gares

Gare de Waskaganish

La gare de Waskaganish est située à l'extrémité nord du CFRBD, près de l'intersection en T entre la route de Waskaganish et la route Billy Diamond. Elle offre un accès facile aux passagers par la route de Waskaganish. Deux départs sont prévus chaque semaine, un vers Jonquière et un autre vers Senneterre. L'accès des trains de voyageurs à la gare se fait par la ligne principale de CFRBD qui est parallèle à la route Billy Diamond. La gare de Waskaganish se trouve à proximité de la gare de triage de Waskaganish.

Un quai de la longueur d'une locomotive et de trois wagons offre une longueur suffisante pour assurer le trafic voyageurs prévu. Une fois que les passagers ont débarqué, le train entrant demeurera à la gare sur la voie d'évitement pour être inspecté par l'équipe chargée des passagers. L'entretien des trains sera effectué depuis le quai de la gare et terminé au moins une heure avant le départ. L'entretien comprendra le nettoyage des voitures. Il est recommandé de confier ce service à un tiers.

La locomotive entrante sera tournée sur le triangle dans la gare de triage de Waskaganish et garée pendant la nuit sur la voie de stockage des locomotives. Avant le départ, elle sera ramenée sur la voie de la gare voyageurs, attelée aux wagons de voyageurs, et un essai de freins et une inspection avant départ seront effectués sur la voie d'évitement de la gare voyageurs.

Gare de Matagami

La gare de Matagami est située à l'extrémité sud du CFRBD avant la gare de triage de Matagami. Il est prévu que quatre trajets voyageurs passeront par la gare de Matagami chaque semaine :

- Waskaganish à Jonquière
- Jonquière à Waskaganish
- Waskaganish à Senneterre
- Senneterre à Waskaganish

Le train de voyageurs continue sur le réseau du CN et se connecte aux services de VIA Rail, l'un à Senneterre et l'autre à Jonquière, en supposant que le CN accorde au CFRBD des droits de circulation pour le trafic voyageurs.

Gare de Waswanipi

La gare de Waswanipi, entre Grevet et Chapais, est le point le plus proche du chemin de fer, avec une bonne liaison routière (route 113) vers la communauté de Waswanipi. Deux trajets sont prévus chaque semaine via la gare de Waswanipi :

- Waskaganish à Jonquière
- Jonquière à Waskaganish

Gare de Chapais

La gare voyageurs de Chapais est située sur la voie ferrée Grevet-Chapais, un peu à l'ouest de la gare de triage de Chapais et au sud de Chapais même. Deux trajets sont prévus chaque semaine via la gare de Chapais :

- Waskaganish à Jonquière
- Jonquière à Waskaganish

L'accès des trains de voyageurs à toutes les gares de la ligne principale se fait à partir d'une voie d'évitement de la ligne principale. Un quai de la longueur d'une locomotive et de trois wagons offre une longueur suffisante pour assurer le trafic voyageur prévu.

8.5.35.4 Matériel roulant du trafic voyageurs

Trains de voyageurs

Les voyageurs seront transportés dans des trains de voyageurs courts à deux voitures. Les wagons de voyageurs ont besoin d'électricité pour l'éclairage, le chauffage et la climatisation et sont normalement tirés par des locomotives voyageurs spéciales qui sont équipées pour fournir cette électricité (appelée « alimentation électrique de service » ou « AES »). Pour réduire le nombre de types de locomotives différents et disposer d'un parc homogène pour un petit chemin de fer, les trains de voyageurs seront tirés par des locomotives de fret (voir la section suivante). Le train de voyageurs comprendra un wagon spécial « groupe électrogène » qui fournira l'énergie nécessaire au fonctionnement du train.

En outre, les responsables du chemin de fer peuvent choisir d'ajouter un wagon à bagages à leurs trains pour transporter des bagages et des objets volumineux tels que des motoneiges, des VTT et des canoës, mais les wagons à bagages n'ont pas été pris en compte dans la présente étude.

Voitures

Un wagon de voyageurs à un seul niveau pour les longues distances est illustré ci-dessous. Le wagon doit être uniquement en classe économique avec une capacité maximale de 74 sièges. Tous les sièges doivent être équipés d'une prise USB ou d'une prise standard. Les voitures doivent être équipées d'au moins deux toilettes et d'une petite zone d'accès où un chariot de restauration peut être rangé et équipé de deux cafetières pour faire du café et du thé, d'un micro-ondes (s'il y a une option de nourriture chaude) et d'une zone de stockage des aliments. Si de la nourriture est offerte, il faudra décider s'il s'agit d'un service en espèces uniquement ou si un terminal de paiement sera disponible pour acheter de la nourriture par carte de crédit ou de débit. Si un terminal de paiement est disponible, les voitures devront être équipées d'une connexion Internet et d'une connexion Wi-Fi, ce qui peut s'avérer difficile dans les endroits reculés où ces trains circuleront. Si les voitures sont équipées du Wi-Fi, le service peut être vendu aux passagers ou inclus dans le prix du billet.

L'hypothèse actuelle est que tous les quais du CFRBD et du CFGC seront bas, de sorte qu'un ascenseur ou un quai à section haute devra être utilisé en conjonction avec une porte de chargement haute, comme illustré à droite, ou une porte normale avec une trappe qui ferme les escaliers, afin d'accueillir les passagers handicapés (fauteuil roulant). Dans l'image ci-dessous, l'autocar est équipé de portes pour les plateformes basses à gauche et les plateformes hautes à droite.



Figure 8.5-127 : Voiture type

Voici les caractéristiques types d'une voiture.

Tableau 8.5-81 : Caractéristiques typiques des voitures

Caractéristiques		Particularités
Nombre d'essieux	4	
Charge d'essieu maximale (tonnes)	15	
Tare (tonnes)	51	
Largeur et hauteur maximales (gabarit de chargement)	Gabarit C de la norme AAR	
Longueur sur les coupleurs (mètres)	26	
Type de bogies	Passagers	
Nombre de sièges	74	
Caractéristiques particulières	• Toiletttes • Office • Wi-fi (en option) • Équipée pour les passagers handicapés (en option)	

Groupe électrogène

Une voiture à groupe électrogène est un véhicule dans lequel est installé un groupe électrogène diesel (« genset ») qui produit de l'électricité pour alimenter les voitures. La voiture à groupe électrogène est généralement construite à partir d'une voiture couverte ou d'une locomotive excédentaire et comprend un ou deux groupes électrogènes (dont un de secours), des réservoirs de carburant, l'équipement de refroidissement et l'appareillage électronique. Les voitures à groupes électrogènes ne sont pas disponibles au niveau commercial et devraient être conçus et assemblés pour le chemin de fer par un tiers.



Figure 8.5-128 : Voiture à groupe électrogène type

Les caractéristiques d'une voiture à groupe électrogène ne sont pas indiquées car elles peuvent varier considérablement, mais on estime que la voiture à groupe électrogène devrait produire environ 300 kW de puissance.

Exigences relatives aux locomotives

Comme indiqué précédemment, les trains de voyageurs seront tirés par des locomotives de marchandises. Les exigences relatives aux locomotives pour les trains de voyageurs sont mentionnées dans la section, 8.5.29 Matériel roulant.

Stratégie d'entretien

La philosophie adoptée pour l'entretien des voitures est celle qui permettra d'obtenir un système sûr, fiable, rentable et attrayant. Ainsi, les activités d'entretien des voitures voyageurs doivent être structurées et programmées de manière à réduire au minimum les perturbations opérationnelles et à obtenir la plus grande disponibilité et capacité du système.

Activités d'entretien : Entretien et nettoyage, Inspection, Entretien préventif, Entretien correctif et révisions.

- L'entretien comprend le remplacement périodique des consommables/fournitures (p. ex. filtres, huiles lubrifiantes, ampoules et accessoires de toilette) et le réglage des pièces à leur position nominale, à la tolérance requise, aux paramètres, au rendement, etc.;
- Le nettoyage couvre le nettoyage intérieur et extérieur des déchets accumulés, de la saleté et de la crasse ainsi que des graffitis et autres nuisances esthétiques;
- L'inspection consiste à vérifier périodiquement les pièces et les sous-systèmes susceptibles de se détériorer et de tomber en panne;
- L'entretien préventif comprend généralement les inspections, l'entretien, les réglages, les tests et le remplacement programmé des composants;
- L'entretien correctif consiste à réparer ou à remplacer les pièces qui ont été endommagées ou qui sont tombées en panne pendant le service ou l'entreposage;
- La révision comprend une série d'activités visant à remettre l'équipement dans un état comme neuf. Dans la mesure du possible, les éléments remplaçables sur place sont échangés, l'élément retiré étant révisé « hors site ». Cela permet de réduire au minimum le temps pendant lequel un véhicule ou un autre sous-système est

indisponible pour le service. Cependant, les grands éléments comme les carrosseries, qui ne se prêtent pas à l'approche de remplacement sur place, nécessiteront le retrait du véhicule hors service.

Pour assurer une coordination et une programmation efficaces des tâches susmentionnées, les tâches de nettoyage, d'inspection, d'entretien et de révision des voitures voyageurs sont attribuées à l'un des cinq groupes d'inspection. Le tableau ci-après identifie ces groupes.

Tableau 8.5-82 : Groupes d'inspection pour l'entretien et la révision des voitures

Indicatif	Fréquence	Tâches types
A	Avant chaque trajet	Test de freinage d'urgence, ramassage des déchets et enlèvement des ordures, vérification de la sécurité des fenêtres, des portes, des compartiments, etc.
B	Journalier	Réapprovisionnement des toilettes et des réserves d'eau, nettoyage humide des sols, aspirateur sur les tapis, etc.
C	Mensuel	Remplissage des fluides de lubrification, des filtres, nettoyage intensif des espaces intérieurs et des extérieurs.
D	Annuel ou biannuel	Joints de freins, profilage des roues, calage des attelages, composants d'usure des bogies, nettoyage intensif des conduits d'air, des sièges, etc.
E	Demi-vie du véhicule	Renouvellement des unités CVCA, des sièges, des tapis, des fenêtres, reconstruction des bogies, des attelages, etc.

Atelier de voitures

L'atelier d'entretien de Matagami pour les wagons de marchandises peut être utilisé pour fournir un service d'entretien adéquat pour le parc de voitures proposé. Cela permettra de partager les machines et le personnel d'entretien pour entretenir les wagons de marchandises et le parc de voitures.

8.5.35.5 EVF

Comme le transport ferroviaire des voyageurs comprend deux trains hebdomadaires au départ de Waskaganish, la détérioration progressive de la structure de la voie que cela entraîne est minime. L'effort d'entretien de la voie dépend généralement du nombre de tonnes brutes de trafic circulant sur la ligne, et les faibles charges à l'essieu et les courtes longueurs de train par rapport aux trains de marchandises se traduisent par un faible nombre de tonnes brutes pour le nombre de trains.

Compte tenu de ce qui précède, il est considéré que le volume de travail supplémentaire pour le service de l'EVF résultant de l'exploitation de ces trains de voyageurs sera insignifiant et inséparable de l'entretien général nécessaire pour soutenir les opérations de transport de marchandises.

8.5.35.6 Dotation en personnel des services voyageurs

Personnel de gestion

Le responsable du trafic voyageurs rend compte au directeur des transports qui, à son tour, rend compte au directeur de l'exploitation. Le responsable du trafic voyageurs aura les subordonnés directs suivants :

- Surintendant du trafic voyageurs
- Coordonnateur de trains de voyageurs

- Responsable de l'exploitation des gares
- Responsable des services à bord

Le titulaire du poste de surintendant du trafic voyageurs aura un double rapport hiérarchique avec le responsable des services voyageurs et le responsable des transports. Sous la responsabilité directe du surintendant du trafic voyageurs, un coordonnateur de trains de voyageurs sera chargé de faire respecter les règles par les équipes responsables des services voyageurs. Le coordonnateur de trains de voyageurs sera situé à Waskaganish.

Le responsable de l'exploitation des gares, situé à Waskaganish, sera responsable de l'exploitation des gares des chemins de fer Billy Diamond et Grevet-Chapais.

Le responsable des services à bord aura sous ses ordres des membres du personnel de bord. Le responsable des services à bord sera également responsable de la sous-traitance des fournitures et services ferroviaires.

Le tableau suivant illustre les postes de superviseurs pour les services voyageurs par emplacement de la gare. Ces postes correspondent à une semaine de 5 jours dans la communauté de Waskaganish et ne seraient pas remplacés lorsque le personnel est en vacances.

Tableau 8.5-83 : Personnel de supervision du trafic voyageurs

Poste	Gare de Matagami	Communauté de Waskaganish	Gare de Waskaganish	Gare de Waswanipi	Gare de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Surintendant du trafic voyageurs		1				1
Coordonnateur de trains de voyageurs		1				1
Responsable de l'exploitation des gares		1				1
Responsable des services à bord		1				1
Total des équivalents temps plein requis						4

Personnel des trains de voyageurs

Les trains de voyageurs auront deux classes de personnel à bord. Le personnel d'exploitation responsable de l'exploitation du train et le personnel de service à bord responsable des services voyageurs et de la perception des recettes.

L'équipe d'exploitation des trains de voyageurs se compose d'un conducteur de train et d'un assistant. Le conducteur du train et son assistant ne seront responsables que du respect des règles d'exploitation et de la sécurité du train.

Le personnel de service à bord sera responsable des soins et de la sécurité des passagers. Le personnel de service à bord sera basé dans les gares de Waskaganish et de Chapais.

Le tableau suivant illustre les besoins en personnel de service à bord par emplacement de gare.

Tableau 8.5-84 : Personnel de service à bord

Poste	Gare de Matagami	Gare de Waskaganish	Gare de Waswanipi	Gare de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Personnel de service à bord		2		1	3
Total des équivalents temps plein requis					3

Le nombre total d'employés de service de bord requis est de 3.

Personnel de gare

En raison du nombre limité de trains de voyageurs réguliers, les gares ne doivent pas nécessairement être ouvertes en tout temps. Les heures d'ouverture des gares doivent correspondre aux horaires des trains de voyageurs.

Le nombre recommandé d'employés par gare est le suivant :

Tableau 8.5-85 : Personnel de gare

Poste	Gare de Matagami	Gare de Waskaganish	Gare de Waswanipi	Gare de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Personnel de gare	1	1	1	1	4
Total des équivalents temps plein requis					4

Résumé : Dotation en personnel des services voyageurs

Le tableau suivant résume les besoins en personnel pour les services voyageurs.

Tableau 8.5-86 : Résumé de la dotation en personnel des services voyageurs

Poste	Gare de Matagami	Communauté de Waskaganish	Gare de Waskaganish	Gare de Waswanipi	Gare de Chapais	Total des équivalents temps plein requis
Surintendant du trafic voyageurs		1				1
Coordonnateur de trains de voyageurs		1				1
Responsable de l'exploitation des gares		1				1
Responsable des services à bord		1				1
Personnel du service à bord			2		1	3
Personnel de gare	1		1	1	1	4
Membres de l'équipe de train			2			2
Total des équivalents temps plein requis						13

8.5.36 Calendrier de construction

8.5.36.1 Points d'accès

En raison de la situation géographique du chemin de fer, il sera nécessaire de construire des routes d'accès comme proposé dans le tableau ci-dessous pour permettre la mobilisation des équipes de construction à partir d'endroits qui ne sont pas accessibles dans les conditions actuelles. Des routes d'accès permettront un accès indépendant pendant la construction de chaque section. Les routes d'accès devront être entretenues pendant plusieurs saisons au cours de la construction, étant donné le calendrier pluriannuel des travaux. Après la construction, ces routes seront conservées pour permettre l'accès à la voie ferrée à des fins d'entretien.

D'une manière générale, la stratégie générale pour l'emplacement et la construction des routes d'accès est la suivante :

1. Installer des points d'accès tous les 10 à 15 km le long de chaque future ligne de chemin de fer (chemins de fer de la route Billy Diamond et de Grevet-Chapais).
2. Pour atteindre ces points d'accès, la préférence a été donnée aux chemins forestiers existants afin d'éviter la construction coûteuse de nouveaux chemins. Lorsque des chemins forestiers existants sont utilisés, deux types d'améliorations sont apportés :
3. Amélioration mineure d'une route forestière existante – léger revêtement de la route, un peu de débroussaillage.
4. Amélioration majeure de la route forestière existante – resurfacement de la route, déboisement important, élargissement de la route de 3 à 5 mètres.

Tableau 8.5-87 : Catégories de routes d'accès temporaires

Catégories de routes d'accès temporaires	Description	CFRBD Longueur totale	CFGC Longueur totale
Construction d'une nouvelle route	Construction d'une nouvelle route (Greenfield)	0,3 km	0 km
Amélioration mineure d'une route forestière existante	Revêtement léger des routes, débroussaillage	3,0 km	57,7 km
Amélioration majeure d'une route forestière existante	Débroussaillage important, revêtement routier, élargissement de la route de 3 à 5 m	0,2 km	58,9 km

Tableau 8.5-88 : Numéro et emplacement des routes d'accès temporaires

	Chemin de fer le long de la route Billy Diamond	Chemin de fer Grevet-Chapais
Nombre de points d'accès	28	15
PK des points d'accès	2,33	123,85
	8,15	127,97
	17,63	137,06
	29,20	146,70
	40,20	173,41
	46,05	187,80
	59,14	209,58
	72,25	214,75
	76,91	224,59
	85,27	235,90
	90,95	245,82
	99,88	251,67
	110,34	263,04
	120,43	270,06
	128,66	273,93
	141,43	
	151,37	
	160,24	
	171,02	
	180,01	
	187,03	
	198,36	
	207,85	
	218,70	
	229,12	
	235,76	
	243,89	
	252,50	

8.5.36.2 Besoins en main-d'œuvre, fluctuations et mobilisation/démobilisation

Les équipements nécessaires à la phase de construction seront transportés par route et par rail jusqu'à Matagami. Des efforts seront déployés pour obtenir le plus de main-d'œuvre possible des communautés crieuses environnantes et de l'ensemble du Québec. De nombreuses équipes seront nécessaires aux différentes étapes du projet proposé, notamment pour les travaux de terrassement et la construction des ponts, en raison de l'important volume de matériaux nécessaires au déblai/remblai et des fenêtres de travail environnementales restreintes aux points de franchissement des cours d'eau.

Les fluctuations des besoins en main-d'œuvre seront saisonnières, car il y aura peu de construction pendant tout l'hiver, mais les activités augmenteront rapidement entre le 1er avril et le 1er octobre de chaque année. Néanmoins, une partie de la main-d'œuvre devra être conservée, car certaines activités de construction, notamment les travaux de charpente métallique pour les ponts, tant en atelier que sur site, peuvent se prolonger au-delà du 1er octobre. Il est également prévu que la majeure partie de l'équipement de l'entrepreneur reste sur place pendant tout l'hiver afin de réduire les coûts de mobilisation/démobilisation et le temps nécessaire pour ces activités. Bien que le

nombre de personnel pour chaque activité de construction n'ait pas encore été confirmé, la liste ci-dessous donne une indication des différents postes nécessaires pour la construction du chemin de fer proposé.

1. Gestion de projet, administration et équipe de conception
2. Entrepreneur :

Débroussaillage et essouchage

- a. Arpenteurs
- b. Opérateurs de bulldozer
- c. Opérateurs de chargeuses frontales
- d. Conducteur de camion-benne
- e. Opérateurs de racleurs
- f. Routiers

Terrassement

- a. Opérateurs d'excavateurs
- b. Opérateurs de chargeuses frontales
- c. Opérateurs de bulldozer
- d. Conducteurs de camion-benne
- e. Opérateur de niveleuse
- f. Opérateur de rouleau
- g. Routiers
- h. Installation de la voie
- i. Opérateurs de niveleuse
- j. Opérateurs de machines de pose de voies ferrées
- k. Routiers
- l. Opérateurs de camion-benne
- m. Opérateurs de chargeuses frontales
- n. Installation de ponceau
- o. Opérateurs de grue
- p. Opérateurs du rouleau
- q. Construction de pont

8.5.36.3 Chaînes d'approvisionnement potentielles et stratégie pour maximiser les achats locaux

La maximisation de l'approvisionnement local en biens et services pour la construction doit être un élément clé de l'évaluation des offres. L'utilisation des capacités existantes des entreprises locales aura un impact positif immédiat sur les communautés et les employés qui travaillent dans ces entreprises, ainsi qu'un impact à plus long terme en donnant à ces entreprises les outils dont elles ont besoin pour se développer. En règle générale, lors du choix d'un fournisseur pour un projet de construction, c'est le soumissionnaire le plus bas qui est retenu. Toutefois, il peut s'avérer nécessaire, dans ce cas, de revoir la procédure de passation de marchés :

- Adaptation de la pondération dans l'évaluation des offres qui donne des points aux entreprises locales.
- Modification des procédures de paiement pour satisfaire les préférences des entreprises locales.
- Restrictions de l'accès à certains biens de manière à ce que seules les entreprises locales puissent les fournir.

- L'allocation de coût jusqu'à un certain pourcentage d'augmentation d'un article particulier devrait être fournie par une entreprise locale.
- Création des lots de travaux plus petits afin qu'ils puissent faire l'objet d'une offre de la part d'entreprises locales plus petites disposant d'une main-d'œuvre moins nombreuse.

8.5.36.4 *Besoins énergétiques pour la phase de construction*

Le fonctionnement continu des équipes de construction dépend d'un approvisionnement continu en carburant. Le carburant sera fourni en fonction de la demande, idéalement par un fournisseur de la région. Le carburant sera stocké dans des réservoirs situés dans les trois zones entourant le projet proposé, ou dans un endroit jugé plus approprié et qui répondra à toutes les exigences environnementales. À partir de ce site, les camions-citernes devront être en mesure de recharger et de distribuer du carburant le long des chantiers de construction.

Sur les chantiers de construction, la plupart des équipements sont alimentés par du carburant diesel. En général, les installations de traitement des combustibles sont équipées pour traiter de grandes quantités. Les demandes d'essence ordinaire étant généralement négligeables, il est courant de laisser la responsabilité du stockage de l'essence à chaque entrepreneur en fonction de ses besoins.

8.5.36.5 *Besoins en matériaux, exploitation de carrières/emprunts, délais et autorisations (y compris la remise en état des sites à la fin des travaux)*

Les équipements nécessaires à la phase de construction du projet seront transportés par route et par rail jusqu'à Matagami. Bien que la majorité des matériaux provienne de la province de Québec, pour minimiser les coûts de mobilisation et les retards, certains éléments à long délai de livraison, tels que les rails, devront être achetés dans le reste du Canada ou aux États-Unis. Les équipements lourds, tels que les excavateurs et les bulldozers, ainsi que d'autres petits équipements non mobiles, seront transportés sur le chantier à l'aide de remorques à plateau et de camions à plateau. Des équipements mobiles, conformes au code de la sécurité routière, seront conduits sur le site de construction. La période de mobilisation sera conforme au calendrier de construction.

8.5.36.6 *Besoins en matière de génie civil et de gestion de projet*

Compte tenu de l'ampleur du projet proposé, de nombreuses disciplines d'ingénierie seront nécessaires avant, pendant et après la construction. Avant la construction, pendant la phase de conception, il sera nécessaire de faire appel à des ingénieurs civils spécialisés dans un large éventail de disciplines, notamment la géotechnique, l'hydrologie, la structure et l'environnement.

Il est prévu qu'un ingénieur du propriétaire (IP) soit nécessaire. Ce rôle est d'une importance cruciale tout au long du cycle de vie du projet proposé, car il agira en tant que représentant du propriétaire pour toutes les questions liées à la construction. Dans la plupart des cas, un représentant de l'IP est présent sur le site pour suivre l'avancement des travaux de construction et fournir au propriétaire des mises à jour quotidiennes ou hebdomadaires. Sur la base de ces ingénieurs de l'IP sur place, l'IP est alors en mesure de s'assurer que l'entrepreneur respecte le budget et le calendrier et peut faire part de ses préoccupations éventuelles. En outre, si le contractant demande des modifications, l'IP évaluera la demande et l'acceptera ou la refusera.

Outre les besoins en ingénierie, il y aura également certains besoins en gestion de projet au cours du cycle de vie du projet proposé. Quelle que soit la discipline, chaque aspect du projet proposé devra garantir le respect du champ d'application et du budget. Il sera également important que les ressources soient gérées correctement, en

particulier pendant la construction, car les besoins en main-d'œuvre varieront fortement en fonction de la saison. Les gestionnaires de projet des différentes disciplines devront également veiller à ce que tous les risques identifiés avant ou pendant la construction soient correctement atténués et gérés. Enfin, il sera nécessaire d'apporter un soutien supplémentaire à un large éventail de professions, notamment dans les domaines de la comptabilité, de la finance, du droit, de la réglementation, etc. Il sera donc essentiel que la collaboration entre ces disciplines soit maintenue afin de minimiser les retards éventuels.

8.5.36.7 Délais, calendriers et principaux critères de référence

Lors de la création du calendrier de construction, quatre types d'horaire de travail ont été créés comme décrit ci-dessous. Pendant la construction, il est prévu que les travaux soient effectués sept jours par semaine et que les équipes tournantes travaillent deux semaines chacune en alternance. Bien que de nombreuses activités relèvent de plusieurs types d'horaires, elles ne seront soumises qu'à l'horaire le plus restrictif. En outre, tous les horaires ci-dessous respecteront les deux activités culturelles crie au cours desquelles aucun travail n'aura lieu;

Pause de l'oie, deux semaines : fin avril, début mai.

Pause orignal, une semaine : mi-octobre.

Les quatre types d'horaire sont les suivants :

1. Activités limitées par la période de frai des poissons (16 septembre au 14 juillet) :
 - a. Travaux de sous-structure du pont (terrassement, fondation [pieux], bétonnage des culées et des piles)
 - b. Ponceaux
 - c. Semaine de travail de sept jours
2. Activités limitées par la période de nidification des oiseaux migrateurs (du 23 avril au 15 août) :
 - a. Déboisement et essouchement du site (y compris coupe de bois)
 - b. Décapage de la terre végétale
 - c. Semaine de travail de sept jours
3. Activités limitées par l'hiver (du 1er octobre au 1er avril) :
 - a. Travaux de terrassement (à l'exclusion du préchargement)
 - b. Ponceaux
 - c. Semaine de travail de sept jours
4. Activités de construction régulières
 - a. Aménagements spéciaux de la voie
 - b. Superstructure de ponts
 - c. Semaine de travail de sept jours

Le calendrier de construction s'aligne également sur le modèle économique pour toutes les activités préalables à la construction, comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 8.5-89 : Calendrier des activités de construction

Activité	Durée de l'activité (mois)
Construction d'une nouvelle route	28
Activité	9
Étude de faisabilité	32
Période de révision du projet/ approvisionnement EIE/ géotechnique/ LIDAR	9
Étude EIE/ accords/ acquisition de terres	12
Période de révision du projet/ approvisionnement CD/ OGP	12
Conception détaillée (CD)	5
Approvisionnement de construction « DP + AO »	12
Communications	5

Contraintes (météorologiques, congés, périodes culturelles crie, environnementales)

Saison de frai des poissons :

- Période de restriction : 16 septembre au 14 juillet
- Période de travail : 15 juillet au 15 septembre

Dans cette région, la période de frai des poissons s'étend du 16 septembre au 14 juillet. Par conséquent, la période de travail autorisée se situe entre le 15 juillet et le 15 septembre. Les travaux de terrassement des ponts et l'installation des ponceaux sont concernés par cette période. Cette période est la plus restrictive, car seuls deux mois de l'année permettent un accès direct à l'eau; en dehors de cette période, aucun travail dans l'eau n'est autorisé.

Oiseaux migratoires :

- Période de restriction : fin avril à la mi-août
- Période de travail : mi-août à la fin avril

Cette période limite toute coupe d'arbres ou déforestation, ce qui affecte principalement les premiers stades de la période de construction du projet proposé, où le défrichement et l'essouchement ont lieu pour les camps des employés, les routes d'accès et la future emprise du chemin de fer. Bien qu'il n'y ait pas de période de restriction pour les travaux dans l'habitat du caribou des bois, la période de restriction pour les oiseaux migrateurs comprend la période de mise bas des caribous, y compris les deux à quatre premières semaines de la vie du petit (estimée entre le 20 mai et le 30 juin).

Période hivernale :

- Période de restriction : 1^{er} octobre au 1^{er} avril
- Période de travail : 2 avril au 30 septembre

La latitude septentrionale de la région entraîne des conditions climatiques rigoureuses pendant la saison hivernale. En raison des basses températures et des chutes de neige intenses pendant les mois d'hiver, certains travaux de construction exposés aux éléments ne pourront pas se poursuivre pendant l'hiver. Ces conditions météorologiques peuvent avoir un impact sur la qualité et l'efficacité de certains types de travaux, alors que d'autres types de travaux

ne seront pas affectés. Par exemple, à ces basses températures, les opérations de remblayage sont presque impossibles en raison de l'humidité présente dans le sol gelé, qui empêche un compactage correct.

Ainsi, le calendrier prévoit une période d'arrêt hivernal pour de nombreuses activités de construction entre le 1^{er} octobre et le 1^{er} avril, jusqu'à ce que les conditions de travail deviennent plus acceptables. En revanche, les travaux impliquant des matériaux préfabriqués, tels que l'excavation de roches, le remblayage et les travaux de charpente, continueront à progresser, car ils ne sont pas affectés par le froid.

8.5.36.8 Stratégie d'atténuation des incidences de la construction

Le plan de construction du projet proposé a été élaboré compte tenu de ses incidences sur l'environnement. Il est donc important que tous les matériaux utilisés et obtenus tout au long du processus de construction soient éliminés ou stockés de manière à minimiser ou à éliminer les impacts négatifs sur l'environnement. Cela s'applique à tous les aspects et sous-systèmes du nouveau chemin de fer.

Une fois que tous les besoins en matériaux auront été satisfaits, les matériaux excavés excédentaires seront éliminés dans le respect de l'environnement.

Comme l'exige le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), la végétation sur les sites de construction sera restaurée, ce qui contribuera à prévenir l'érosion des sols. Ainsi, les matériaux produits ou obtenus pendant les périodes de construction seront éliminés et stockés de manière à minimiser ou à éliminer tout effet négatif possible sur l'environnement.

Dans le plan de construction et la conception des ponts et des ponceaux, la recommandation d'utiliser des fondations préfabriquées et des palplanches protégées évitera de perturber la qualité de l'eau et l'environnement. En outre, la séquence proposée pour les travaux de terrassement favorise particulièrement la réutilisation des matériaux d'excavation dans les zones de remplissage. En outre, la couche supérieure des morts-terrains, qui sera enlevée au début du projet sera stockée, traitée et réutilisée comme sol organique dans toutes les zones de perturbation.

Pour plus de détails sur les stratégies d'atténuation de l'impact de la construction sur les aspects spécifiques tels que la flore, la faune, les zones humides, etc., voir l'Annexe 6.14 – Mesures de protection de l'environnement.

8.5.36.9 Cadre de consultation et suivi

Les consultations avec la communauté crie sont d'une importance vitale tout au long du processus de conception et de construction. Tout comme les consultations régulières de la communauté qui ont eu lieu tout au long de l'étude de faisabilité, les consultations devraient se poursuivre au cours des étapes de la mise en œuvre du projet proposé. Au cours de la phase de conception, il peut être nécessaire d'organiser des réunions/appels récurrents avec diverses parties prenantes, notamment les communautés crie, les villes et municipalités concernées et les utilisateurs potentiels du chemin de fer.

De plus, un plan devrait être créé pour surveiller la construction et fournir aux maîtres de trappage une ligne de contact directe avec le constructeur du chemin de fer, afin que leurs commentaires soient pris en compte. Ce point est essentiel, car le propriétaire et le constructeur du chemin de fer comptent sur les maîtres de trappage pour assurer le respect de toutes les exigences environnementales et sociales.

8.5.36.10 Vente d'actifs de construction excédentaires à des acteurs locaux

Il y aura de nombreux fronts de travail sur une vaste zone, nécessitant beaucoup d'équipements et de machines, ainsi que la construction de certaines infrastructures. Étant donné l'éloignement du projet proposé, on prévoit qu'un pourcentage important de ces machines, équipements, matériaux excédentaires et infrastructures d'appui seront laissés sur place; s'ils peuvent être utilisés dans les communautés traversées par les voies ferrées, cela minimisera les coûts de transport par rapport au retour à l'emplacement d'origine. En voici quelques exemples:

- Le matériel de déboisement et le bois coupé
- Camps de travail dans différents lieux
- Routes d'accès
- Usines de béton coulé en place et préfabriqué
- Usines de fabrication et d'assemblage d'acier

8.5.36.11 Calendrier de construction – chemin de fer de la route Billy Diamond

Cette section présente les dates clés des principales activités de construction du chemin de fer de la route Billy Diamond. Pour une description plus complète, voir l'Annexe 6.13 – Calendrier détaillé de la construction.

Activité	Date de début	Date de fin
Présentation du rapport final de l'étude faisabilité		Février 2023
Examen de l'étude de faisabilité	Février 2023	Octobre 2023
Avis de mise en œuvre (AMO)		Octobre 2023
Activités d'approvisionnement du propriétaire	Octobre 2023	Mars 2024
Approvisionnement du constructeur de voies ferrées	Octobre 2023	Novembre 2025
Conception détaillée	Août 2025	Juillet 2027
Construction	Juillet 2027	Août 2034
Présentation du rapport final de l'étude faisabilité		Février 2023
Examen de l'étude de faisabilité	Février 2023	Octobre 2023

8.5.36.12 Calendrier de construction – Grevet-Chapais

Cette section présente les dates clés des principales activités de construction du chemin de fer de la route Billy Diamond. Pour une description plus complète, voir l'Annexe 6.13 – Calendrier détaillé de la construction.

Activité	Date de début	Date de fin
Présentation du rapport final de l'étude faisabilité		Février 2023
Examen de l'étude de faisabilité	Février 2023	Octobre 2023
Avis de mise en œuvre (AMO)		Octobre 2023
Présentation du rapport final de l'étude faisabilité	Août 2034	Mars 2035
Examen de l'étude de faisabilité		Mars 2035
Activités d'approvisionnement du propriétaire	Octobre 2023	Mars 2024
Approvisionnement du constructeur de voies ferrées	Octobre 2023	Novembre 2025
Conception détaillée	Août 2025	Juillet 2027
Construction	Juillet 2027	Août 2034

8.6 ESTIMATION DES COÛTS

8.6.1 Coûts en capital (CAPEX)

L'objectif de cette estimation des coûts est de fournir des informations sur l'investissement initial nécessaire à la construction des chemins de fer de la route Billy Diamond Phase 1 et Grevet-Chapais. Conformément à la pratique internationale recommandée n° 47R-11 de l'Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE), et sur la base de l'avancement technique de ce projet, il s'agit d'une estimation des coûts de classe 3 avec une précision de +30 %/-20 % pour les besoins en investissements (CAPEX).

8.6.1.1 Secteurs de coûts de construction

Cette section fournit une description et la portée de chaque secteur de coût dans le cadre des estimations des coûts en capital :

- **Travaux de génie civil et de terrassements** : Cette catégorie comprend le coût de la préparation du terrain pour la construction, comme le défrichage et le nivellement du site, l'excavation et le remplissage, et l'installation de systèmes de drainage.
- **Structures** : Cette catégorie comprend le coût de la construction de ponts, de tunnels, de murs de soutènement et de toute autre structure nécessaire à l'exploitation du chemin de fer.
- **Drainage** : Cette catégorie comprend le coût de l'installation de systèmes de drainage, comme des ponceaux et des fossés, pour gérer le ruissellement de l'eau et prévenir l'érosion.
- **Aménagements de la voie** : Cette catégorie comprend le coût des matériaux et de l'installation des voies, du ballast et des composants connexes tels que les traverses, les fixations et les aiguillages.
- **Passages à niveau** : Cette catégorie comprend le coût de la construction de passages à niveau pour les routes, les piétons ou d'autres points de passage à niveau.
- **Signalisation et télécommunications** : Cette catégorie comprend le coût d'installation des systèmes de signalisation et de communication, nécessaires à l'exploitation sûre et efficace des trains sur le chemin de fer.
- **Bâtiments et gares** : Cette catégorie comprend le coût de la construction des gares, des installations administratives et des autres bâtiments nécessaires à l'exploitation du chemin de fer.

- **Ateliers d'entretien et zones d'entreposage des matériaux** : Cette catégorie comprend le coût de la construction des ateliers d'entretien, des entrepôts et des zones d'entreposage des matériaux et des équipements.
- **Protection environnementale** : Cette catégorie comprend le coût de la protection de l'environnement, comme la préservation des habitats de la faune et de la flore, la réduction des émissions ou la lutte contre les risques potentiels.
- **Coûts des terrains** : Cette catégorie comprend le coût d'acquisition des terrains nécessaires à la construction du chemin de fer.
- **Services GAGC** : GAGC est l'abréviation pour Génie, Approvisionnement et Gestion de la construction. Cette catégorie comprend le coût de l'embauche d'une société GAGC pour fournir des services techniques, d'approvisionnement et de gestion de projet pour la construction du chemin de fer. Ces services peuvent inclure la planification du projet, la conception, l'approvisionnement, la gestion de la construction, la mise en service et les services de démarrage.
- **Coûts de construction indirects** : Cette catégorie comprend les coûts qui ne sont pas directement liés à la construction du chemin de fer, comme la gestion du projet, les permis et les approbations, les assurances et les frais juridiques. Ces coûts sont nécessaires pour mener à bien le projet de construction.
- **Coûts du propriétaire** : Cette catégorie comprend les coûts encourus par le propriétaire du chemin de fer, tels que le coût du financement du projet, les coûts imprévus et les autres coûts associés à la propriété et à l'exploitation du chemin de fer. Ces coûts ne sont pas directement liés à la construction du chemin de fer, mais sont nécessaires à son exploitation et à son entretien une fois qu'il est construit.

8.6.1.2 Coûts de construction du chemin de fer

L'estimation des coûts comprend le coût de la construction d'une voie ferrée de 1,4 m (56½ po), conçue sur la base des recommandations de l'AREMA, y compris les différents sous-systèmes qui seront décrits dans les sections suivantes. Les quantités et les coûts unitaires développés par le consultant représentent le degré de précision requis pour l'étude de faisabilité. Le Tableau 8.6-1 et le Tableau 8.6-2 ci-dessous résument les coûts en capital global par secteur. La devise de base de l'estimation est le dollar canadien, et tous les coûts sont exprimés en millions de dollars de 2022.

Tableau 8.6-1 : Coûts en capital pour la construction de la phase 1 B du CFRBD par secteur (en millions de dollars canadiens)

Sector	Coût total	Contingence	Coûts du client	Études et permis	Organisation de chantier	Coûts de construction
Travaux civil et terrassement	618 \$	103 \$	515 \$	17 \$	69 \$	429 \$
Structures	278 \$	46 \$	231 \$	8 \$	31 \$	193 \$
Drainage	91 \$	15 \$	76 \$	3 \$	10 \$	63 \$
Travaux de voie	1,085 \$	181 \$	905 \$	30 \$	121 \$	754 \$
Surface de passage à niveau	3 \$	0 \$	2 \$	0 \$	0 \$	2 \$
Signalisation & télécommunications	15 \$	2 \$	12 \$	0 \$	2 \$	10 \$
Bâtiments et gares de voyageurs	39 \$	7 \$	33 \$	1 \$	4 \$	27 \$
Dépôts et zones de stockage	62 \$	10 \$	52 \$	2 \$	7 \$	43 \$
Protection environnementale	6 \$	1 \$	5 \$	0 \$	1 \$	4 \$
Matériel roulant	54 \$	9 \$	45 \$	2 \$		43 \$
Total	2 251 \$	375 \$	1 876 \$	63 \$	244 \$	1 569 \$

Tableau 8.6-2 : Coûts en capital pour la construction du chemin de fer Grevet-Chapais par secteur.

Sector	Coût total	Contingence	Coûts du client	Études et permis	Organisation de chantier	Coûts de construction
Génie civil et terrassement	296 \$	49 \$	246 \$	8 \$	33 \$	205 \$
Structures	130 \$	22 \$	109 \$	4 \$	14 \$	91 \$
Drainage	26 \$	4 \$	22 \$	1 \$	3 \$	18 \$
Travaux de voie	704 \$	117 \$	586 \$	20	78 \$	489 \$
Surface de passage à niveau	1 \$	0 \$	1 \$	0 \$	0 \$	1 \$
Signalisation & Télécommunications	16 \$	3 \$	13 \$	0 \$	2 \$	11\$
Bâtiments et gares de voyageurs	7 \$	1 \$	6 \$	0 \$	1 \$	5 \$
Dépôts et zones de stockage	27 \$	4 \$	22 \$	1 \$	3 \$	19 \$
Protection environnementale	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
Matériel roulant	24 \$	4 \$	20 \$	1 \$		19\$
Total	1 231 \$	205 \$	1 026 \$	34 \$	134 \$	857 \$

8.6.1.3 Déplacement des routes existantes et construction de routes d'accès

Les tableaux ci-dessous indiquent le coût de construction de diverses routes d'accès aux communautés et de la Route du Nord, qui seront nécessaires à la construction des chemins de fer de la route Billy Diamond et Grevet-Chapais.

Tableau 8.6-3 : Coûts en capital pour la construction des quatre voies d'accès communautaires par secteur

Sector	Coût total	Contingence	Coûts du client	Études et permis	Coûts de construction	Coût total
Organisation du chantier	164 \$	27 \$	137 \$	5 \$	16 \$	116 \$
Terrassements	69 \$	11 \$	57 \$	2 \$	7 \$	49 \$
Chaussée et revêtement	357	60 \$	298 \$	10 \$	35 \$	252 \$
Ouvrages de drainage et d'ingénierie	69 \$	12 \$	58 \$	2 \$	7 \$	49 \$
Signalisation	5 \$	1 \$	4 \$	0 \$	0 \$	3 \$
Travaux divers	26 \$	4 \$	21 \$	1 \$	3 \$	18 \$
Organisation du chantier	1 \$	0 \$	1 \$	0 \$	0 \$	1 \$
Terrassements	2 \$	0 \$	1 \$	0 \$	0 \$	1 \$
Sous-total	691 \$	115 \$	576 \$	20 \$	68 \$	488 \$

Tableau 8.6-4 : Coûts en capital pour la construction de la Route du Nord par secteur

Sector	Coût total	Contingence	Coûts du client	Études et permis	Coûts de construction	Coût total
Organisation du chantier	190 \$	32 \$	158 \$	5 \$	19 \$	134 v
Terrassements	61 \$	10 \$	51 \$	2 \$	6 \$	43 \$
Chaussée et revêtement	511 \$	85 \$	426 \$	14 \$	50 \$	361 \$
Ouvrages de drainage et d'ingénierie	114 \$	19 \$	95 \$	3 \$	11 \$	81 \$
Signalisation	5 \$	1 \$	5 \$	0 \$	1 \$	4 \$
Travaux divers	43 \$	7 \$	36 \$	1 \$	4 \$	30 \$
Organisation du chantier	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
Terrassements	3 \$	0 \$	2 \$	0 \$	0 \$	2 \$
Sous-total	927 \$	155 \$	773 \$	26 \$	92 \$	655 \$

8.6.2 Capital de maintien

Le capital de maintien comprend les coûts permanents associés à l'entretien et à la mise à niveau de l'infrastructure et de l'équipement existants d'une compagnie ferroviaire. Ces coûts sont nécessaires pour assurer la sécurité, la fiabilité et l'efficacité de l'exploitation du chemin de fer et comprennent les dépenses suivantes :

- Remise en état des équipements existants : Il s'agit notamment de mettre à niveau ou de remplacer les anciens équipements lorsqu'ils atteignent la fin de leur vie utile.
- Remise en état des infrastructures existantes : Cela peut inclure l'entretien des voies, des ponts et des gares, ainsi que la modernisation des systèmes de signalisation et autres équipements de sécurité.
- Réfections pour améliorer la sécurité, l'efficacité et la capacité : Il peut s'agir d'investissements visant à améliorer la sécurité, l'efficacité et la capacité des chemins de fer, comme la modernisation des systèmes de signalisation, l'ajout de nouvelles voies ou l'agrandissement des gares pour accueillir davantage de passagers.

La devise de base de l'estimation du capital de maintien est le dollar canadien, et tous les coûts sont exprimés en dollars de 2022.

8.6.2.1 CFRBD

Le Tableau 8.6-5 ci-dessous présentent un résumé du capital de maintien par secteur de coût sur un horizon de 30 ans pour le CFRBD.

Tableau 8.6-5 : Coûts en capital de maintien du CFRBD, en million de dollars canadiens.

Secteur	2044	2049	2054	2059
Travaux de génie civil et de terrassement	- \$	- \$	26,22 \$	- \$
Passages à niveau	- \$	- \$	- \$	2,90 \$
Signalisation et télécommunications	- \$	14,96 \$	- \$	- \$
Bâtiments et gares	0,14 \$	- \$	0,14 \$	12,55 \$
Dépôts et zones de stockage	0,04 \$	- \$	0,04 \$	22,63 \$
Total	0,18 \$	14,96 \$	26,38 \$	38,08 \$

Comme on peut le constater dans le tableau ci-dessus, aucun capital de maintien n'est prévu pour les travaux de voie et le matériel roulant. En effet, le trafic prévu ne justifie pas le remplacement des éléments de voie ou du matériel roulant avant 2064. Les coûts d'entretien régulier de ces éléments sont inclus dans les frais d'exploitation.

8.6.2.2 Chemin de fer Grevet-Chapais

Le Tableau 8.6-6 ci-présente un résumé du capital de maintien par secteur de coût sur un horizon de 30 ans pour le chemin de fer Grevet-Chapais.

Tableau 8.6-6 : Coûts en capital de maintien pour le chemin de fer Grevet-Chapais. Tous les coûts sont en millions CAD.

Secteur	2044	2049	2054	2059
Travaux de génie civil et de terrassement	- \$	- \$	- \$	- \$
Passages à niveau	- \$	- \$	- \$	- \$
Signalisation et télécommunications	- \$	- \$	1,49 \$	- \$
Bâtiments et gares	- \$	15,58	- \$	- \$
Dépôts et zones de stockage	0,04 \$	- \$	0,64 \$	11,89 \$
Total	0,04 \$	15,58\$	2,13 \$	11,89 \$

8.6.2.3 Routes d'accès aux communautés et Route du Nord

Le Tableau 8.6-7 ci-dessous présente un résumé des coûts de maintien par secteur de coût sur un horizon de 30 ans pour les routes d'accès aux communautés et la Route du Nord.

Tableau 8.6-7 : Coûts en capital de maintien des routes d'accès aux communautés.

Secteur	2044	2049	2054	2059
Structure des chaussées	0,82 \$	0,06 \$	32,90 \$	0,06 \$
Terrassement	3,35 \$	--	3,35 \$	--
Total	4,17 \$	0,06 \$	36,25 \$	0,06 \$

Tableau 8.6-8 : Coûts en capital de maintien de la route du Nord.

Secteur	2044	2054	2059
Structure des chaussées	1,20	0,08	48,03
Terrassement	4,88	-	4,88
Total	6,08 \$	0,08 \$	52,91\$

8.6.3 Frais d'exploitation

Les coûts d'exploitation des chemins de fer peuvent être répartis en quatre catégories clés :

1. Coûts d'entretien des infrastructures : cela comprend le coût de l'entretien courant des voies, des gares, des structures et des autres infrastructures nécessaires à l'exploitation du chemin de fer.
2. Coûts d'entretien des équipements : cela comprend le coût de l'entretien des locomotives, des wagons et des autres équipements ferroviaires.
3. Frais de personnel : il s'agit des coûts d'embauche et de formation des nouveaux employés, ainsi que des coûts de main-d'œuvre permanents tels que les salaires et les avantages sociaux.
4. Coûts énergétiques : il s'agit du coût du carburant et de l'électricité nécessaires à l'exploitation du chemin de fer.

8.6.3.1 Entretien de la voie et des infrastructures

Les coûts d'exploitation annuels de la voie ferrée sont liés aux inspections, en particulier aux voitures de contrôle de l'état géométrique de la voie et aux véhicules de contrôle par ultrasons, ainsi qu'au meulage des rails et à l'entretien du ballast. L'acquisition d'une voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie et d'une voiture de détection des défauts du rail (par ultrasons) a été envisagée, mais leur achat n'est pas recommandé. Ces machines sont des équipements spécialisés qui nécessitent des opérateurs qualifiés affectés à des travaux d'entretien spécialisés des voies. Ces deux activités seront donc sous-traitées.

En outre, les ponts et les ponceaux devront faire l'objet d'une inspection sommaire chaque année et d'une inspection détaillée tous les cinq ans. Cette activité sera également sous-traitée.

La plupart des activités d'entretien courants seront réalisées par le personnel d'entretien permanent du chemin de fer. Ces activités comprendront l'inspection des voies et divers éléments liés à l'entretien correctif mineur, tels que le bourrage ponctuel et le nivellement, ainsi que l'entretien de la végétation de l'emprise. Les détails de ces activités sont abordés à la section 8.5.32.

La figure suivante présente la variation des flux de trésorerie des frais d'exploitation pour l'entretien des voies et des infrastructures, y compris les salaires du personnel, ainsi que les activités sous-traitées.

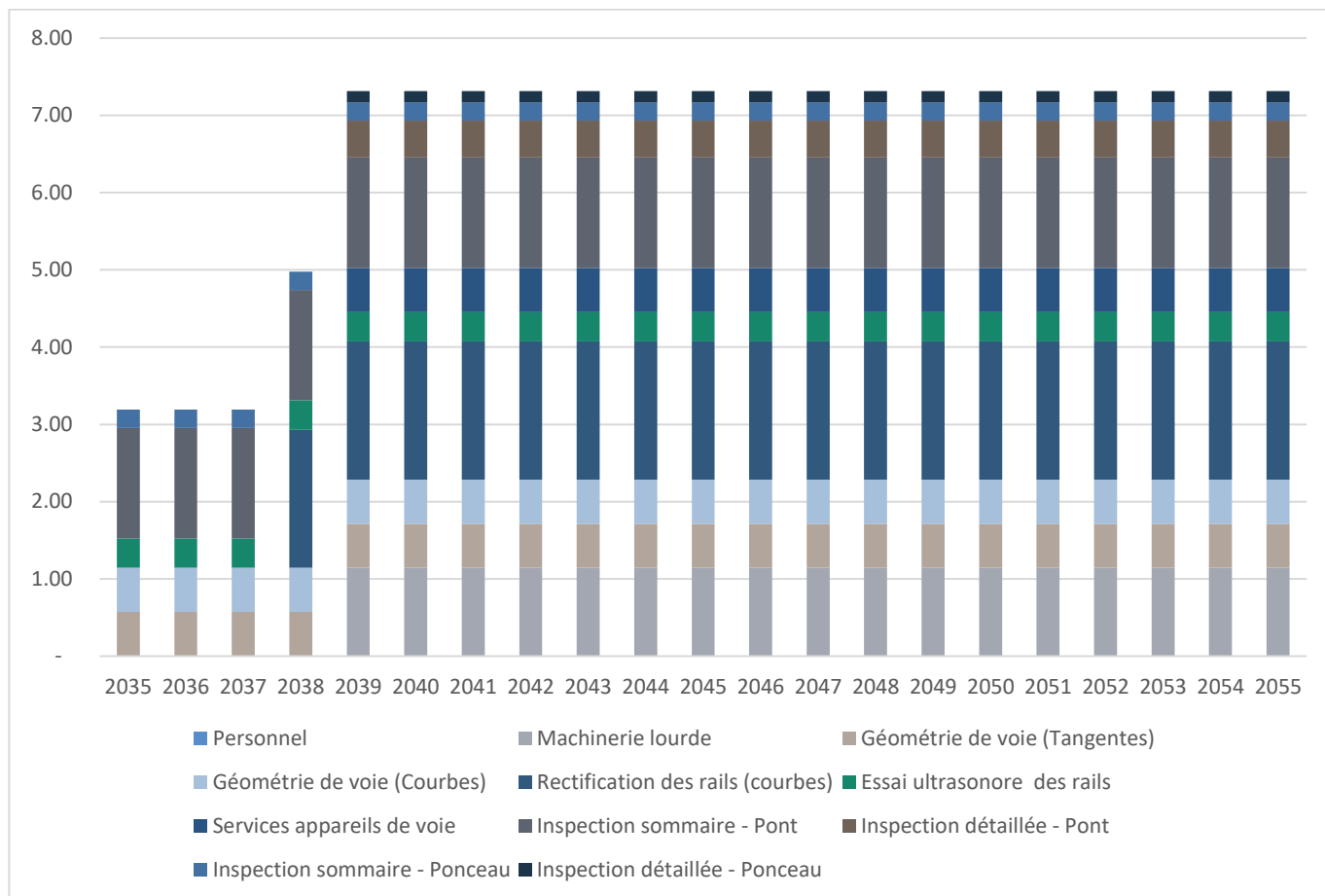


Figure 8.6-1 : Frais d'exploitation de la voie et des infrastructures M\$2022

Les coûts annuels totaux estimés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.6-9 : Frais d'exploitation de la voie et des infrastructures

Année d'exploitation	Coûts annuels (CAD)
1 à 4	3.19 M\$
5 à 30	7.31 M\$

8.6.3.2 Entretien du matériel roulant

La Figure 8.6-2 ci-dessous présente un résumé des flux de trésorerie liés à l'entretien du matériel roulant. Alors que les coûts d'entretien annuels devraient rester pratiquement constants, tous les 6 et 12 ans, les locomotives nécessiteront une révision mineure et une révision majeure, ce qui explique pourquoi les coûts pour ces années seront plus élevés.

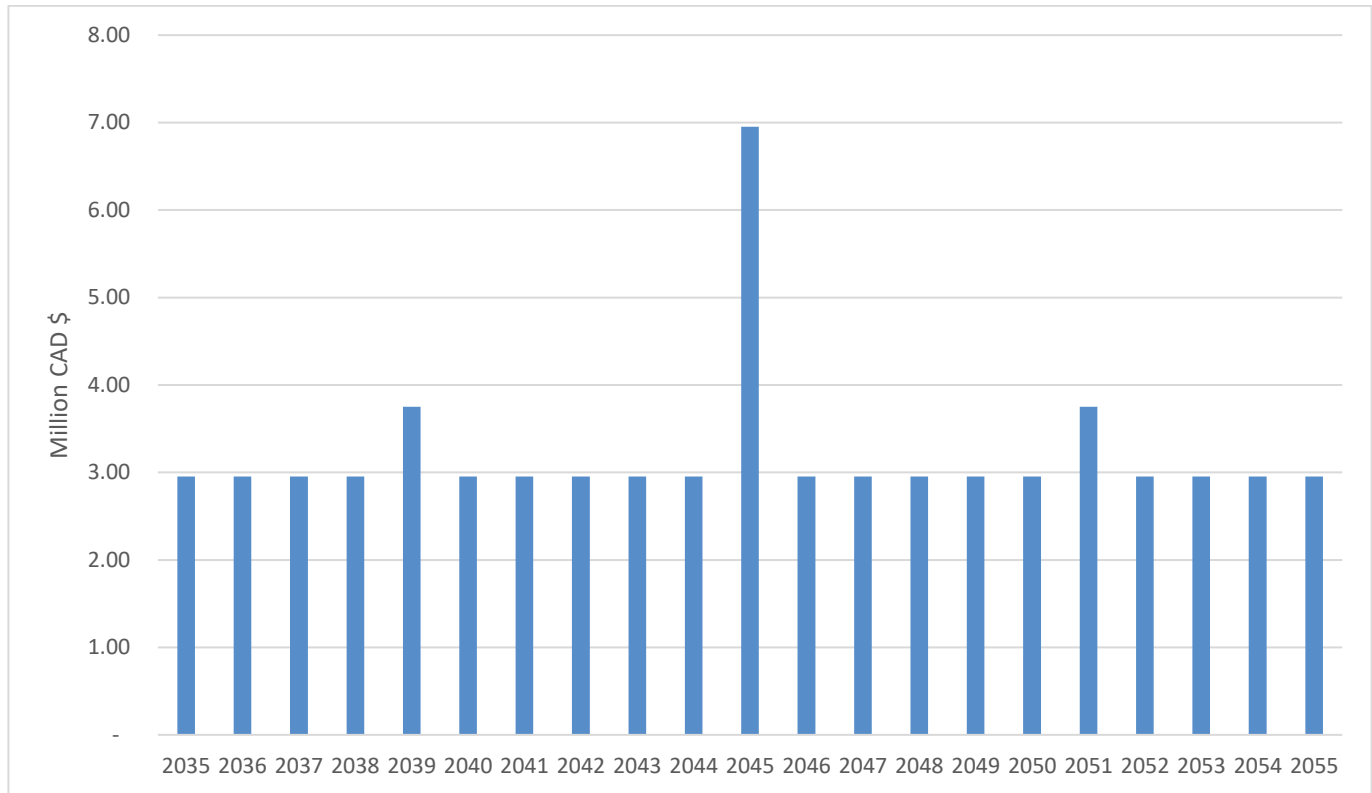


Figure 8.6-2 : Coût d'entretien du matériel roulant

Les activités de construction du projet commenceront en avril 2028 et se dérouleront sur une période de cinq ans, les dernières activités devant être achevées en mars 2033.

La méthodologie utilisée pour développer les flux de trésorerie nets était de corrélérer le calendrier de construction avec l'estimation des coûts réalisée, afin de fournir les flux de trésorerie nets sur la période de construction. La série d'activités a été regroupée afin d'accroître l'efficacité de la construction et d'achever le projet proposé dans les délais les plus brefs possibles, de manière à ce que les activités puissent commencer. Le nivellement des ressources et l'analyse du coût du temps ont été effectués en déplaçant les activités non critiques du calendrier dans leur marge de flexibilité afin d'obtenir un meilleur profil de ressources pour atteindre des jalons spécifiques au coût le plus bas. Les flux de trésorerie nets sont ceux utilisés dans le modèle financier pour calculer les différents paramètres économiques en relation avec la faisabilité globale du projet.

Les distributions de flux de trésorerie associées au CFRBD, au chemin de fer Grevet-Chapais, aux routes d'accès aux communautés et à la Route du Nord pendant la période de construction sont présentées dans les figures ci-dessous.

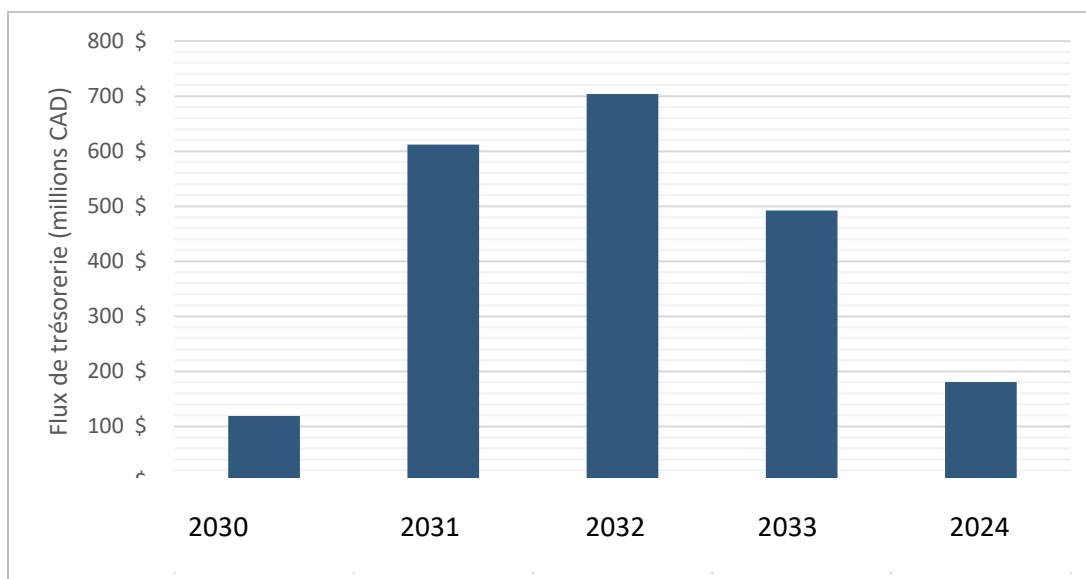


Figure 8.6-3 : Flux de trésorerie pour la construction du CFRBD. Tous les coûts sont en millions CAD.

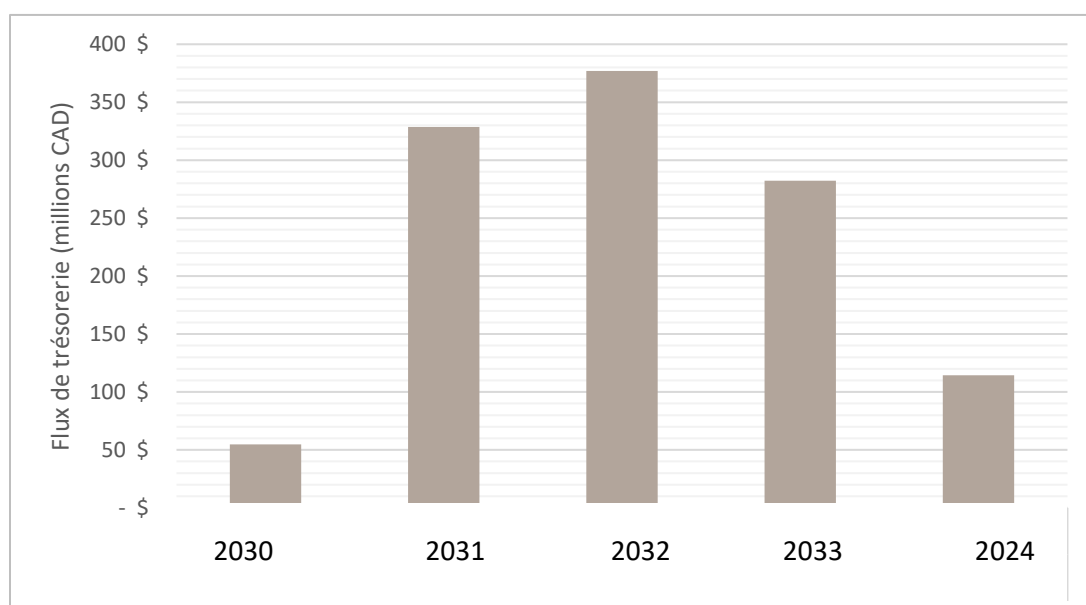


Figure 8.6-4 : Flux de trésorerie pour la construction du chemin de fer Grevet-Chapais
Tous les coûts sont en millions CAD

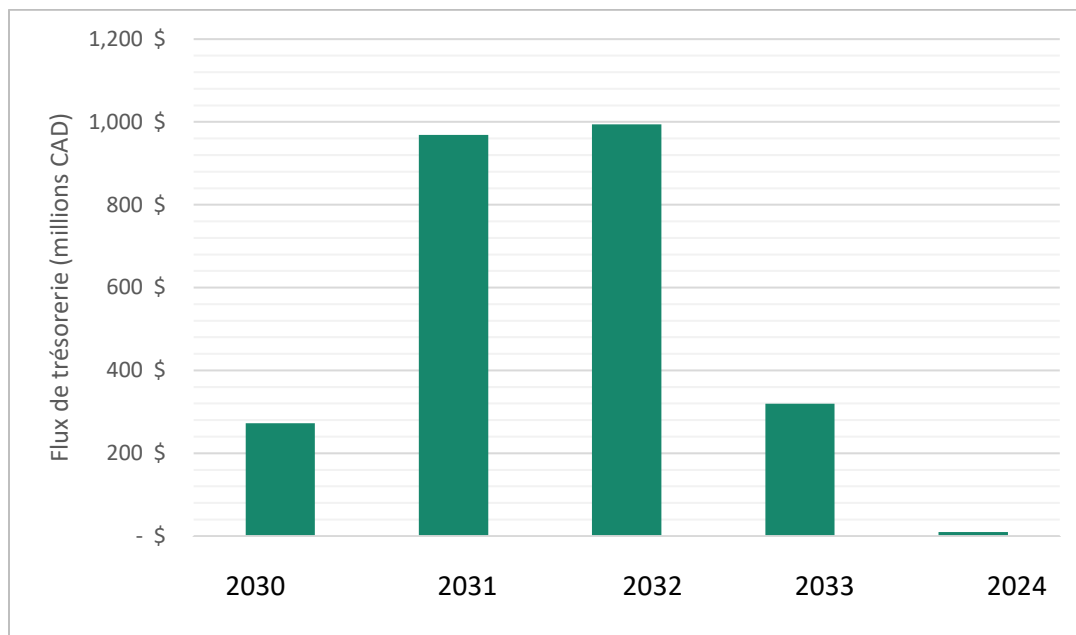


Figure 8.6-5 : Flux de trésorerie pour les routes d'accès aux communautés et la Route du Nord
Tous les coûts sont en millions CAD

8.7 ROUTE D'ACCÈS VERS LES COMMUNAUTÉS

8.7.1 Introduction

Le réseau routier existant (728 km) couvert par cette étude est composé de cinq routes d'accès. Les trois premières relient la route Billy-Diamond (RBD) aux communautés de Waskaganish, Eastmain et Wemindji, la quatrième est la Route du Nord qui relie la route 167 à la route Billy-Diamond et enfin, la route d'accès qui relie la communauté de Nemaska à la Route du Nord.



Figure 8.7-1 : Localisation des routes d'accès

La route de Waskaganish (102 km) débute à l'intersection avec la route Billy-Diamond à la hauteur de la borne kilométrique 237 et se rend jusqu'à la communauté de Waskaganish. Les 22,3 derniers kilomètres à l'extrémité ouest sont pavés et le territoire est de catégorie 1.

La route de Eastmain (104 km) débute à l'intersection de la route Billy-Diamond à la hauteur de la borne kilométrique 350 et se rend jusqu'à la communauté d'Eastmain. Les 30 derniers kilomètres à l'extrémité ouest sont pavés et le territoire est de catégorie 1.

La route de Wemindji (98 km) débute à l'intersection de la route Billy-Diamond à la hauteur de la borne kilométrique 518 et se rend jusqu'à la communauté de Wemindji. Cette route a été construite dans les années 1990 et les 22,6 derniers kilomètres à l'extrémité ouest de la route sont pavés. Le territoire est de catégorie 1.

La route de Nemaska (10 km) rejoint la Route du Nord à la hauteur de la borne kilométrique 296. Les 4 derniers kilomètres à l'extrémité nord de la route sont pavés.

La Route du Nord est une route de gravier de 407 kilomètres reliant Chibougamau à la route de la Baie-James. Sa construction a ouvert l'accès à la communauté de Nemaska et à l'industrie forestière.

L'objectif de ce rapport est d'établir les caractéristiques des routes d'accès existantes afin de déterminer les travaux d'amélioration possibles selon les normes de conception routières actuelles, tout en améliorant la qualité de vie des résidents locaux. Le mandat inclus le pavage de toutes les routes à l'exception des tronçons déjà pavés.

8.7.2 Paramètres de conception

Le tableau suivant présente les paramètres de conception retenus pour procéder à l'analyse de la chaussée existante et établir les travaux d'amélioration.

Tableau 8.7-1 : Critères de conception

	Paramètres	Valeur	Références
Généraux	Classification fonctionnelle	Accès aux ressources	-
	DJMA (véhicules/jour)	220 (2021)	Route du Nord, km 108, MTMD
	Véhicules lourds (%)	33 %	Route du Nord, km 108, MTMD
	Vitesse affichée (km/h)	70	Existant
	Vitesse de base (km/h)	80 km/h (70 km/h pour les routes à faible débit)	Section 1.4.4, Tome I, MTMD
Section en travers	Largeur de voies (m)	3,50	
	Nombre de voies	2	
	Largeur d'accotement (m)	1,00	
	Arrondi (m)	0,60	
	Pente minimum du talus en remblai	1V : 2H	
	Largeur minimale de fossé (m)	1,00	
Plan, profil et visibilité	Rayon minimum des courbes horizontales (m)	255	Tableau 6.3-4, Tome I, MTMD
	Véhicule de conception	WB-20	Section 8.7.3, Tome I, MTMD
	Dévers maximum (%)	6,0	Section 6.3.3, Tome I, MTMD
	Distance de visibilité (m)	160	Tableau 7.9-1, Tome I, MTMD
	Hauteur de l'objet pour la distance de visibilité (m)	1,15	Tableau 7.5-1, Tome I, MTMD
	Hauteur des yeux du conducteur pour la distance de visibilité (m)	1,08	Section 7.6, Tome I, MTMD
	Facteur K minimum pour courbes verticales saillantes (convexes)	26	Section 6.4.3, Tome I, MTMD
	Facteur K minimum pour courbes verticales rentrantes (concaves)	30	Section 6.4.3, Tome I, MTMD
	Longueur minimale de courbe verticale (m)	70	Tableau 6.4-3, Tome I, MTMD
	Pente maximale (%)	10	Tableau 6.4-2, Tome I, MTMD

8.7.3 Portée et objectifs

Cette section présente les objectifs et la portée du mandat afin d'améliorer les routes d'accès aux communautés, ainsi que la Route du Nord. À cette fin, une évaluation des différentes caractéristiques des chaussées existantes a été effectuée afin de déterminer les déficiences sur le réseau tout en considérant les problématiques soulevées par les intervenants et les usagers du milieu afin d'établir des mesures correctives selon les critères de conception établis. Sans s'y limiter, les éléments suivants ont été analysés :

- Géométrie horizontale et dévers
- Profil en long
- Profil en travers
- Ponceaux
- Problématiques soulevées par la communauté
- Services publics
- Dispositifs de retenue

8.7.4 Approche d'analyse sur une route existante

La géométrie des segments du corridor routier, situés en amont et en aval du point d'analyse doit être considérée pour maintenir une cohérence avec la géométrie de l'ensemble du corridor, puisqu'un changement ponctuel de la géométrie de la route sans tenir compte du reste du corridor risque de compromettre la sécurité si aucune autre amélioration n'est planifiée. Les interventions spécifiques doivent être cohérentes avec l'ensemble du secteur afin d'éviter des changements brusques dans l'environnement routier, modifiant la perception et les attentes du conducteur. Le profil en travers, la vitesse pratiquée et la charge de travail du conducteur sont les principaux éléments pris en compte dans l'analyse. Les quatre principes suivants doivent être pris en considération pour évaluer la cohérence et l'homogénéité d'un tracé:

- l'homogénéité de la section transversale;
- l'uniformité de la vitesse pratiquée;
- la cohérence avec l'environnement traversé;
- l'historique des accidents.

L'analyse des routes d'accès a été réalisée à l'aide de données Lidar qui sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 8.7-2 : Données Lidar

Routes	Source	Précision (mm)	Zones
Wemindji	Géoposition 2015	± 100	9-10
Eastmain	Géoposition	± 100	9
Waskaganish	Géoposition 2015	± 100	9-10
Nemaska	Groupe PHB	± 100	8-9
Route du Nord	Groupe PHB	± 100	8-9

8.7.5 Routes d'accès aux communautés et Route du Nord

8.7.5.1 Géométrie horizontale

Une analyse de l'alignement horizontal des routes d'accès a été effectuée afin de valider la vitesse à laquelle les usagers peuvent emprunter les courbes horizontales existantes en toute sécurité. Le tableau suivant présente les résultats de cette analyse.

Tableau 8.7-3: Courbes horizontales et vitesses correspondantes

Routes	Total	Vitesse des courbes			
		Supérieur à 80 km/h	70-79 km/h	60-69 km/h	Inférieur à 60 km/h
Wemindji	78	66	9	3	0
Eastmain	106	94	12	0	0
Waskaganish	62	62	0	0	0
Nemaska	24	12	7	4	1
Route du Nord	376	327	35	12	2
Total	646	561	63	19	3



Conforme



Non-Conforme

Pour les routes à faible débit avec moins de 400 véhicules par jour, la vitesse de conception est la même que la vitesse affichée.

Suivant l'analyse:

- 624 courbes horizontales ne nécessitent pas d'intervention pour des vitesses supérieures à 70 km/h.
- Pour les courbes horizontales correspondant à une vitesse de 60 km/h et moins, l'installation de panneaux D-110 « Virages » avec panneau de vitesse recommandée (D-110-P-2) de 55 km/h est souhaitable.
- Pour les autres secteurs représentant des vitesses inférieures à 60 km/h, il est souhaitable de corriger les courbes en augmentant le rayon.

Des tableaux de la géométrie horizontale de chacune des routes d'accès sont présentés à l'annexe 6.21. Le tableau suivant présente les courbes sur lesquelles les interventions sont recommandées :

Tableau 8.7-4 : Courbes horizontales nécessitant des interventions

Routes	Chaînage	Vitesse de la courbe (km/h)	Interventions
Wemindji	63+300	66	 65 km/h
	68+524	65	 65 km/h
	75+544	68	 65 km/h
Eastmain	11+288	68	 65 km/h
Waskaganish	Sans objet		
Nemaska	0+080	65	 65 km/h
	0+822	67	 65 km/h
	4+598	52	Correction de courbe
	5+457	68	 65 km/h
	10+251	69	 65 km/h
Route du Nord	45+400	69	 65 km/h
	56+418	66	 65 km/h
	66+983	60	 55 km/h
	68+893	47	Correction de courbe
	72+612	66	 65 km/h
	75+959	63	 55 km/h
	82+664	57	Correction de courbe
	84+002	69	 65 km/h
	89+922	67	 65 km/h
	230+954	60	 55 km/h
	236+781	66	 65 km/h
	239+285	60	 55 km/h
	241+841	67	 65 km/h
	343+544	66	 65 km/h

La figure suivante présente un exemple de courbe au kilomètre 69 (Route du Nord) devant être corrigée.



Street View Juillet 2022

Figure 8.7-2 : Courbe avec rayon trop petit au kilomètre 69 (Route du Nord)

La figure suivante présente un exemple de courbe où des panneaux de danger doivent être installée au kilomètre 344 (Route du Nord).



Street View Juillet 2022

Figure 8.7-3 : Courbe au kilomètre 242 (Route du Nord)

Dans une courbe horizontale, les éléments en abord de route doivent être situés suffisamment loin pour atteindre la distance de visibilité requise. De plus, la zone à l'intérieur de la courbe doit être exempte de tout obstacle suffisamment important qui pourrait gêner la perception d'un objet sur la chaussée. Dans le cas des routes d'accès, la végétation qui pousse en bordure de la chaussée gêne la visibilité des conducteurs. Par conséquent, il est recommandé de couper la végétation sur les talus de la route.

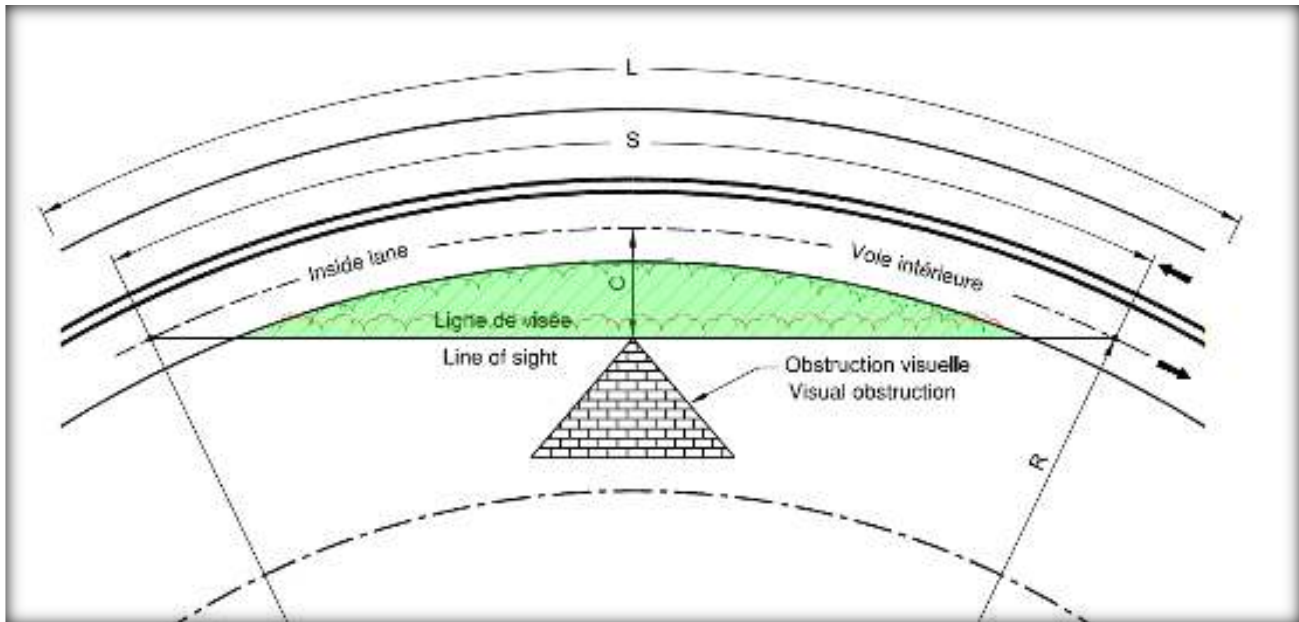


Figure 8.7-4: Visibilité à l'intérieur d'une courbe

8.7.6 Dévers

Lorsque le tracé en plan est en ligne droite, la chaussée est en bombement normal avec des pentes de 2 %. Dans les courbes, le dévers varie en fonction du rayon de courbure et de la vitesse. L'analyse des dévers existants en courbe a été effectuée et les courbes non conformes seront corrigées au moyen d'un rechargement granulaire. (80 % des courbes sont à corriger en raison des dévers non-conformes)

8.7.7 Profil en long

La déclivité maximale est généralement déterminée par le relief et la vitesse de base retenue. Des pentes abruptes peuvent réduire les coûts de construction, mais peuvent avoir un impact significatif sur les conditions d'opération (neige, gel). Suivant les normes, les pentes supérieures à 10 % pourraient être problématiques puisque les pentes descendantes plus élevées augmentent la distance de freinage, tandis que les pentes ascendantes plus élevées réduisent les vitesses de fonctionnement, plus particulièrement pour les véhicules lourds.

Le tableau suivant présente la liste des secteurs présentant des pentes supérieures à 10 %.

Tableau 8.7-5: Pentes supérieures à 10 %

Routes	Chaînages	Pente (%)	Longueur de la pente (m)
Wemindji	-	-	-
Eastmain	-	-	-
Waskaganish	-	-	-
Nemaska	-	-	-
Route du Nord	106+703 to 106+763	10,40	60
	114+016 to 114+068	10,36	52
	150+350 to 150+536	10,67	186
	193+664 to 193+859	11,09	195
	227+630 to 227+660	10,43	30
	229+273 to 229+431	11,02	158
	229+725 to 229+944	11,20	219
	232+851 to 232+907	10,03	56
	236+671 to 236+715	10,51	44
	240+498 to 240+743	10,68	245
	241+571 to 241+585	11,51	14
	242+476 to 242+512	12,84	36
	249+544 to 249+588	10,87	44
	250+890 to 250+921	11,59	31
	257+237 to 257+312	10,66	75

Considérant qu'il s'agit d'une route existante à faible débit de circulation, que la majorité des pentes sont près de la limite de 10 % et qu'elles ont une faible longueur (entre 14 et 245m), des pentes légèrement supérieures à celles recommandées pour les autres routes sont acceptables dans ce cas. De plus, une légère correction de pente aurait peu d'impact sur les vitesses d'exploitation des véhicules lourds. Par conséquent, il n'aurait pas de gain significatif de corriger ces profils.

La figure suivante présente un exemple de profil vertical entre les chaînages 240+498 à 240+743.

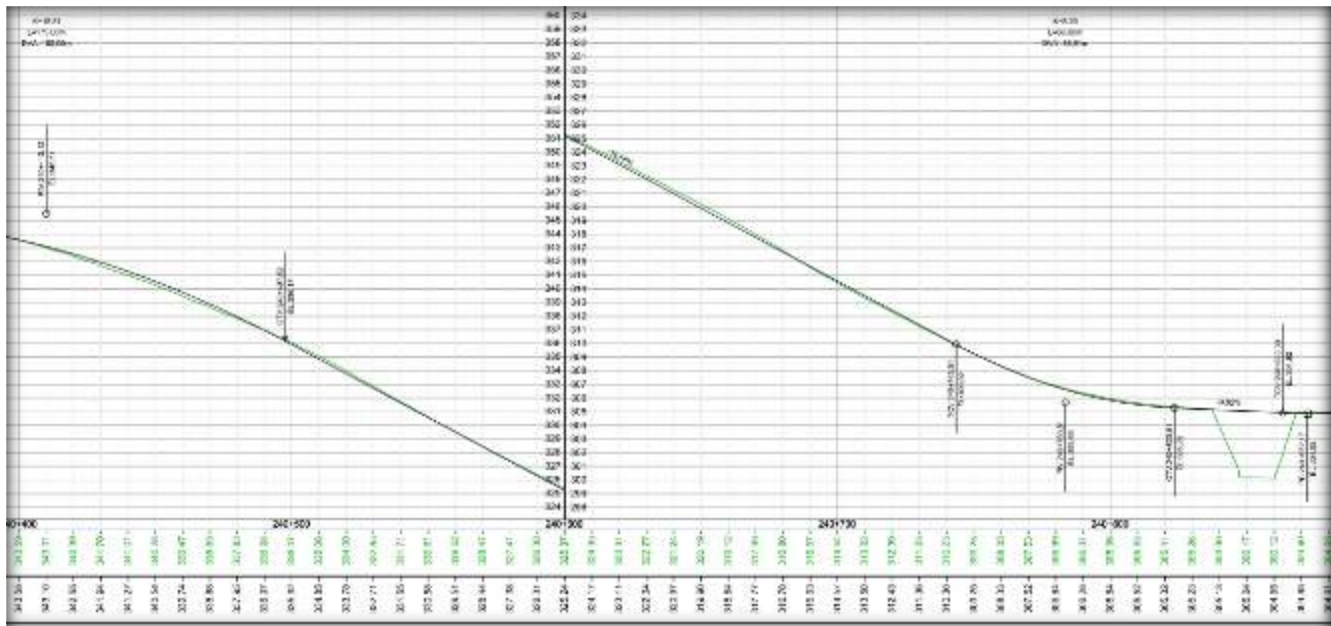


Figure 8.7-5: Exemple de profil entre les chaînages 240+498 à 240+743

Une analyse des courbes verticales convexes et concaves a également été effectuée pour vérifier si elles permettent d'obtenir une visibilité suffisante et si elles sont suffisamment longues pour la vitesse de conception. Le but de ces courbes est d'apporter un changement progressif des pentes longitudinales. Leur forme est parabolique, permettant ainsi d'avoir un changement constant de pente tout au long de la courbe. Une courbe convexe est calculée en utilisant la distance de visibilité requise, la hauteur des yeux du conducteur et la hauteur de l'objet que nous voulons voir sur la route, habituellement les feux arrière d'un véhicule devant nous. Une courbe concave est calculée en considérant les périodes de noirceur, en réglant une hauteur de phare de 0,6 m et un angle du faisceau lumineux de 1° vers le haut.

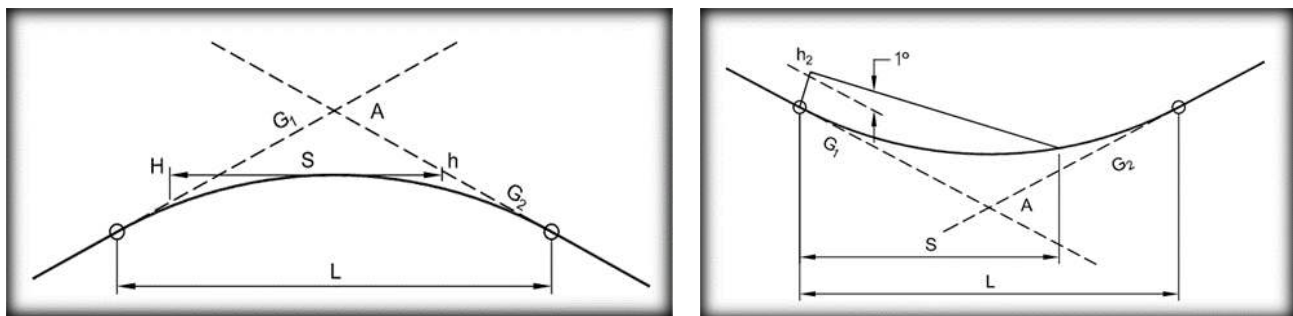


Figure 8.7-6: Courbes verticales convexes et concaves

Tableau 8.7-6 : Courbes verticales et vitesses correspondantes

Vitesse des courbes verticales														
Routes	Total		80 km/h		70 km/h		60 km/h		50 km/h		40 km/h		<40 km/h	
	Conv.	Conc.	Conv.	Conc.	Conv.	Conc.	Conv.	Conc.	Conv.	Conc.	Conv.	Conc.	Conv.	Conc.
Wemindji	193	373	175	331	12	17	5	11	1	10		4		
Eastmain	275	299	259	249	11	27	4	15	1	7		0		1
Waskaganish	183	189	183	185		2		2						
Nemaska	29	29	27	26			2	2						
Route du Nord	899	984	631	537	156	99	101	137	10	132	1	74		5
Sous-total	1579	1874	1275	1328	179	145	112	167	12	150	1	78		6
				✓		✓		⚠		⚠		✓	✗	✓
Total	3453		2603		324		279		162		79		6	

✓ Conforme ✗ Non-Conforme

En raison du grand nombre de courbes verticales non conformes et du très faible débit de circulation observé, il est suggéré de ne pas corriger les courbes concaves qui n'ont aucun effet sur la sécurité des usagers. Aussi, afin de limiter les coûts de construction, il est recommandé d'installer des panneaux D-240-2 « Perte de visibilité » dans les courbes convexes pour des vitesses de 50 et 60 km/h (124 courbes verticales). Il est toutefois souhaitable d'effectuer des travaux de réparation pour des vitesses inférieures à 40 km/h (2 courbes verticales). Des tableaux des courbes verticales de chacune des routes d'accès sont présentés à l'annexe 6.21.

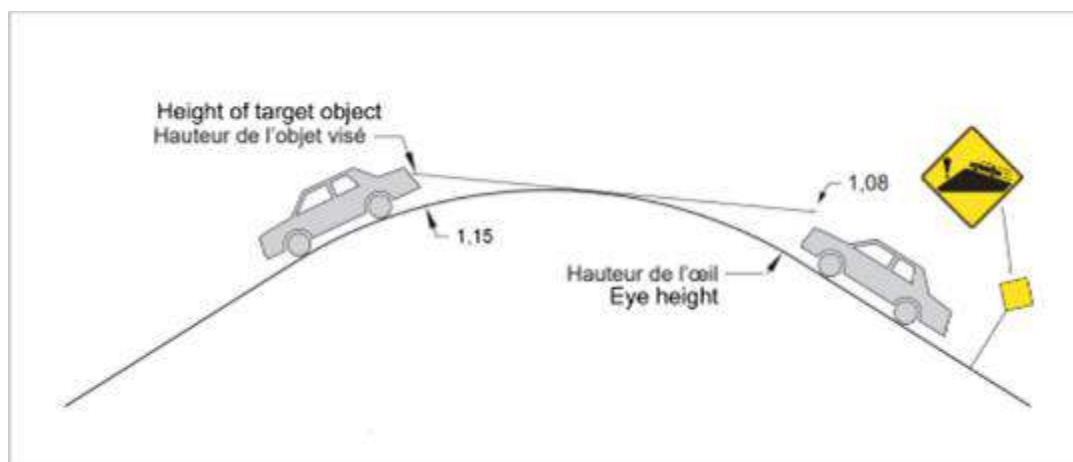


Figure 8.7-7 : Visibilité dans une courbe convexe

8.7.8 Section transversale

Selon les commentaires obtenus des représentants du milieu, les surfaces pavées actuelles sont trop étroites et les usagers de la route conduisent généralement au centre de la chaussée (risque de collision frontale ou de sortie de la route). De plus, les accotements existants sont instables et ne permettent pas aux véhicules de se stationner le

long de la route pour accéder aux ressources ni en cas d'urgence. Suivant un inventaire des largeurs de chaussée existantes, une évaluation de l'espace disponible pour l'aménagement futur des voies de circulation et des accotements a été effectué, tout en considérant le rehaussement de la chaussée avec des matériaux granulaires afin de permettre les travaux de pavage subséquents. Le tout a été effectuée en considérant que le gabarit de route proposé resterait à l'intérieur de la plateforme existante afin de limiter les empiétements supplémentaires dans les milieux humides et les cours d'eau, sur les ponceaux et afin de récupérer la chaussée existante comme sous-fondation. Pour augmenter la visibilité et améliorer le drainage des fossés, il est suggéré de déboiser les abords de route et de nettoyer les fossés en utilisant la méthode du tiers inférieur.

Il est également souhaitable de paver les routes d'accès, afin de réduire les fines particules de poussière pouvant avoir un impact sur les voies respiratoires, de réduire la fréquence des collisions dues à la perte de visibilité et la perte de traction des véhicules sur une route de gravier, de minimiser les impacts de la poussière sur l'environnement (végétation et eau) et de réduire les dommages aux véhicules.

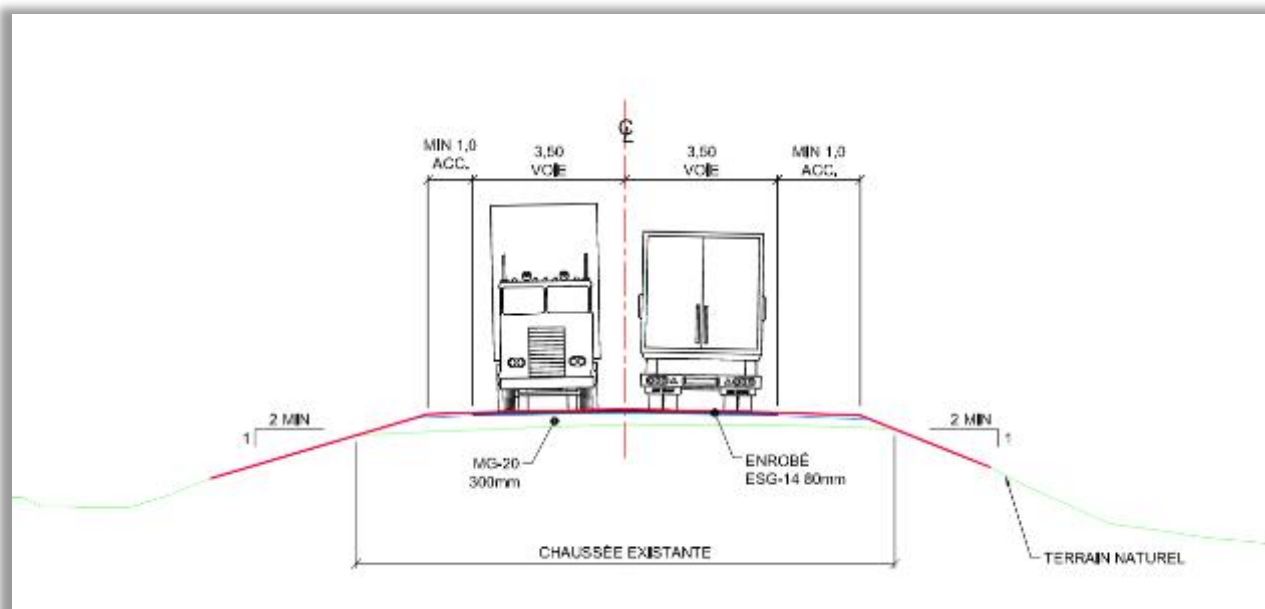


Figure 8.7-8 : Coupe transversale de la chaussée

Basée sur cette analyse, une section transversale de type E est proposée avec quelques modifications, mais en conservant la largeur totale:

- Voies de 3,5 m pour faciliter le camionnage;
- Accotements de gravier de 1 m minimum;
- Maintien des pentes de remblai existantes (2H:1V min.).

Suivant les analyses et recommandations géotechniques, la structure de chaussée proposée au-dessus de la route existante est la suivante :

- Rechargement granulaire de 300 mm en MG 20 ;
- Recouvrement de la fondation avec 80 mm d'enrobé ESG-14.

8.7.9 Accès

Selon les commentaires reçus des usagers et de la communauté, il est difficile de se ranger sur le bord de la route en raison des accotements très étroits. Afin de permettre le stationnement sécuritaire des véhicules le long de la chaussée et de donner accès aux aires de chasses et aux ressources, il est suggéré, dans les prochaines étapes, de faire l'inventaire des accès existants et, au besoin, d'aménager de nouvelles aires de stationnement le long de la route selon les besoins des communautés.

8.7.10 Ponceaux

L'évaluation de l'état des ponceaux existants, constitués principalement de tuyaux en tôle ondulée, a été basée sur les données fournies par le ministère des Transports et de la Mobilité durable, ainsi que des visites sur place. Le tableau suivant présente les classes selon l'indice d'état des ponceaux. Il est à noter que l'inventaire complet des ponceaux n'était pas disponible.

L'inspection de 54 ponceaux a été réalisée à l'été 2022 et a permis de confirmer les résultats obtenus du MTMD.

Tableau 8.7-7 : Classes d'état des ponceaux

Classe d'état	Définition
A	Ponceaux exempts de défauts ou présentant des défauts négligeables ne nécessitant aucune intervention
B	Ponceaux présentant de légers défauts ne nécessitant aucune intervention majeure à court terme.
C	Ponceaux présentant des défauts importants qui ne nécessitent aucune intervention majeure à court terme. Des interventions mineures peuvent être nécessaires pour prolonger la durée de vie des ponceaux.
D	Ponceaux en mauvais état nécessitant des interventions mineures ou majeures à court terme.
E	Ponceaux en très mauvais état nécessitant des interventions mineures ou majeures à court terme.

Pour cette étude, les ponceaux de classe C, D et E sont remplacés. Le tableau suivant présente le sommaire de l'état des ponceaux disponibles.

Tableau 8.7-8 : Distribution et condition des ponceaux (MTMD)

Routes	km	Condition Classe A ou B	Condition Classe C, D ou E	Total des ponceaux inspectés
Wemindji	17-98	100	19	119
Eastmain	9-104	Non inspecté	Non inspecté	Non inspecté
Waskaganish	24-102	135	7	142
Route du Nord et Nemaska	0-304	415	209	624
Total		650	235	885

Les ponceaux en tôle ondulée existants ont plus de trente ans. En supposant que la nouvelle route sera recouverte d'enrobé, il est recommandé de remplacer tous les ponceaux afin d'éviter toute excavation de la surface nouvellement pavée à court terme. L'utilisation d'une transition longitudinale de 20H-1V est souhaitable pour éviter

le tassement de la route sous l'effet du gel. Des études hydrauliques, des inventaires environnementaux et la validation de la présence de poissons seront nécessaires avant le remplacement des ponceaux.



Figure 8.7-9 : Ponceau inspecté sur la Route du Nord

8.7.11 Glissières de sécurité sur les routes d'accès

Un inventaire sommaire des glissières de sécurité existantes au droit des ponceaux a été réalisé. Cette évaluation a révélé qu'il y a un manque important de glissières de sécurité. Pour leur installation, il est nécessaire d'aménager une surlargeur de 1,2 m supplémentaire en plus de l'accotement. Le tableau suivant présente un résumé de l'inventaire de ces dispositifs.

Tableau 8.7-9 : Glissières de sécurité requises

	Existante à remplacer	Nouveaux sites	Sites avec glissières non requises	Total des sites analysés
Wemindji	1	143	0	144
Eastmain	8	132	0	140
Waskaganish	2	144	7	153
Route du Nord et Nemaska	40	557	40	637
Total	51	976	47	1074



Figure 8.7-10 : Site avec manque de glissière au droit d'un ponceau

8.7.12 Signalisation et marquage

Afin d'améliorer la sécurité routière, il est souhaitable d'effectuer le marquage de la chaussée et de revoir la signalisation conformément aux normes en vigueur. Ainsi, les pictogrammes et le marquage sur la route doivent toujours être les mêmes pour transmettre le même message. Aussi, dans un souci d'homogénéité et dans des conditions identiques, l'usager de la route rencontre des messages de même valeur, de même portée et mis en œuvre selon les mêmes règles.

La signalisation routière a pour but de rendre la circulation routière plus sûre, de signaler les dangers et de fournir des indications ou des informations utiles aux usagers de la route. Pour conserver toute son efficacité, il doit être

uniforme et homogène, attirer l'attention, être parfaitement visible et lisible de loin, être facile à comprendre et être bien adapté aux dangers et particularités à signaler.

De plus, l'ajout d'une signalisation supplémentaire indiquant la numérotation des territoires de chasse, des camps, des passages pour orignaux, etc. a été demandé lors des rencontres avec les représentants du milieu.



Figure 8.7-11 : Exemple de panneau de signalisation pour la présence d'orignaux

8.7.13 Sentiers multifonctionnels à proximité des communautés

Selon les constats obtenus par les intervenants du milieu, les routes sont trop étroites à proximité des communautés et sont utilisées par les piétons et les chasseurs. Afin d'améliorer la sécurité de ces usagers vulnérables, il est proposé, dans les étapes ultérieures, d'aménager une piste multifonctionnelle à proximité des communautés et séparée de la route pour les protéger de la circulation automobile et des camions.

8.7.14 Maintien de la circulation

Pendant les travaux, il ne sera pas possible de détourner la circulation vers d'autres routes secondaires. Les travaux devront être réalisés en alternance à l'aide de feux de circulation ou de barrières de contrôle de la circulation pour les travaux. Il est à noter que l'utilisation d'un signaleur routier n'est permise que pour des vitesses affichées de 70 km/h ou moins.

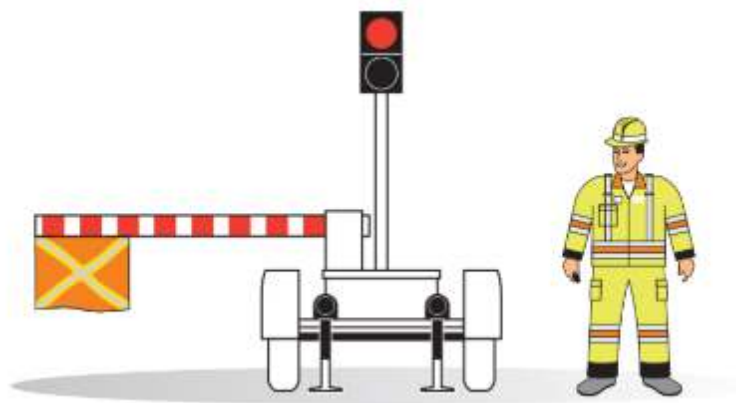


Figure 8.7-12 : Barrière de contrôle de la circulation

8.7.15 Vents et neige

La direction et la force du vent ont été analysées à partir de données allant de 2017 à 2022 à l'aéroport d'Eastmain. En hiver, les vents viennent principalement du Nord-Ouest à des vitesses moyennes de 13 km/h et des rafales de vent avec des vitesses allant jusqu'à 43 km/h sont observées. En été, les vents soufflent à des vitesses de 13 km/h et les rafales sont moins fréquentes. Ces rafales soufflent à des vitesses de 41 km/h en moyenne.

Le graphique suivant montre la direction et la vitesse des vents à l'aéroport d'Eastmain.



Figure 8.7-13 : Statistiques de vent et météo Eastmain River Airport-Windfinder

Pour la Route du Nord, selon la station de l'Aéroport de Chapais-Chibougamau, le vent souffle en général de l'Ouest ou du Sud-Ouest à des vitesses comprises entre 14 et 18 km/h et des rafales entre 35 et 37 km/h sont observées.

Le graphique suivant montre la direction et la vitesse des vents à l'aéroport de Chapais-Chibougamau

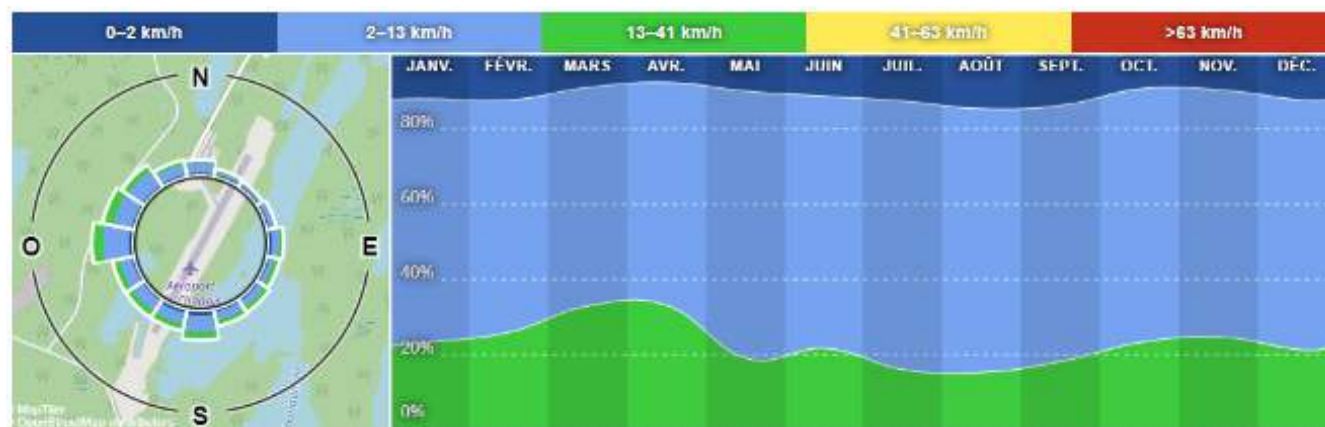


Figure 8.7-14 : Statistiques de vent et météo Aéroport de Chibougamau / Chapais-Windfinder

Selon les normales climatiques de la station Chapais 2 du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, qui est la plus près du site d'étude, la région reçoit environ 303 cm de neige annuellement.

En analysant la géométrie des différentes routes faisant l'objet de cette étude et les directions des vents, on constate que le risque de formation de lames de neige sur les différentes routes à Wemindji, Eastmain, Waskaganish et la partie nord de la Route du Nord est minime en raison de leur axe parallèle avec les vents. Dans le cas de la partie sud de la Route du Nord, cette chaussée s'étend sur un axe Nord-Ouest – Sud-Est tandis que le vent vient de l'Ouest. Cela accentue le risque de formation de lames de neige sur la chaussée.

Le niveau de service en termes d'entretien du réseau en période hivernale est déterminé en fonction du trafic hivernal quotidien moyen et de la classification fonctionnelle de la route. Pour cette étude, le débit est inférieur à 500 véhicules par jour et la route est classée pour permettre l'accès aux ressources. Le niveau de service correspond à une chaussée sur neige durcie.

8.7.16 Travaux d'entretien

Des travaux d'entretien des routes d'accès doivent être effectués pour assurer la sécurité des usagers ainsi que d'assurer la durabilité des infrastructures.

Le tableau suivant présente un aperçu des interventions qui ont lieu annuellement, selon les besoins.

Tableau 8.7-10 : Travaux d'entretien

Description	Calendrier
Entretien de la petite signalisation latérale	Opération qui se déroule tout au long de l'année
Entretien du marquage longitudinal	Opération qui s'effectue généralement entre la mi-avril et la fin d'octobre.
Entretien des glissières de sécurité semi-rigides	Opération qui s'effectue généralement entre les mois de mai et de novembre.
Balayage et ramassage des débris sur les voies de circulation	L'opération de ramassage s'effectue tout au long de l'année et celle de balayage au printemps, en été et au besoin.
Mise en forme des accotements en matériaux granulaires	Opération qui est généralement effectuée en dehors des périodes de gel et de dégel.
Rapiéçage ou rechargement des accotements en matériaux granulaires	Les opérations doivent être réalisées durant la période estivale et automnale, soit entre la fin des restrictions de charge au dégel et le début du gel.
Entretien des fondations	Opération qui est généralement effectuée en dehors des périodes de gel et de dégel.
Rapiéçage manuel des chaussées avec un enrobé	Opération qui est effectuée toute l'année.
Rapiéçage mécanisé des chaussées avec un enrobé	Opération qui est généralement effectuée entre la fin de la période de dégel et le moment où les conditions ne le permettent plus.
Scellement des fissures des chaussées souples	Opération qui est généralement effectuée entre la fin de la période de dégel et le 15 octobre.
Nettoyage et creusage des fossés latéraux et de décharges	Le nettoyage et le creusage des fossés latéraux et de décharges sont généralement effectués entre la fin de la période de dégel et le moment où les conditions ne le permettent plus.

Description	Calendrier
Entretien de la protection contre l'érosion des fossés et des bassins	Opération qui est effectuée généralement en dehors de la période de gel.
Nettoyage des ponceaux	Le nettoyage de ponceau est effectué généralement en dehors de la période de gel.
Réparation des ponceaux	La réparation de ponceaux est effectuée généralement en dehors de la période de gel.
Débroussaillage, abattage et émondage d'arbres	Le débroussaillage est habituellement effectué en août et septembre.

8.7.17 Perspectives d'intégrations des préoccupations des cris

Les principales problématiques identifiées par les usagers de la communauté Crie et les solutions proposées sont présentées au tableau suivant.

Tableau 8.7-11 : Problématiques soulevées par la communauté Crie

Problématiques soulevées	Solutions proposées
Chaussée trop étroite lorsque deux véhicules se rencontrent	Révision de la section en travers de la route
Accotements étroits et instables	
Difficulté à se stationner en bordure de la route	Aménagement d'accès, stationnements et aire de virage (demi-tour) le long de la route
Routes trop étroites à proximité des communautés et utilisation par les piétons et chasseurs	Aménagement de sentier multifonctionnels à proximité des communautés
Manque de signalisation (numéro des zones de piégeage, camps, originaux, etc.)	Révision complète de la signalisation
Débordement de ponceaux et présence de castors	Remplacement des ponceaux et installation de barrières à castor
Courbes et pentes dangereuses	Les courbes et pentes dangereuses seront améliorées
Roc trop près de la chaussée	Le roc se situant dans la zone de dégagement latéral sera excavé
Perte de visibilité en raison de la végétation aux abords de la chaussée	Déboisement des abords de route
Érosion de la route	Stabilisation par enrochement
Poussière	Pavage des sections de route sur gravier

8.7.18 Services publics

Les routes sont traversées par les lignes de transport et de distribution électrique d'Hydro-Québec. En raison des améliorations proposées, la chaussée sera rehaussée. Par conséquent, les dégagements verticaux sous les lignes électriques doivent être validés afin de s'assurer que les normes d'Hydro-Québec soient rencontrées. Le tableau suivant présente le nombre de croisements des lignes de transmission électrique avec les routes d'accès.

Tableau 8.7-12 : Croisements avec les lignes de transmission électrique

Routes d'accès	Nombre de croisement avec les lignes d'Hydro-Québec
Wemindji	0
Eastmain	12
Waskaganish	2
Route du Nord et Nemaska	39
Total	53

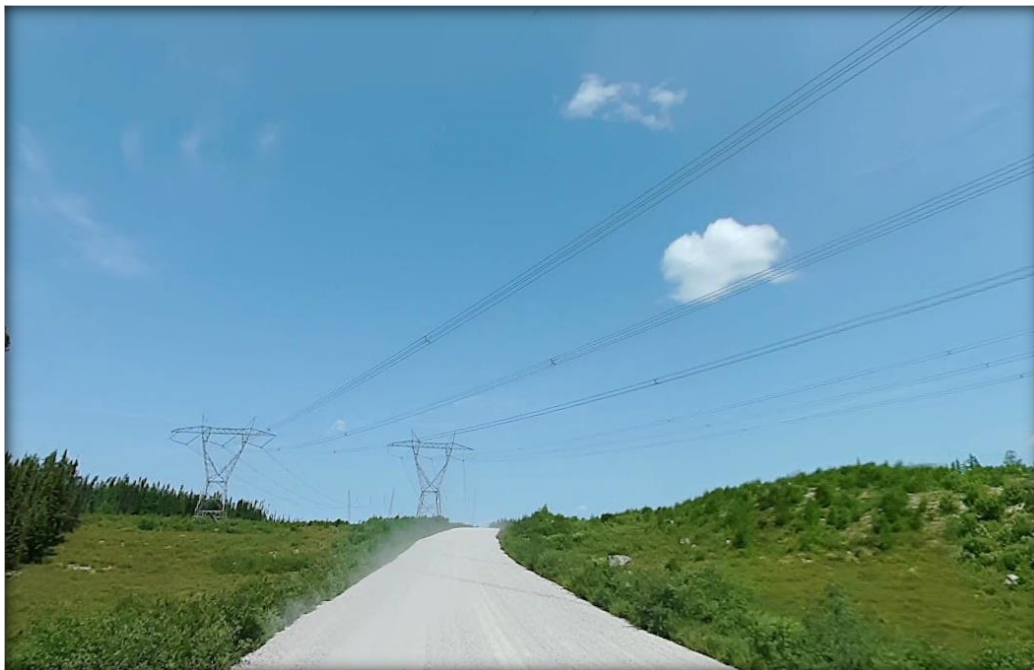


Figure 8.7-15 : Ligne de transmission électrique sur la Route du Nord

De plus, des câbles de fibre optique souterrains sont présents sous certaines sections de routes. L'emplacement de ces services doit être validé pour chaque tronçon de route afin de s'assurer qu'ils soient protégés pendant les travaux de remplacement de ponceaux.

8.7.19 Estimation des coûts de travaux

Pour améliorer la sécurité et l'état des routes existantes, plusieurs interventions sont recommandées. La liste suivante présente les principaux travaux de correction à effectuer:

- Corrections de courbes horizontales et verticales;
- Déboisement des abords de route;
- Nettoyage de fossés;
- Décontamination de la plateforme de la route existante;

- Rechargement granulaire en MG 20;
- Mise en œuvre d'enrobé de type ESG 14;
- Aménagement de sentiers multifonctionnels à proximité des communautés;
- Remplacement des ponceaux;
- Marquage et petite signalisation latérale;
- Aménagement et remplacement de glissière semi-rigides;
- Aménagement paysager;
- Mesures de protection de l'environnement.

Le tableau suivant présente un résumé des coûts des travaux pour chacune des routes d'accès.

Tableau 8.7-13 : Estimation des coûts

Description	Route du Nord	Wemindji	Eastmain	Waskaganish	Nemaska	Total
Organisation de chantier	116,60	26,96	26,65	29,53	5,00	204,73
Terrassement	37,66	8,69	8,39	11,52	0,94	67,19
Chaussée et revêtement	313,62	58,29	59,07	68,26	6,57	505,80
Drainage	70,02	13,88	10,33	14,79	1,14	110,16
Signalisation	3,36	0,79	0,85	0,62	0,09	5,71
Travaux divers	26,43	4,37	4,03	5,68	0,54	41,05
Architecture du paysage	0,24	0,12	0,12	0,12	-	0,60
Protection de l'environnement	1,60	0,28	0,33	0,28	0,07	2,56
Administration et profits (15 %)	85,43	17,01	16,47	19,62	2,15	140,67
Total	654,98	130,37	126,23	150,42	16,49	1 078,49

L'estimation détaillée du coût des travaux routiers est présentée à l'annexe 6.19 du présent rapport.

8.8 ROUTE D'ACCÈS SECONDAIRE DE MISTISSINI : ASPECTS TECHNIQUES

La communauté de Mistissini a exprimé son besoin d'une deuxième route d'accès en raison de problèmes de sécurité, tels qu'une défaillance de l'infrastructure ou une catastrophe naturelle sur la route d'accès unique actuelle. La Grande Alliance a inclus l'identification et l'estimation des coûts pour l'établissement de cette deuxième route d'accès dans le mandat Vision Eeyou Istchee.

8.8.1 Recherche des antécédents

Afin de réaliser le travail concernant les différents aspects techniques de la mise en œuvre d'une deuxième route d'accès à la communauté de Mistissini et d'effectuer une analyse aussi précise que possible, nous avons récupéré toutes les informations disponibles et susceptibles de présenter un intérêt pour l'analyse à effectuer. Plus particulièrement, nous avons récupéré les données mises à disposition par les différentes agences

gouvernementales concernant le territoire. Afin de planifier précisément l'itinéraire, nous avons également acquis des photographies aériennes du territoire afin d'effectuer une analyse tridimensionnelle.

8.8.2 Données obtenues par les différents ministères

Modèle numérique de terrain LIDAR+

Le gouvernement du Québec, par l'entremise du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), a saisi ces données LIDAR à l'échelle de la province. Comme le secteur de Mistissini est inclus dans ces données, nous les avons utilisées pour planifier et évaluer la faisabilité technique de la mise en œuvre d'une deuxième route d'accès à Mistissini. Le modèle numérique de terrain produit a une résolution de 1 m, ce qui est plus que suffisant pour notre travail. Ces données sont diffusées sous forme de feuilles cartographiques à l'échelle 1:20 000 dans le système de référence géodésique NAD83 CSRS MTM, et son système de référence altimétrique est CGVD28 (modèle hybride HTv2.0 1997).

Couche de dépôt en surface

Nous avons d'abord utilisé les couches de dépôts en surface publiées par le MRNF, qui ont été interprétées dans le cadre de la photo-interprétation écoforestière et validées par la direction de l'inventaire écoforestier. Ces informations, déjà disponibles, serviront de base à une identification plus précise des sols.

Couche des zones humides

Nous avons utilisé la cartographie des milieux humides potentiels du Québec (CMHPQ) 2019 publiée par la *Direction de la connaissance écologique* pour pouvoir évaluer l'impact environnemental de la construction de la route et surtout pour comparer les tracés selon ce critère, c'est-à-dire comparer l'impact d'un tracé par rapport à un autre. Cette couche est disponible par l'entremise des données gratuites publiées par le Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

Limites des parcs et des refuges biologiques

Nous avons utilisé les couches des parcs et des refuges biologiques pour vérifier leur emplacement afin d'éviter de créer de nouvelles routes dans les parcs et de respecter les refuges biologiques lors de la planification. Les couches ont à nouveau été récupérées sur le site de données gratuites du MRNF. Les limites des territoires structurés de la faune sauvage apparaissent sur les différentes cartes présentées. Il est inévitable de traverser une réserve naturelle pour atteindre la Route au Nord. En ce qui concerne les refuges biologiques, aucune contrainte particulière n'a été observée.

Réseau routier existant

Le territoire étudié est couvert par un réseau de routes forestières plus ou moins praticables selon leur classe et leur état actuel. Nous avons obtenu un portrait de ces routes par la base de données AQ Réseau+. Cette base de données fournit des informations sur le type de route et l'organisation responsable de sa gestion. L'information est présentée dans la carte des routes existantes à l'annexe 6.22 et nous permet de voir que, en ce qui concerne les limites des terres de catégorie 1 dans la communauté de Mistissini, le territoire est couvert par 155 km de routes forestières divisées en différentes classes. Cette distribution est présentée au Tableau 8.8-1 ci-dessous.

Tableau 8.8-1 : Longueur des routes par classe sur les terres de catégorie 1

Catégories	Longueur (km)	Proportion (%)
Classe 02	11	7,1 %
Classe 03	14	8,9 %
Classe 04	13	8,2 %
Routes d'hiver	40	26,0 %
Inconnu	77	49,8 %
Total	155	100,0 %

Photos aériennes

Les photos aériennes acquises sont des photos infrarouges de 2012 et 2013. Elles ont été acquises avec les paramètres d'orientation nécessaires pour permettre l'interprétation du territoire en trois dimensions. Elles ont été acquises sur le site de Geoselec qui est partenaire du gouvernement du Québec dans la diffusion de ses images aériennes. Ces photos ont été initialement acquises dans le cadre du programme de cartographie écoforestière du MRNF. Il s'agit des données les plus récentes disponibles au moment de l'étude. La carte 2 en annexe 6.23 présente les photos acquises pour l'étude.

8.8.3 Données du ministère des Transports concernant la circulation sur le territoire

Sur le site de données gratuites du ministère des Transports, il est possible de consulter les flux de trafic pour des routes spécifiques. Nous avons pu récupérer les données de circulation de 2020 pour une partie de la Route du Nord, de la route 167 à l'intersection de la route d'accès existante à la communauté de Mistissini et au début de la route d'accès existante à Mistissini. Les données récupérées sont présentées dans le Tableau 8.8-2 ci-dessous. Nous avons été surpris de constater que le flux de circulation de la route d'accès à la communauté de Mistissini est plus élevé que celui de la route 167 et de la Route du Nord. Cela nous amène à penser qu'il y a une erreur dans les données publiées pour la route d'accès à Mistissini. Sur la base des données présentées dans le Tableau 8.8-2, nous pensons qu'il est juste d'émettre l'hypothèse que la deuxième route d'accès à Mistissini peut avoir un flux de trafic quotidien moyen inférieur à 100, et donc un flux de trafic relativement faible.

Tableau 8.8-2 : Trafic journalier moyen sur les routes existantes autour de Mistissini

Routes	DJMA
Route du Nord	250
Route 167	70
Route de Mistissini	1120

- DJMA : débit journalier moyen annuel

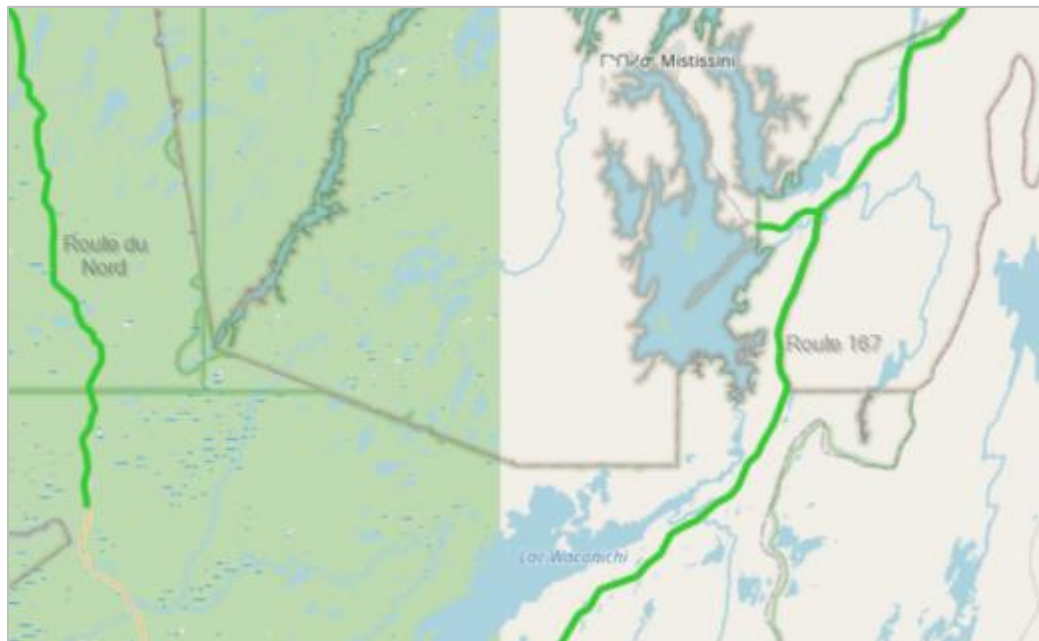


Figure 8.8-1 : Extrait de la carte interactive montrant les flux de trafic

8.8.4 Documents publiés pris en considération dans l'étude

En réalisant l'étude, nous avons également pris en considération les lignes directrices énoncées dans le document « RÉSEAU SUR LA ROUTE » préparé par la Commission d'aménagement du territoire de l'Eeyou. Les principales lignes directrices que nous avons retenues pour la composante technique sont les suivantes :

- Donner la priorité à l'utilisation des routes forestières existantes avant d'en construire de nouvelles
- Prendre en compte la sécurité de tous les usagers dans les paramètres de conception (éviter les collines aveugles, les courbes dangereuses, les routes étroites)
- La conception des routes doit tenir compte de la cohabitation des poids lourds avec des véhicules plus petits et des véhicules de loisirs tels que les VTT et les motoneiges.

Nous avons également pris en considération l'étude « Circuits de motoneige durables » (voir l'annexe 6.17) lors de la mise en œuvre du circuit de motoneige de 150 km qui relierait les communautés d'Oujé-Bougoumou, de Mistissini, de Waswanipi et la ville de Chibougamau. Le réseau de pistes suggéré dans l'étude propose une piste dans la zone de l'étude offrant un deuxième accès à la route de Mistissini. Le tracé de la piste de motoneige concernée est présenté dans la Figure 8.8-2.

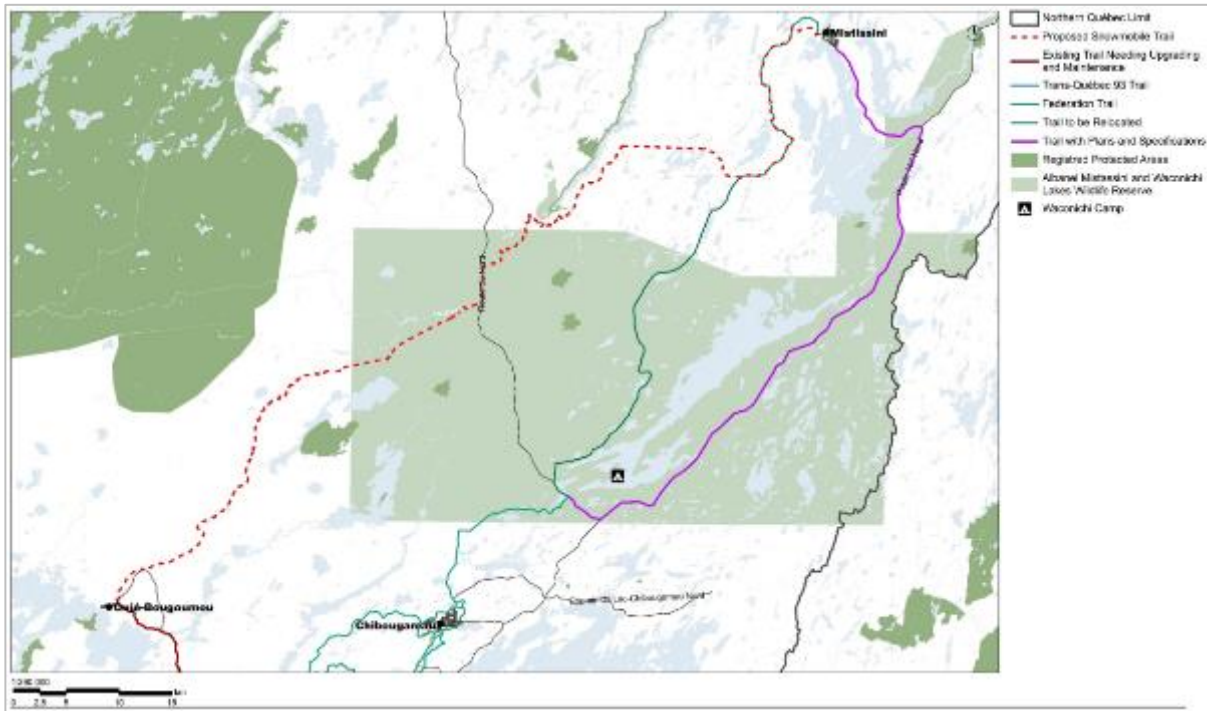


Figure 8.8-2 : Carte des circuits de motoneige durables

8.8.5 Intrants et recommandations de conception

Les paramètres de conception qui ont été utilisés sont similaires à ceux des autres routes d'accès aux communautés, c'est-à-dire le type E modifié pour avoir une surface de roulement de 7 m au lieu de 6 m (voir le type E original à l'annexe 6.17). Cependant, puisque l'activité forestière sur le territoire de Mistissini, plus particulièrement dans le secteur étudié, nous avons suggéré de prendre en considération une section de la route standard qui est 2 m plus large que la section de la route utilisée dans le reste de l'étude de La Grande Alliance, mais non pavée. Cette section transversale est basée sur une route de classe 1 selon le RADF (voir la Figure 8.8-3) et la section transversale à l'annexe 6.17. Le MRNF est l'organisation responsable de la majorité des routes existantes dans la zone de l'étude. Cette proposition satisfait le désir de la communauté locale d'avoir des routes pour larges pour des questions de sécurité. Le fait que celle-ci ne soit pas pavée permet de poursuivre l'activité forestière sans que le pavement ne soit endommagé par les véhicules lourds. D'ici à ce que des commentaires soient reçus de la part de la communauté à propos de cette proposition, les paramètres proposés initialement par la Grande Alliance seront utilisés dans la conception et dans l'estimation des coûts.

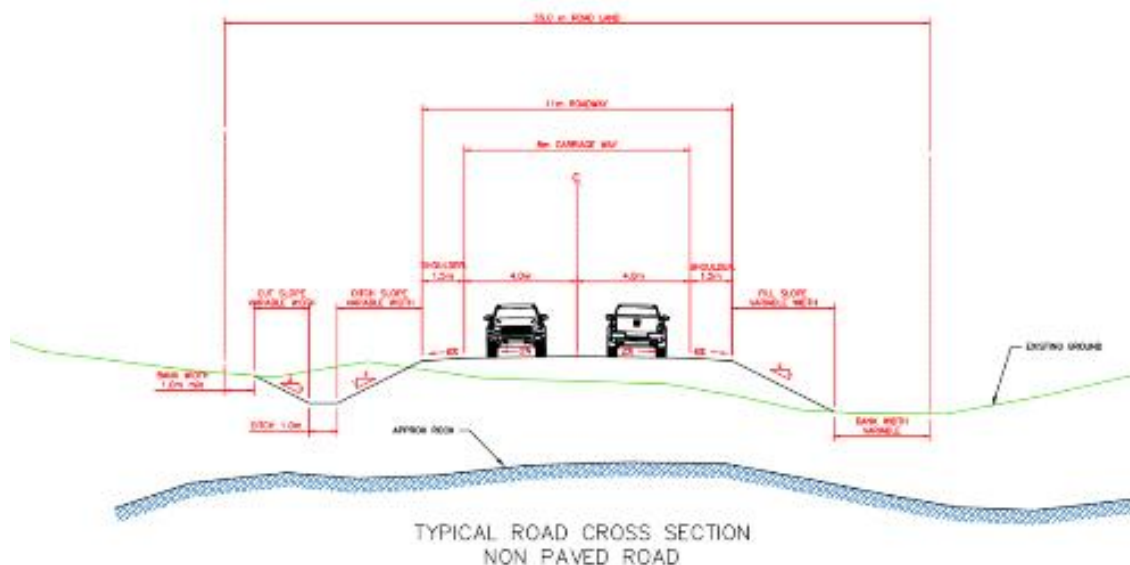


Figure 8.8-3 : Section suggérée de la route de Mistissini

Tableau 8.8-3 : Critères de conception

Critères de conception	Conception originale	Conception proposée
Vitesse de conception (km/h)	70	70
Largeur de la voie (m)	3,50	4,00
Largeur d'épaulement (m)	1,0	1,5
Largeur du fossé (m)	1,0	1,0
Section transversale de la pente de 2 ^e classe et (pierre)	2H:1V (1H:10V pour le roc)	2H:1V (1H:10V pour le roc)
Rayon de courbe minimal à l'horizontal	255	255
Facteur K minimum pour la crête	26	26
Facteur K minimum pour l'affaissement	30	30
% de la pente maximale	10	10
Surface roulante	Asphalte	MG-20

8.8.6 Photo-interprétation

La photo-interprétation nous a permis d'établir les routes selon différents critères comme les dépôts en surface, les zones humides et les pentes. Ce travail nous permet de valider, premièrement, si la réutilisation des routes existantes était possible de façon à les transformer en routes de plus haut niveau nécessitant des combinaisons de pentes et de courbes moins prononcées. Deuxièmement, ce travail a été nécessaire pour établir le meilleur corridor pour les nouvelles portions de ce parcours.

À la seconde étape, la photo-interprétation nous a permis d'établir une corrélation et de valider les dépôts en surface pour prendre en compte la superposition possible de couches de dépôts et d'attribuer une plus grande dimension à la profondeur potentielle des dépôts non consolidés qui pourraient être utilisés pour la construction. Les résultats sont présentés sur la carte à l'annexe 6.23.

Finalement, la photo-interprétation nous a permis de cibler les sites potentiels d'emprunt. À cette fin, nous avons ciblé deux types de sites d'emprunt, notamment des gravières et des sablières pour obtenir du MG-112 et d'autres

matériaux granulaires, ainsi que des sites d'extraction pour la production de différents agrégats comme le MG-20, le MG-56 et les agrégats requis pour le pavage. Les résultats sont également présentés sur la carte de dépôts à l'annexe 6.23, et l'emplacement des sites sur le Tableau 8.8-4 : Emplacement des sites d'emprunt

Tableau 8.8-4 : Emplacement des sites d'emprunt

Section	Type
13+000	Sites d'extraction
15+000	Gravière/sablière
20+000	Gravière/sablière
29+500	Sites d'extraction
39+000 à 41+000	Gravière/sablière
43+500	Gravière/sablière

8.8.7 Tracés

Deux options de routes ont été établies avec deux variantes en fonction des données qui étaient disponibles. Les routes proposées relient la communauté de Mistissini au km 32,5 de la Route du Nord. La Figure 8.8-4 suivante présente les routes et les situe dans la région. Ces informations sont aussi disponibles sur la carte « emplacement des routes » à l'annexe 6.17.

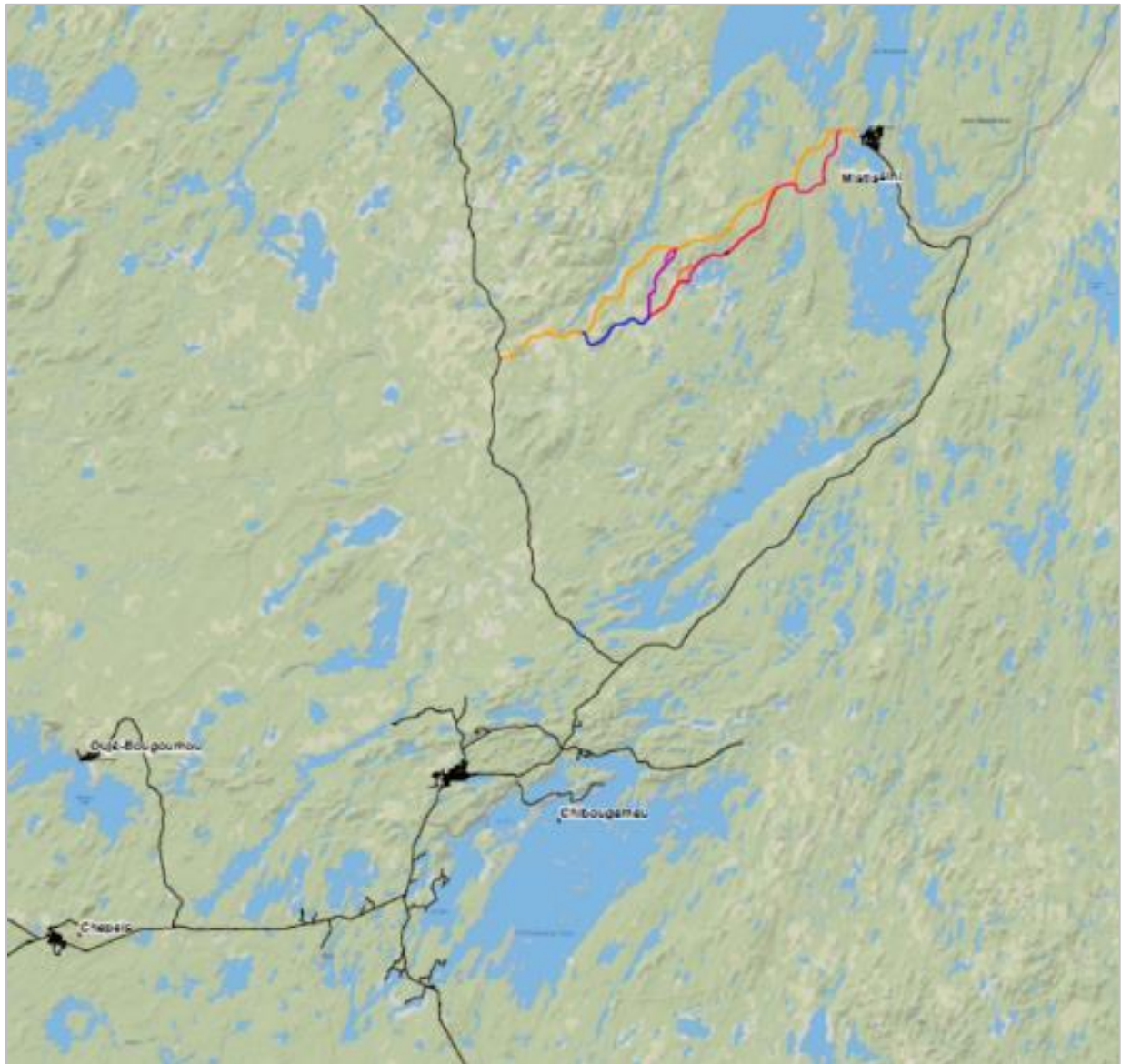


Figure 8.8-4 : Emplacement des options proposées

Les corridors proposés ont été choisis initialement avec la stratégie de réutiliser les corridors routiers existants autant que possible étant donné certaines inquiétudes à propos de la division du territoire soulevée par la Commission Eeyou de la planification. Subséquemment, les aspects physiques de l'environnement, comme les dépôts en surface, les zones humides et les cours d'eau, ont été utilisés pour déterminer la sélection finale des routes.

Deux tracés ont été proposés, sans prendre en compte les variantes, qui totalisent 42,3 km pour l'option 1 et 45,0 km pour l'option 2. L'option 1 utilise environ 14,2 km de corridors routiers existants, et l'option 2 utilise 25,8 km. Les caractéristiques des tracés sont présentées dans le Tableau 8.8-5 ci-dessous.

8.8.7.1 Longueur

Le critère de la longueur totale de la route est uniquement utilisé pour comparer les longueurs totales possibles du tracé. La longueur est un paramètre important, et le corridor le plus court devrait être choisi en raison de l'impact sur les coûts de construction et sur les coûts d'entretien. L'option 1 ci-dessous totalise 42+258 m par rapport à 45+029 m pour l'option 2. L'option 1 est la plus courte.

Option 1 : 42+258 m	Option 2 : 45+029 m
----------------------------	----------------------------

8.8.7.2 Longueur des corridors existants

L'une des préoccupations mentionnées par le client était d'éviter de créer de nouveaux corridors routiers et de favoriser les corridors existants. À cet effet, les deux options proposées sont basées sur l'utilisation du corridor existant. L'option 1 utilise environ 14+208 m de corridors routiers existants, et l'option 2 utilise 25+820 m.

Critères d'utilisation d'un corridor existant :

Option 1 : 14+208 m	Option 2 : 25+820 m
----------------------------	----------------------------

Le type de dépôts est un élément important à considérer puisque les coûts de construction peuvent être affectés par la nature des dépôts en surface. Nous avons donc défini trois catégories de dépôts : très bon, bon et restrictif.

8.8.7.3 Très bons dépôts

Les très bons dépôts en surface sont ceux qui présentent un bon potentiel d'emprunt pour la construction de routes, tels que les dépôts fluvioglaciaires, drumlinés et drumlinoïdes, ainsi que les gravières existantes. Ces types de dépôts permettront de réduire les coûts, d'améliorer la qualité et de réduire les incidences sur l'environnement. L'option 1 comprend 22+081 m de ces types de dépôts, et l'option 2 en a 14+170 m.

8.8.7.4 Bons dépôts

Les bons dépôts en surface sont constitués de till et de sable, et peuvent inclure un peu de loam. L'option 1 comprend 15+041 m de ces types de dépôts, et l'option 2 en a 23+929 m.

8.8.7.5 Dépôts restrictifs

Les dépôts en surface restrictifs sont ceux qui présentent des contraintes pour la construction de routes, y compris des contraintes techniques et environnementales. Par exemple : dépôts de till minces et très minces, dépôts rocheux et organiques. L'option 1 comprend 5+136 m de ces types de dépôts, et l'option 2 en a 6+930 m.

Option 1 : qualité des dépôts – meilleure	Option 2 : qualité des dépôts – bonne
--	--

8.8.7.6 Traversées de cours d'eau

Le nombre de traversées de cours d'eau est divisé en deux catégories : les cours d'eau intermittents et les cours d'eau permanents. Les cours d'eau permanents comprennent une sous-classe de cours d'eau très larges, qui nécessiteront une structure de franchissement importante. L'option 2 a 11 cours d'eau de moins que l'option 1.

Option 1 : plus	Option 2 : moins
------------------------	-------------------------

8.8.7.7 Zones humides potentielles

Les zones humides potentielles sont des environnements où les routes ne devraient pas être construites en raison de la complexité des paramètres de construction et des contraintes environnementales. Ces zones humides ont toutefois été identifiées comme « potentielles », et les informations devront donc être validées sur place. L'option 2 a moins de zones humides que l'option 1. Toutefois, les quantités étant similaires, les deux options se situent au même niveau.

Option 1 : 5+393 m	Option 2 : 4+855 m
---------------------------	---------------------------

8.8.7.8 Conflits liés aux loisirs et au tourisme

Parallèlement à notre étude, l'étude « rapport sur les circuits de motoneige durables » sur la future piste de motoneige entre Mistissini et Oujé-Bougoumou a été réalisée par BC2. Les deux options sont situées dans le même corridor que la piste de motoneige. Cette question devra être prise en compte dans les mesures d'harmonisation des terres. Les proportions sont les suivantes.

Option 1 : 18+046 m	Option 2 : 3+849 m
----------------------------	---------------------------

Si l'on examine les caractéristiques globales des deux scénarios analysés dans la matrice suivante, l'option 2 présente un plus grand nombre de caractéristiques favorables à l'établissement d'une deuxième route d'accès.

Tableau 8.8-5 : Caractéristiques des itinéraires proposés

Critère	Option 1	Option 2
Longueur totale	42,3 km	45,0 km
Longueur des corridors existants	14,2 km	25,8 km
Qualité des dépôts	Meilleure	Bonne
Nombre de traversées de cours d'eau	Plus	Moins
Longueur des zones humides potentielles	5,4 km	4,9 km
Conflits potentiels liés aux loisirs	18,1 km	3,8 km

8.8.8 Conception préliminaire de la construction de la route

Les deux tracés et leurs variantes ont été présentés à la communauté lors d'un atelier, et les personnes rencontrées se sont prononcées en faveur de l'option 2.

Le tracé de l'option 2 a été optimisé et un avant-projet routier a été réalisé sur les tronçons de routes à construire afin de fournir une estimation des coûts. Le tracé 2 optimisé utilise 29 km de corridor routier existant, 12 km de nouvelles routes et 4,5 km de routes déjà construites. L'emplacement des différentes sections est présenté sur la carte des travaux selon l'option choisie à l'annexe 6.17. Les tronçons à construire sont situés entre les kilomètres 27+000 à 35+000 et 37+000 à 41+000, et nous avons réalisé des plans et profils préliminaires afin de nous assurer de la faisabilité technique et d'estimer les coûts de construction. Au total, 31 ponceaux traversant des cours d'eau ont été identifiés. Il s'agit de nouveaux ponceaux ou de ponceaux existants qui devront être remplacés. Les plans et profils préliminaires des nouveaux tronçons à construire peuvent être consultés à l'annexe 6.17.

8.8.9 Traversées de cours d'eau et drainage

L'emplacement des traversées de cours d'eau peut être divisé en deux catégories : d'une part, il existe des traversées de cours d'eau sur des tronçons de route existants qui devront être améliorés (voir Tableau 8.8-6). D'autre part, de nouvelles traversées de cours d'eau devront être installées sur de nouveaux tronçons de route. Des calculs de débit ont été effectués afin d'avoir une idée relativement précise des ponceaux à installer dans le cadre de l'option 2 sélectionnée. Les résultats des calculs se trouvent à l'annexe 6.17. Les diamètres calculés sont présentés à la colonne « Diamètre ». Il convient de noter qu'aucune étude des berges n'a été réalisée pour confirmer l'exactitude des dimensions. Ce dimensionnement ne sera utilisé qu'à des fins d'estimation de la construction. Des enquêtes sur le terrain seront nécessaires pour valider ces hypothèses dans les études futures. Les pentes d'installation ont également été estimées, mais n'ont pas été validées. Cette estimation nous a permis d'évaluer la proportion de ponceaux nécessitant des déversoirs pour maintenir le libre passage des poissons. La longueur estimée des ponceaux a été évaluée à partir des plans et profils préliminaires.

Tableau 8.8-6 : Ponceaux existants à remplacer et diamètre prescrit

Emplacement au KM	Nom	Diamètre (mm)	Détails	Longueur (m)
0+375	MISS001	800		27
4+809	MISS002	2 400		30
6+150	MISS030	800		24
10+471	MISS003	1 400	déversoirs	51
13+207	MISS004	1 400		30
13+823	MISS005	1 200	déversoirs	30
14+698	MISS006	800		18
15+284	MISS007	1 400		39
15+677	MISS008	1 400	déversoirs	21
16+599	MISS009	1 000		18
17+097	MISS010	1 000		21
18+012	MISS031	800		15
20+241	MISS011	800		21
20+665	MISS012	1 400	déversoirs	21
22+132	MISS013	1 400		18
24+101	MISS014	1 400	déversoirs	15
24+287	MISS015	800		18
26+000	MISS016	S.O.	Pont 20 m	20
35+636	MISS022	1 800	déversoirs	36
36+245	MISS023	800		18
36+550	MISS024	2x2 400		27
36+874	MISS025	1 400	déversoirs	54

Tableau 8.8-7 : Nouveaux ponceaux à installer

Emplacement au KM	Nom	Diamètre (mm)	Détails	Longueur (m)
28+848	MISS017	800		18
29+218	MISS018	1 200	déversoirs	30
31+063	MISS019	800		33
33+708	MISS020	1 600		45
34+518	MISS021	1 600		27
38+111	MISS026	800		21

Outre les cours d'eau, il est de notre devoir de veiller à maintenir un drainage adéquat de l'infrastructure et donc de fournir les ponceaux de drainage nécessaires. Sans faire un plan pour positionner chaque drainage afin de calculer le nombre et la longueur nécessaires, nous avons estimé un nombre minimum par km de route. L'objectif était de disposer des montants prévus pour l'estimation des coûts. Nous avons donc estimé à 3 ponceaux de drainage par km de route, tant pour les tronçons en cours de réhabilitation que pour les tronçons en cours de construction, ce qui donne un total de 123 ponceaux de drainage jugés nécessaires, 87 pour les tronçons en cours de réhabilitation et 36 pour les nouveaux tronçons de route. Pour la longueur, nous avons estimé que les ponceaux de drainage devraient varier entre 12 m et 18 m.

8.8.10 Estimation des quantités (terrassement)

Sections de reconstruction

Pour les tronçons de route réhabilités, des hypothèses ont dû être formulées pour nous permettre d'estimer les coûts de construction des 29 kilomètres de routes réhabilitées. Les travaux tiennent compte du fait qu'il est très probable que l'infrastructure existante ne réponde pas aux critères nécessaires à l'application du pavage comme surface de roulement. Il est possible que l'infrastructure existante contienne de la terre organique et même des souches ou des débris végétaux, car cette pratique est courante lors de la construction de routes d'exploitation forestière de classe 4 ou inférieure selon le RADF. Étant donné qu'une grande partie des routes réhabilitées se trouve sur des dépôts de sable et pour les besoins de l'exercice d'estimation, nous avons supposé que pour la moitié des routes réhabilitées, la couche de fondation devra être excavée et remplacée par du MG-112. Les hypothèses peuvent être trouvées dans le Tableau 8.8-8.

Tableau 8.8-8 : Travaux assumés sur les sections de reconstruction

Types de travaux	Longueur
Débroussaillage de 4 m de chaque côté de la route pour améliorer la visibilité Essouchage (largeur de 4 m)	29 km
Élargissement de 4 m et corrections Reprofilage des fossés	14,5 km
Excavation de l'infrastructure de 1 m de profondeur et remplissage avec du MG-112	14,5 km

Sections en construction

Pour les tronçons en cours de construction, les plans et profils préliminaires que nous avons réalisés nous ont permis d'estimer les volumes de terrassement liés à la construction d'une nouvelle route d'accès. Dans l'état actuel des

choses, deux tronçons de route sont en cours de construction : sections 27+00 à 35+000 (voir le Tableau 8.8-9) et les sections 37+000 à 41+000 (Tableau 8.8-10).

Tableau 8.8-9 : Quantités de terrassement – section 27+000 à 35+000

De	À	Coupe Classe 2 (m³)	Remblai Classe 1 (m³)	Coupe totale (m³)	Remblai total (m³)	Matériaux d'emprunt (m³)
27+000	28+000	1 959	259	2 219	2 294	75
28+000	29+000	3 084	148	3 232	4 740	1 508
29+000	30+000	3 561	2 432	5 993	8 982	2 989
30+000	31+000	3 063	201	3 264	5 108	1 844
31+000	32+000	1 428	9	1 437	2 798	1 362
32+000	33+000	1 765	16	1 781	2 567	786
33+000	34+000	6 436	6 909	13 345	14 366	1 022
34+000	35+000	5 305	9 152	14 456	19 408	4 952
Total :		26 600	19 125	45 725	60 263	14 537

Tableau 8.8-10 : Quantités de terrassement – section 37+000 à 41+000

De	À	Coupe Classe 2 (m³)	Remblai Classe 1 (m³)	Coupe totale (m³)	Remblai total (m³)	Matériaux d'emprunt (m³)
37+000	38+000	2 559	556	3 115	4 932	1 817
38+000	39+000	17 368	4 332	21 699	33 209	11 510
39+000	40+000	9 817	-	9 817	13 612	3 795
40+000	41+000	7 772	-	7 772	10 680	2 908
Total :		37 517	4 887	42 404	62 433	20 029

8.8.11 Estimation des coûts

Sur la base des quantités estimées dans la section précédente, voici un résumé des coûts de construction de la deuxième route d'accès à Mistissini (Tableau 8.8-11). Les coûts détaillés de l'estimation sont présentés à l'annexe 6.17, y compris les coûts directs de construction plus le pourcentage de profit et d'administration de l'entrepreneur. Il est important de noter que les coûts présentés dans la section suivante comprennent les bénéfices et les frais administratifs de l'entrepreneur, mais pas les coûts du propriétaire. Ces coûts de construction comprennent tous les matériaux, l'équipement et la main-d'œuvre nécessaires à la réalisation des travaux. Les coûts comprennent tous les travaux de remise en état de la chaussée existante nécessaires pour revêtir la route, y compris l'excavation et le remplacement de l'infrastructure existante.

Tableau 8.8-11 : Coûts de construction

Étapes	Coûts
Organisation	12 500 000 \$
Terrassement	12 667 407 \$
Chaussée et pavage	27 090 945 \$
Ponceaux et drainage	2 291 340 \$
Signalisation	502 500 \$
Travaux divers	1 110 000 \$
Aménagement paysager	100 000 \$
Administration et profits 15 %	8 439 328 \$
Total :	64 701 520 \$

La Figure 8.8-5 ci-dessous montre la répartition en pourcentage des coûts de construction de la deuxième route de Mistissini. Il est important d'accorder une attention particulière à la part du coût total allouée à la chaussée, à savoir 42 % des coûts de construction. Ce coût comprend les matériaux granulaires de la sous-fondation et de la fondation ainsi que le pavage.

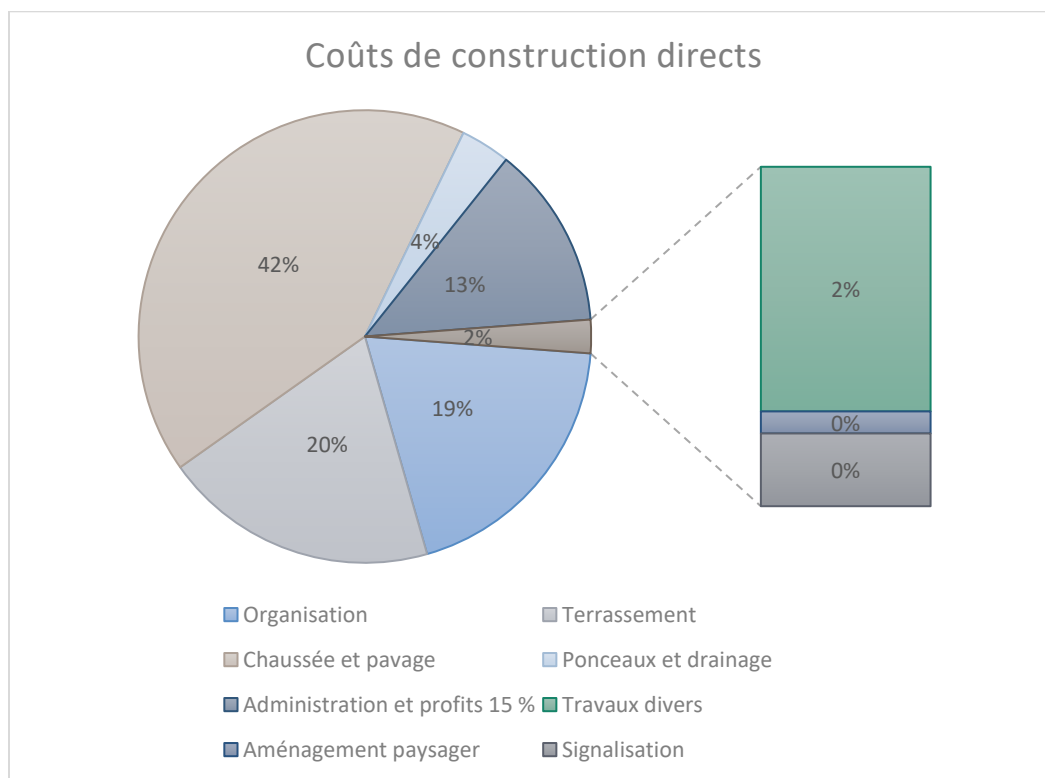


Figure 8.8-5 : Distribution des coûts de construction

Un examen plus approfondi des coûts de la partie chaussée et revêtement (voir la Figure 8.8-6) montre que la chaussée représente une part très importante des coûts de la route, à savoir 64 %.

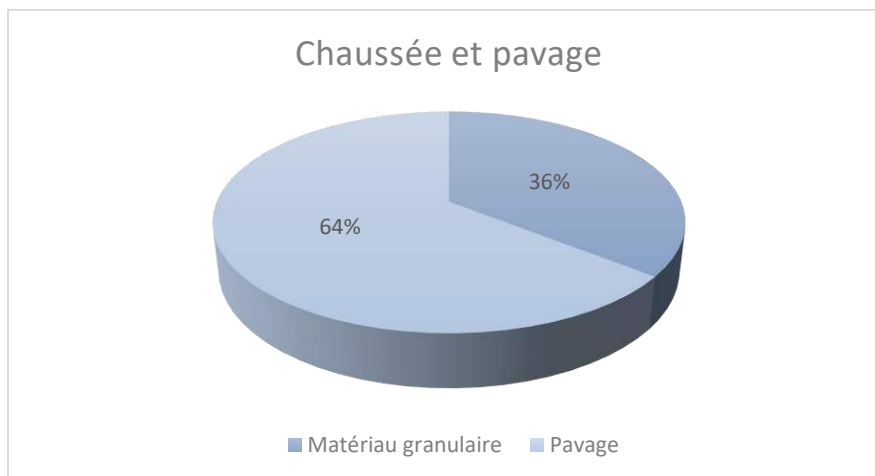


Figure 8.8-6 : Distribution des coûts associés à la route

8.8.12 Conclusion et recommandations

D'un point de vue technique, l'étude montre qu'il n'y a pas de contraintes majeures à l'établissement d'une seconde route d'accès à Mistissini, qui relierait directement la communauté à la Route du Nord. La route aurait une longueur d'environ 45 km. Le territoire dispose déjà de plusieurs routes forestières qui ont permis l'exploitation de certains volumes de bois sur le territoire. Ce fait prouve également qu'il n'y a pas de contraintes majeures à l'établissement d'une route d'accès dans ce secteur. Il est également possible de réutiliser certaines des routes existantes et de les améliorer afin de ne pas fracturer davantage le territoire. Pour la construction de cette deuxième route d'accès, y compris l'asphaltage, le coût des travaux, y compris l'administration et les bénéfices, est estimé à 64,7 millions de dollars.

Nous recommandons à la communauté de réfléchir à la nécessité réelle d'appliquer de l'asphalte sur cette route en tant que surface de roulement. D'une part, le coût de l'asphaltage doit être pris en considération compte tenu du trafic journalier moyen qui sera probablement inférieur à 100. Il faut également tenir compte de la présence de l'industrie forestière sur le territoire, la Corporation forestière Eenatuk détenant un permis de récolte de bois dans le but d'approvisionner une usine de transformation du bois (PRAU) d'environ 125 000 m³ annuellement. Le poids des camions utilisés par l'industrie forestière pourrait dégrader prématurément cette couche de chaussée. Les coûts qui pourraient être économisés grâce au choix d'une route non pavée sont de l'ordre de près de 20 millions de dollars en coûts directs.

8.9 AUTRES ÉTUDES TECHNIQUES

8.9.1 Évaluation de la voie du CN et estimation des coûts de remise en état

8.9.1.1 État de la voie environnante

Dans la région, on trouve les tronçons ferroviaires suivants, tous exploités et détenus par le CN et tous de classe 2.

1. Subdivision Matagami du CN : 40 km/h (25 mi/h), 98 km de long
2. Subdivision Chapais du CN : 40 km/h (25 mi/h), 125 km de long
3. Subdivision CN Cran : 40 km/h (25 mi/h), 214 km de long – exclus de l'étude

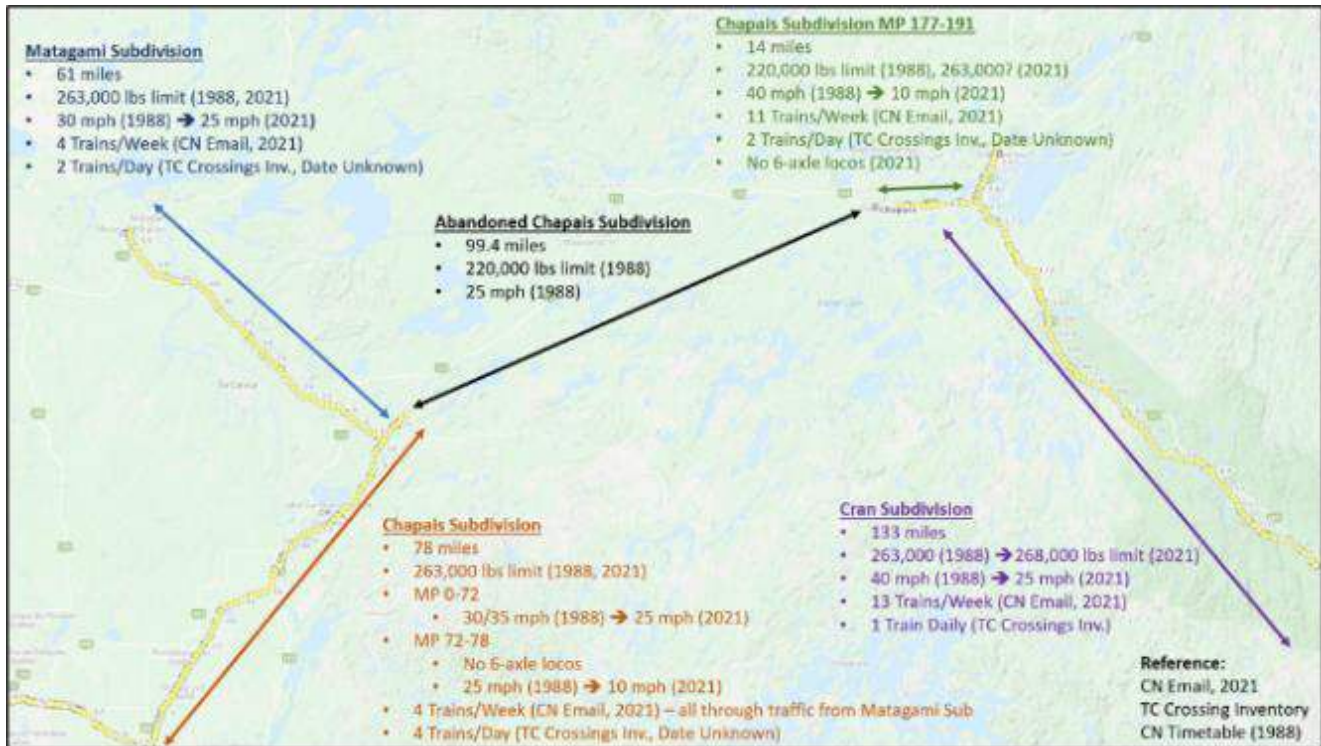


Figure 8.9-1 : Vue d'ensemble des subdivisions du CN

Actuellement, les subdivisions de Matagami et de Chapais ont une limite de vitesse de 40 km/h (25 mi/h), ce qui les rend toutes deux de classe 2.

L'équipe chargée de l'étude a réalisé une estimation de haut niveau des coûts nécessaires pour amener ces deux subdivisions à un niveau de classe 3 répondant aux normes de Transports Canada pour permettre des vitesses de 65 km/h (40 mi/h) afin qu'elles soient conformes aux vitesses proposées pour les chemins de fer RBD et GC. L'augmentation de vitesse proposée réduirait le temps de trajet d'une à deux heures dans chaque direction pour le matériel roulant circulant sur les deux subdivisions.

Seule la voie des subdivisions Matagami et Chapais a été envisagée; la modernisation des ponts a été jugée trop coûteuse, de sorte que les trains devraient réduire leur vitesse à 40 km/h (25 mi/h) pour les franchir.

L'imagerie Google a permis d'identifier les éléments d'infrastructure ferroviaire suivants entre Matagami et Barraute. Les longueurs sont approximatives, elles ne sont indiquées qu'à titre indicatif.

Tableau 8.9-1 : Résumé des infrastructures existantes des subdivisions de CN

Subdivision Matagami							
Type	Quantité	Pont de la rivière	Longueur (m)	Voies d'évitement	Longueur (m)	Triage	Longueur (m)
Aiguillages	28	1	45	1	825	1	1 550
Ponts	7	2	40			2	5 000
Passages à niveau	13	3	45			3	3 950
		4	50				
		5	60				
		6	287				
		7	47				
Subdivision Chapais							
Type	Quantité	Pont de la rivière	Longueur (m)	Voies d'évitement	Longueur (m)	Triage	Longueur (m)
Aiguillages	30	1	125	1	1 240	1	8 700
Ponts	2	2	80	2	5 300		
Passages à niveau	22						

8.9.1.2 Estimations de la remise en état

À l'aide d'estimations paramétriques tirées de son expérience en matière de remise en état de voies, l'équipe de VEI a estimé le coût de la réfection des traverses, des rails et du ballast des voies existantes à une estimation de classe 3.

Dans l'ensemble, il a été déterminé que 30 % de la voie nécessiterait le remplacement des traverses, des rails et du ballast; cela représente les sections en alignement qui pourraient permettre des vitesses de 65 km/h (40 mi/h), qui ne sont pas à proximité de ponts et/ou dans des courbes qui seraient soumises à des restrictions de vitesse. La quantité de composants de la voie qui n'ont pas pu être réutilisés a également été comptabilisée.



Figure 8.9-2 : Passage sur la subdivision Matagami (vitesse de 25 mi/h)

8.9.1.3 Propriété

Il est important de noter que dans son dernier plan triennal du réseau ferroviaire¹⁰ (2019), le CN a indiqué son intention de cesser l'exploitation des lignes Chapais et Matagami, en partie à cause de la réduction du trafic sur la ligne. L'ouverture des mines de lithium sur le territoire cri laisse penser que la possession et l'exploitation de ces lignes pourraient être plus viables. À ce stade, le plan triennal du CN pour 2022 n'a pas été rendu public.

¹⁰ <https://www.cn.ca/-/media/Files/About-CN/Company-Information/three-year-plan-en.pdf?la=en&hash=757E78FBABC46810EDFEF99BC7ACE66BC4C17BC6>

CN Three-Year Rail Network Plan					
Canadian Network					
Revised July 4, 2019					
Province	Line	Milepost			Status
		From	To	Total	
Quebec	Alexandria	0.00	12.00	12.00	Discontinue B
Quebec	Becancour	0.00	24.60	24.60	Retain
Quebec	Bridge	0.00	15.70	15.70	Retain
Quebec	Chapais	0.00	78.10	78.10	Discontinue
Quebec	Chapais	169.40	200.20	30.80	Retain
Quebec	Cran	0.00	133.20	133.20	Retain
Quebec	Lac St Jean	0.00	204.40	204.40	Retain
Quebec	Levis	0.00	15.00	15.00	Retain
Quebec	Matagami	0.00	61.10	61.10	Discontinue
Quebec	Matane	0.00	34.40	34.40	Retain

Figure 8.9-3 : Plan de réseau triennal du CN

Fréquences actuelles des trains

1. Subdivision de Matagami : 2 trains par jour
 - a) Horaire lundi/jeudi : L5812 (Senneterre - Matagami)
 - b) Horaire mardi/vendredi : L5802 (Matagami – Senneterre)
2. Subdivision de Chapais MP 0-72 : 4 trains par jour
 - a) Horaire lundi/jeudi : L5812 (Senneterre – Matagami)
 - b) Horaire mardi/vendredi : L5802 (Matagami – Senneterre)
3. Chapais extrémité Est (secteur Chibougamau) :
 - a) Horaire mar/jeu/dim : L5622 (Chambord – Chibou)
 - b) Horaire lun/mer/ven : L5632 (Chibou – Chambord)
 - c) Horaire lun/mar/mer/jeu/ven : L5682 (Chibou – Chapais – Chibou)
4. Subdivision Cran : 1 train par jour
 - a) Horaire mar/jeu/dim : L5622 (Chambord – Chibou)
 - b) Horaire lun/mer/ven : L5632 (Chibou – Chambord)
 - c) Horaire sur 7 jours : L5312 (Chambord – Dolbeau – La Dore – Chambord)

8.9.1.4 Estimations de la remise en état

À l'aide d'estimations paramétriques tirées de son expérience en matière de remise en état de voies, l'équipe de VEI a estimé le coût de la réfection des traverses, des rails et du ballast des voies existantes à une estimation de classe 3. Résultats :

Tableau 8.9-2 : Résumé des coûts

Description	Subdivision Chapais	Subdivision Matagami	Total
L(km) – longueur totale	125,5	98	
30 % de L – hypothétique	37,65	29,4	
Coût basé sur 2,0 M \$/km	75,3 M \$	58,8 M \$	134,1 M \$

L'estimation ci-dessus sera utilisée comme risque/opportunité dans l'analyse financière puisque la dépense n'est pas une obligation pour permettre les opérations proposées, mais peut être avantageuse si la réduction du temps de trajet permet d'obtenir de meilleures performances globales.

8.9.2 Étude sur les technologies de propulsion des trains à batterie et électriques

L'objectif de l'étude était d'examiner et de valider la faisabilité de l'utilisation de modes de propulsion ferroviaire alternatifs pour la phase 1 du CFRBD, dans le but de réduire les émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie du projet proposé. Ceci comprendra l'étude de :

- Trains alimentés par batterie;
- Trains électriques alimentés par caténaire;
- Trains hybrides, qui comprendront une combinaison de batteries et de propulsion diesel.

Cette section du rapport technique final de la phase 1 présente une vue d'ensemble des technologies de propulsion alternatives envisagées, ainsi qu'une discussion des résultats. Les détails techniques d'un chemin de fer électrifié traditionnel et l'état d'avancement des technologies de batterie applicables à la propulsion ferroviaire sont abordés en détail dans le rapport complet sur les batteries et la propulsion des trains électriques, à l'annexe 6.15.

Le transport ferroviaire représente environ 1 % des émissions totales du transport dans le monde. Les développements récents dans le domaine du matériel roulant ferroviaire ont mis en évidence de nombreuses applications de ce que l'on appelle les « trains à émissions nulles ou faibles » reposant sur des technologies innovantes. Si, jusqu'à présent, ils se sont surtout limités au transport urbain, les modes de propulsion alternatifs commencent à apparaître comme un moyen prometteur de soutenir la croissance du transport ferroviaire conventionnel.

Bien qu'il n'y ait pas beaucoup d'obstacles techniques à l'électrification d'une ligne ferroviaire avec une infrastructure caténaire, le coût de construction associé peut être important. Il est également important de considérer la manière dont l'énergie est fournie, car les méthodes de production d'électricité peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre, voire au sein d'un même pays. Dans l'Union européenne (UE), environ 60 % du réseau ferroviaire est électrifié et transporte environ 80 % de tout le trafic ferroviaire de cette région. Dans le même temps, tout le transport ferroviaire de marchandises en Amérique du Nord utilise actuellement une propulsion à base de diesel.

Récemment, certains chemins de fer américains de classe 1 ont commencé à tester des technologies alternatives dans le but de réduire ou d'éliminer complètement la propulsion à base de diesel. Les trains alimentés par batterie sont la dernière évolution des trains électriques, avec un stockage d'énergie embarqué leur permettant de circuler là où il n'y a pas de caténaire. Cette technologie vise à utiliser les avantages des trains électriques sans le coût élevé de l'électrification d'un chemin de fer.

Bien que la technologie en soit encore à ses débuts, plusieurs locomotives électriques à batterie sont actuellement développées et testées pour une utilisation en Amérique du Nord. Parmi les exemples, citons le « FLXdrive » développé par Wabtec et l'EMD Joule développé par Progress Rail. Certains des principaux chemins de fer du monde ont déjà passé commande de ces locomotives ou les testent même déjà en exploitation – Roy Hill, Canadian National, Rio Tinto, BHP, Union Pacific, Vale et FMG.

8.9.2.1 Enjeux

Les technologies des batteries présentent encore de nombreuses limites, ce qui signifie qu'elles ne sont pas encore adaptées à tous les types d'exploitation ferroviaire. Les défis suivants liés à l'utilisation de locomotives alimentées par batterie doivent être pris en considération lors de la mise en œuvre de cette technologie :

- L'un des principaux problèmes liés à la mise en œuvre de locomotives caténaires pour le projet proposé est qu'il n'y a actuellement aucune locomotive électrique de fret fabriquée et vendue en Amérique du Nord et que l'importation de locomotives de l'extérieur du continent pose des défis importants en raison de l'inadéquation des normes relatives aux locomotives.
- Le coût de la construction de l'infrastructure pour une électrification complète par caténaire est important.
- Le climat local du projet proposé implique des mois d'hiver rigoureux, où les basses températures auront un impact négatif important sur la capacité des batteries à fournir l'énergie de traction nécessaire.
- En raison de la distance importante que les trains parcourent entre les terminaux de Matagami et de Waskaganish, il peut être nécessaire d'avoir recours à des chargeurs de batterie pour compléter les batteries de bord des locomotives et fournir suffisamment d'énergie pour le trajet.
- Afin de limiter l'usure des batteries et l'impact sur la capacité disponible des batteries, il peut être nécessaire de garer les locomotives alimentées par batterie à l'intérieur des ateliers d'entretien pendant les froides nuits d'hiver.
- La charge rapide des batteries augmente le taux d'usure et réduit leur durée de vie, et doit donc être limitée au minimum. En outre, si la charge rapide est utilisée, les batteries ne peuvent pas être chargées à plus de 95 %.
- Afin de limiter l'usure des batteries et de garantir qu'elles atteignent leur durée de vie maximale, celles-ci ne doivent pas être déchargées en dessous de 20 %. Cela réduit la charge utilisable de la batterie des trains.
- Dans l'état actuel de la technologie, il est bien entendu que la capacité des batteries diminue avec le temps en raison de l'usure. Cet effet est estimé à environ 25 % de perte de charge sur une période de 10 ans. Cette perte a été prise en compte dans la présente analyse afin de garantir que, même avec seulement 75 % de sa charge disponible, le train sera en mesure de terminer son trajet.
- Compte tenu du temps important que peut prendre la recharge des batteries, il pourrait être nécessaire d'installer plusieurs bornes de recharge à chaque terminal, ce qui permettrait de recharger les locomotives en parallèle.

8.9.2.2 Analyse et résultats

Les scénarios suivants ont été étudiés :

- Alternative A : électrification complète des chemins de fer avec des locomotives électriques par caténaire
- Alternative B : trains alimentés par batterie
 - Scénario B1 : recharge des locomotives à Waskaganish et Matagami.
 - Scénario B2 : recharge des locomotives à Waskaganish et Matagami, et recharge à une borne d’appoint à mi-chemin (PK 118).
 - Scénario B3 : recharge des locomotives à Waskaganish et Matagami, et échange des batteries à mi-chemin (PK 118).
 - Scénario B4 : exploitation d’un train hybride avec deux locomotives diesel et une locomotive à batterie, et recharge de la locomotive à Waskaganish et Matagami.

La modélisation énergétique a été réalisée à l’aide de calculs statiques pour déterminer les besoins en capacité des batteries et l’impact du temps nécessaire à la recharge des locomotives à batterie. Ces calculs ont été effectués sur la base des résultats de simulations réalisées avec le calculateur de performance des trains et en tenant compte des défis décrits ci-dessus. Au cœur de cette analyse se trouve l’estimation de l’énergie nécessaire à la traction par rapport à la capacité énergétique des batteries.

Afin de conférer une certaine robustesse aux résultats fournis, des calculs énergétiques additionnels ont été effectués pour le scénario le plus défavorable, qui prend en compte une capacité réduite de la batterie en raison des conditions climatiques froides et de son usure.

Le tableau ci-dessous présente un résumé des besoins en matériel roulant pour tous les scénarios de batteries.

Tableau 8.9-3 : Résumé des besoins en matériel roulant pour chaque scénario

Scénario	Type	SD70/locomotive voyageurs (locomotive diesel)	Option 1		Option 2		Option 3	
			Wabtec FLXdrive		Locomotive à batterie Progress Rail de type 1		Locomotive à batterie Progress Rail de type 2	
			Locomotives	Chargeurs de batterie	Locomotives	Chargeurs de batterie	Locomotives	Chargeurs de batterie
B1 (Recharge aux bornes)	En opération	0	Non applicable, car le Wabtec FLXdrive n'a pas été conçu pour fonctionner sans l'assistance de locomotives diesel.		2	8	2	6
	Pièce de rechange	0			1	1	1	1
	Total	0			3	9	3	7
B2 (Recharge à la borne d'appoint)	En opération	0			2	3	2	1
	Pièce de rechange	0			1	1	1	1
	Total	0			3	4	3	2
B3 (Échange des chargeurs de batterie)	En opération	0			2	8	2	6
	Pièce de rechange	0			1	1	1	1
	Total	0			3	9	3	7
B4 (Hybride)	En opération	2	1	0	1	0	1	0
	Pièce de rechange	1	0	0	0	0	0	0
	Total	1	1	0	1	0	1	0
B1 (Voyageurs)	En opération	0	Non applicable, car le Wabtec FLXdrive n'a pas été conçu pour fonctionner sans l'assistance de locomotives diesel.		1	0	1	0
	Pièce de rechange	0			0	0	0	0
	Total	0			1	0	1	0
B4 (Voyageurs)	En opérations	1	1	0	1	0	1	0
	Pièce de rechange	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1	1	0	1	0	1	0

Tableau 8.9-4 ci-dessous fournit un résumé de l'énergie consommée pour recharger les locomotives pour chaque scénario. Une efficacité de charge à traction de 55 % a été estimée pendant l'exploitation hivernale, et une efficacité correspondante de 85 % a été estimée pour les mois d'été.

Tableau 8.9-4 : Résumé de la consommation d'énergie pour chaque scénario

Scénario	Configuration de la locomotive	Saison	Énergie consommée pour la recharge (MWh)		Carburant consommé (L)	
			En direction sud	En direction nord	En direction sud	En direction nord
Diesel	2 x SD70	Toutes saisons	0	0	4745	2257
A (Caténaire-électrique)	2 x locomotives par caténaire-électrique	Toutes saisons	25,1	13,8		
B1 (Recharge aux bornes)	2 x locomotives à batterie Progress Rail de type 1	Hiver	38,8	20,7	Pas de consommation de diesel.	
		Été	25,2	13,5		
	2 x locomotives à batterie Progress Rail de type 2	Hiver	40,5	20,5		
		Été	26,3	13,3		
B2 (Recharge à la borne d'appoint)	2 x locomotives à batterie Progress Rail de type 1	Hiver	37,0	17,2		
		Été	24,1	11,2		
	2 x locomotives à batterie Progress Rail de type 2	Hiver	38,5	16,7		
		Été	25,0	10,8		
B3 (Échange des chargeurs de batterie)	2 x locomotives à batterie Progress Rail de type 1	Hiver	37,5	17,8		
		Été	24,3	11,6		
	2 x locomotives à batterie Progress Rail de type 2	Hiver	39,5	17,9		
		Été	25,6	11,6		
B4 (Hybride)	2 x SD70 1 x Wabtec FLXdrive	Hiver	4,9	4,9	4 278	1 809
		Été	3,2	3,2		
	2 x SD70 1 x locomotive à batterie Progress Rail de type 1	Hiver	5,6	5,6	4126	1625
		Été	3,7	3,7		
	2 x SD70 1 x locomotive à batterie Progress Rail de type 2	Hiver	10,2	8,6	3 460	1 121
		Été	6,7	5,6		
Diesel (Voyageurs)	1 x locomotive voyageurs	Toutes saisons	0	0	469	463
B1 (Voyageurs)	1 x locomotive à batterie Progress Rail de type 1	Hiver	4,4	4,4	Aucune consommation de diesel.	
		Été	2,9	2,9		
	1 x locomotive à batterie Progress Rail de type 2	Hiver	5,2	5,1		
		Été	3,4	3,3		
B4 (Voyageurs)	1 x locomotive voyageurs (diesel) 1 x Wabtec FLXdrive	Hiver	4,4	4,4		
		Été	2,9	2,9		
	1 x locomotive voyageurs (diesel)	Hiver	4,4	4,4		
		Été	2,9	2,9		

Scénario	Configuration de la locomotive	Saison	Énergie consommée pour la recharge (MWh)		Carburant consommé (L)	
			En direction sud	En direction nord	En direction sud	En direction nord
	1 x locomotive à batterie Progress Rail de type 1					
	1 x locomotive voyageurs (diesel)	Hiver	5,2	5,1		
	1 x locomotive à batterie Progress Rail de type 2	Été	3,4	3,3		

Le Tableau 8.9-5 présente une comparaison des besoins en infrastructures et autres pour chaque scénario :

Tableau 8.9-5 : Comparaison des besoins en infrastructures et autres pour chaque scénario, et impact sur les opérations

	Alternative A : électrification complète	Scénario B1 : recharge aux terminaux	Scénario B2 : recharge aux terminaux et à la borne d'appoint à mi-chemin	Scénario B3 : échange des chargeurs de batterie	Scénario B4 : trains hybrides
Infrastructure	Nécessite l'électrification complète du chemin de fer avec une infrastructure caténaire, ainsi que les équipements électriques nécessaires (comme les bornes d'appoint) pour fournir de l'énergie électrique le long de la ligne.	Une borne de recharge de batteries à Waskaganish (2 bornes de recharge de 1,2 MW) Une borne de recharge de batteries à Matagami (3 x bornes de recharge de 1,2 MW)	Une borne de recharge de batteries à Waskaganish (2 x bornes de recharge de 1,2 MW) Une borne de recharge de batteries à Matagami (3 x bornes de recharge de 1,2 MW) Une borne de recharge de batteries à mi-parcours (PK 118) qui comprend également une voie d'évitement de manière à ce que la ligne principale puisse rester libre pendant la recharge. (3 x bornes de recharge de 1,2 MW)	Une borne de recharge de batteries à Waskaganish (1 x borne de recharge de 1,2 MW) Une borne de recharge de batteries à Matagami (2 x bornes de recharge de 1,2 MW) Une borne de recharge de batteries à mi-chemin (PK 118) qui comprend également une voie d'évitement permettant de ne pas obstruer la ligne principale pendant la recharge, ainsi qu'une voie de retour pour entreposer les wagons de batteries de recharge. (1 x borne de recharge de 1,2 MW)	Une borne de recharge de batteries à Waskaganish (1 x borne de recharge de 1,2 MW) Une borne de recharge de batteries à Matagami (1 x borne de recharge de 1,2 MW)
Matériel roulant	4 locomotives électriques à caténaire au lieu des locomotives diesel	4 locomotives électriques à batterie au lieu des locomotives diesel 9 wagons avec chargeurs de batterie	4 locomotives électriques à batterie au lieu des locomotives diesel 4 wagons avec chargeurs de batterie	4 locomotives électriques à batterie au lieu des locomotives diesel 9 wagons avec chargeurs de batterie	2 locomotives électriques à batterie en plus de 4 locomotives SD70 (diesel)
Impact sur les opérations	Aucun impact n'est prévu avec les hypothèses actuelles	Aucun impact n'est prévu avec les hypothèses actuelles	Augmentera le temps de trajet en direction sud d'environ 5 heures Nécessitera une équipe	Aucun impact n'est prévu avec les hypothèses actuelles	Aucun impact n'est prévu selon les hypothèses actuelles

Alternative A : électrification complète	Scénario B1 : recharge aux terminaux	Scénario B2 : recharge aux terminaux et à la borne d'appoint à mi-chemin	Scénario B3 : échange des chargeurs de batterie	Scénario B4 : trains hybrides
		supplémentaire en raison du temps supplémentaire requis pour la recharge avant l'arrivée à Matagami.		

8.9.2.3 Comparaison et analyse des investissements

En ce qui a trait aux besoins en investissements, le scénario d'électrification par caténaire est le moins souhaitable, et ce de loin (voir la Figure 8.9-4 ci-dessous).

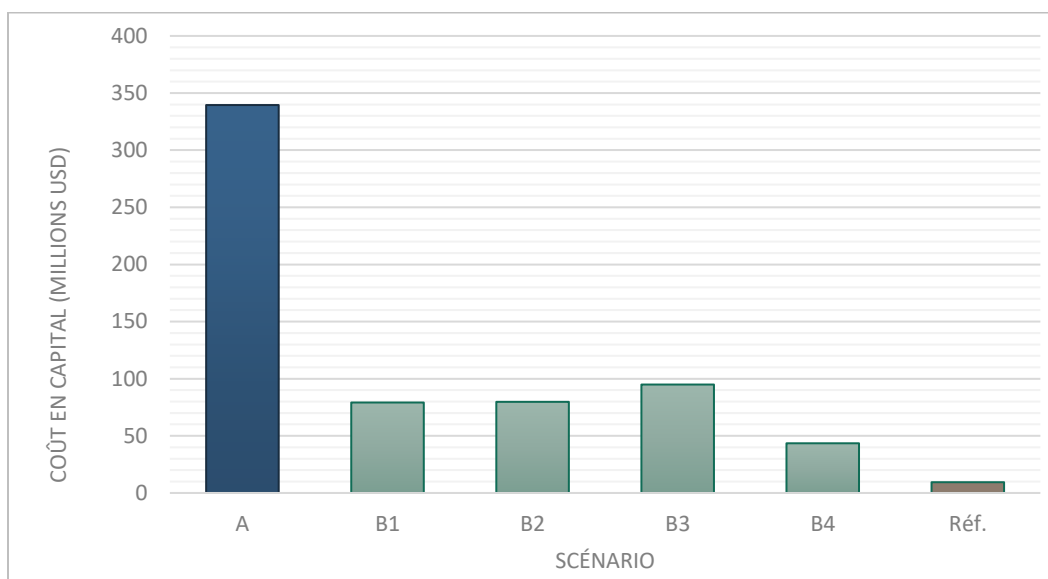


Figure 8.9-4 : Comparaison du coût total en capital pour tous les scénarios

Si l'on considère ensemble le coût d'exploitation et le coût moyen annualisé en capital de maintien, le scénario B4 donne le coût annuel combiné le plus faible de tous les modes de propulsion alternatifs.

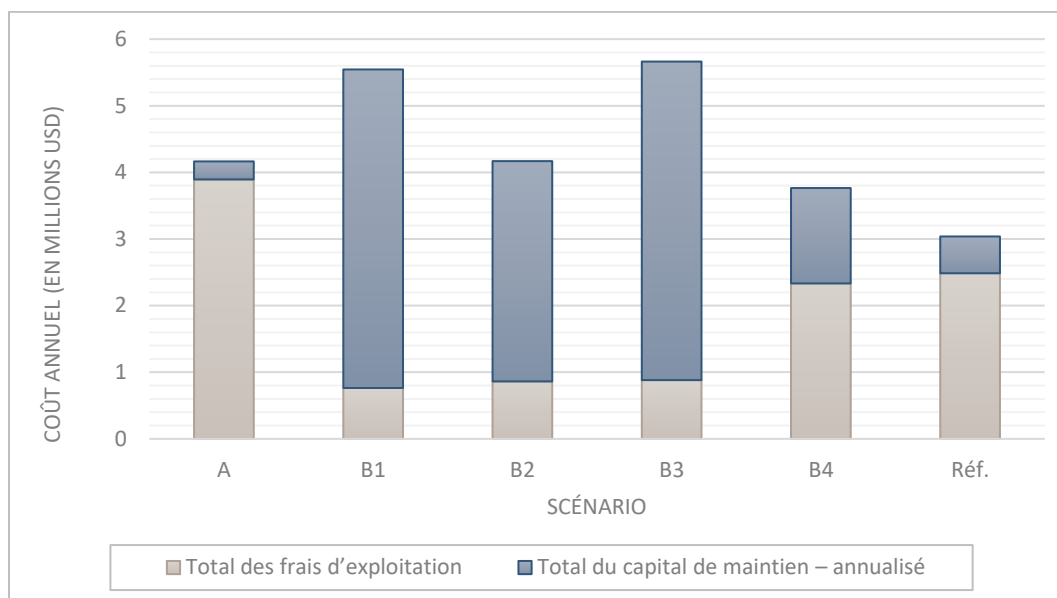


Figure 8.9-5 : Comparaison des frais d'exploitation et du capital de maintien pour les différents scénarios

Comme indiqué dans la Figure 8.9-5, tous les scénarios ont un coût annuel combiné plus élevé que le scénario de référence avec locomotive diesel.

Il est important de considérer que les émissions de gaz à effet de serre, ainsi que l'émission d'autres sous-produits nocifs par les moteurs à combustion diesel, seront réduites de manière significative pour tous les scénarios par rapport au scénario de référence avec diesel seul. Le tableau ci-dessous fournit un résumé de la réduction annuelle des émissions pour l'exploitation des trains pour chaque scénario.

Tableau 8.9-6 : Résumé de la réduction annuelle de la consommation de carburant et des émissions

Scénario	A	B1	B2	B3	B4	Réf. Diesel
Consommation annuelle de diesel (L)	0	0	0	0	949 653	1 189 240
Consommation annuelle d'électricité (MWh)	6 576	8 418	7 740	7 872	2 030	0
Réduction de la consommation de carburant et des émissions	100 %	100 %	100 %	100 %	20 % ¹¹	-

Les locomotives alimentées par batterie en sont encore aux premiers stades de leur développement, et les essais n'ont pas encore été réalisés sur une période suffisamment longue pour que l'on puisse tirer des conclusions quant à la fiabilité et à l'adéquation de cette technologie pour l'exploitation ferroviaire. Les risques associés ne peuvent être ignorés et, par conséquent, une dépendance totale des locomotives à batterie pour l'exploitation ferroviaire ne peut être recommandée à l'heure actuelle. Cela inclut les scénarios B1, B2 et B3.

¹¹ L'utilisation d'une locomotive Wabtec FLXdrive a été envisagée. La réduction des émissions passe à 25 % si l'on considère plutôt la locomotive à batterie Progress Rail de type 1.

En ce qui concerne le scénario de la caténaire électrique, étant donné qu'il n'y a pas de locomotives électriques à caténaire pour le transport de marchandises actuellement fabriquées et utilisées en Amérique du Nord, il peut y avoir des risques d'approvisionnement et d'exploitation à prendre en compte.

Compte tenu de tous les défis et risques mentionnés ci-dessus, l'approche recommandée est une approche par étapes – où seul le scénario hybride à batterie B4 est mis en œuvre dans un premier temps. Il sera ainsi possible de tester la technologie de batterie sans s'y fier totalement. Les risques seront fortement atténués grâce à la redondance assurée par les locomotives diesel. En outre, les locomotives alimentées par batterie permettront toujours une réduction significative des émissions de GES. Ce scénario présente également l'avantage d'avoir le coût en capital le plus faible et les coûts annuels combinés de frais d'exploitation et de capital de maintien les plus bas de tous les scénarios de modes de propulsion alternatifs.

Une approche réalisable pour la mise en œuvre par étapes peut être la suivante :

- **Étape 1** : Mise en œuvre d'une exploitation hybride à batterie pour les trains de voyageurs uniquement (B4 voyageurs et marchandises diesel).
- **Étape 2** : Opérations hybrides pour les opérations de transport de marchandises et de voyageurs (B4 voyageurs et marchandises).
- **Étape 3** : Remplacement progressif des locomotives diesel par des locomotives à batterie.
- **Étape 4** : Passage complet aux trains alimentés par batterie.

8.9.2.4 *Recommandations*

L'électrification complète des chemins de fer par caténaire présente des défis et des coûts importants. Le volume de trafic qui justifierait le niveau d'investissement nécessaire ne pourra être atteint que lorsque le projet complet proposé, phases 1, 2 et 3, sera achevé. Investir dans une infrastructure d'électrification complète au cours de la phase 1 risque de rendre cette technologie obsolète au moment où la phase 3 sera achevée.

Actuellement, les progrès des technologies de batterie ne sont pas suffisants pour fournir l'énergie nécessaire aux trains de marchandises sur de longues distances. L'approche recommandée consisterait à mettre en œuvre, dans un premier temps, un scénario hybride, dans lequel des locomotives à batterie seraient utilisées en combinaison avec des locomotives diesel. Cela permettrait de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre et permettrait aux opérateurs d'acquérir de l'expérience et de tester la robustesse et la viabilité des locomotives alimentées par des batteries. Avec le temps, il sera possible de passer à des opérations entièrement alimentées par des batteries.

8.9.3 **Étude du remplacement de la voie de Grevet à Chapais**

8.9.3.1 *Remplacement de la voie de Grevet à Chapais*

La réactivation de la ligne ferroviaire Grevet-Chapais pourrait créer un conflit d'usage avec les utilisateurs actuels du corridor, dont 93 km sont actuellement utilisés par les associations de motoneigistes comme piste (voir carte en annexe 6.16) et 84 km par l'industrie forestière comme chemin forestier majeur (voir carte en annexe 6.16). Le déplacement de ces deux pistes fait partie intégrante de la réactivation du corridor ferroviaire Grevet-Chapais, et la faisabilité et les coûts nécessaires seront estimés.

8.9.3.2 Consultation des usagers de Grevet-Chapais

Compte tenu de l'impact important que la réouverture de la ligne ferroviaire Grevet-Chapais pourrait avoir sur les motoneigistes et l'industrie forestière, nous les avons contactés afin d'obtenir des informations et de discuter de leur perception du projet.

8.9.3.3 Consultation auprès de la FCMQ et des clubs de motoneigistes concernés

Tout d'abord, nous avons eu un premier contact avec le club de motoneige de Chapais, plus précisément avec M. Martin Blanchet, président du club. Dans un premier temps, M. Blanchet a mentionné qu'il n'était pas contre le développement régional, mais que la réouverture du tronçon Grevet-Chapais entraînerait la perte de 70 % du sentier TransQuébec 93 entre Grevet et Chapais, ce qu'il ne pouvait accepter. Pour le Club Chapais, le développement de la ligne ferroviaire Grevet-Chapais doit tenir compte des infrastructures existantes, soit le sentier TransQuébec 93, et offrir une solution alternative à l'industrie de la motoneige. Ils ont mentionné qu'avec l'aide de la FCMQ, ils ont analysé un scénario alternatif et évalué le coût de la reconstruction à 3 millions de dollars.

Nous avons donc contacté M. Yannick Claveau, agent de liaison pour les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean et de la Côte-Nord de la FCMQ, afin de connaître les hypothèses qui ont dicté ce scénario alternatif. M. Claveau nous a envoyé une carte et des fichiers de forme pour expliquer le processus. Afin de réaliser un exercice rapide, ils ont supposé que le sentier pourrait être déplacé le long de la route 113. Les détails des hypothèses de coûts sont basés sur leur expérience et ne nous ont pas été expliqués.

Nous avons ensuite organisé une réunion par vidéoconférence avec les présidents des clubs de motoneige de Chapais et de Quévillon ainsi qu'avec les agents de liaison de la FCMQ des deux régions concernées. L'objectif de cette réunion était de comprendre leurs préoccupations et leurs besoins. Le club de Quévillon n'était pas au courant de la démarche du club de Chapais de proposer un sentier alternatif et aurait souhaité en être informé au préalable. Le club du Quévillon veut aussi s'assurer de faire partie des intervenants dans les discussions entourant le projet TransQuébec 93. Un des points importants soulevés par le club de Quévillon concernant l'aspect technique est l'importance de conserver l'accès à Desmaraisville comme point de ravitaillement pour les motoneiges. Divers aspects techniques ont également été abordés, comme l'importance de ne pas avoir trop de courbes dans le développement d'un itinéraire alternatif.

8.9.3.4 Consultation avec Barrette-Chapais

Nous avons contacté M. Denis Chiasson de Barrette-Chapais pour discuter de la perception de l'entreprise sur les impacts potentiels de la réouverture du tronçon Grevet-Chapais. Pour Barrette-Chapais, ce chemin forestier est un axe majeur pour la récolte du bois. Ils y ont investi des sommes importantes, notamment en ajoutant des ponts en bois d'acier et en améliorant la route pour l'entretenir. Ils ne veulent pas perdre leur investissement et ils ne veulent pas perdre cette route qui permet le transport de gros camions tout-terrain « à train planétaire ». Barrette-Chapais n'est pas contre le développement, mais s'interroge sur la réactivation de ce corridor ferroviaire alors que, selon eux, l'axe ferroviaire entre Chapais et la ligne Chibougamau-Chambord a besoin d'une réparation majeure.



Figure 8.9-6 : Photos du site du pont et de la route par VEI

Ces deux groupes d'utilisateurs ont fait savoir qu'ils avaient investi des sommes importantes au cours des dernières années pour assurer la durabilité de leurs activités. Les deux groupes considèrent donc qu'en cas de réouverture de la ligne ferroviaire, ils doivent être indemnisés à la fois en matière de maintien de leur activité dans le secteur et en matière de considérations monétaires pour assurer le maintien d'infrastructures comparables. Ces compensations doivent viser à maintenir leurs activités selon les mêmes normes de qualité et de sécurité.

8.9.3.5 Étude de relocalisation

Il pourrait être difficile de faire cohabiter la voie ferrée, une route forestière et une piste de motoneige dans le même corridor, compte tenu des différentes contraintes physiques et des problèmes de sécurité. Le Tableau 8.9-7 ci-dessous présente la longueur des tronçons concernés, la distance de conflit avec la route forestière et la piste de motoneige ainsi que la distance de déplacement estimée.

Tableau 8.9-7 : Description des routes en conflit

Description des routes	Piste de motoneige (km)	Route forestière (km)
Longueur de la section problématique	155	84
Distance en superposition de conflit avec le chemin de fer	92	75
Distance nécessaire à la relocalisation (hypothèse)	105 à 195	82

Après discussion avec les clubs de motoneige, la possibilité de déplacer la piste de motoneige dans le corridor de la route 113 semble plausible. Le sentier suivrait l'axe de la route 113, mais à une distance suffisante pour que le sentier reste en forêt et conserve ainsi son aspect récréatif. Il sera parfois retourné près de la route pour permettre l'accès aux interventions d'urgence et à la sécurité des usagers. Toutefois, cette option est la plus longue et la plus coûteuse. Nous avons également évalué la possibilité de déplacer le sentier dans l'axe du corridor ferroviaire en utilisant le réseau existant de chemins forestiers et en veillant à ne pas utiliser le même axe que pour le déplacement du chemin forestier à déplacer. L'inconvénient de cette option est le nombre de croisements avec la route et la voie ferrée qui pose des problèmes de sécurité, mais elle a l'avantage d'être la moins coûteuse et la plus courte.

L'hypothèse de relocalisation des sentiers est présentée dans le Tableau 8.9-8. Pour les besoins de l'analyse, nous avons fait l'hypothèse d'une distance à déplacer dans les anciennes routes et de nouveaux sentiers à construire le long de l'axe ferroviaire et de la création de nouveaux sentiers le long de la route 113. Le nombre de cours d'eau a

également été déterminé par analyse géomatique; aucune étude de terrain n'a été réalisée pour le déplacement du sentier.

Tableau 8.9-8 : Hypothèse des travaux de déplacement des pistes de motoneige

Types de travaux	Grevet-Chapais Corridor	Route 113 Corridor
Débroussaillage 2 m (km)	60	0,0
Débroussaillage 10 m (km)	22,5	0,0
Déboisement (km)	22,5	195,0
Mise en forme sommaire (km)	33,6	195,2
Ensemencement (km)	33,6	195,2
Ponceau 450 mm (unité)	10	20
Ponceau 600 mm (unité)	5	15
Ponceau 800 mm (unité)	3	10
Ponceau 1 000 mm (unité)	2	8
Drainage 300 mm (unité)	102	80
Ponts (unité)	2	6
Passage à niveau (unité)	13	2
Passage à niveau de route (unité)	2	0

La principale route forestière pourrait être déplacée en utilisant les routes forestières existantes dans le corridor actuel et en ajoutant de nouvelles sections de routes pour les relier. Nous avons utilisé cette base pour estimer la distance à parcourir. Ce scénario nécessite la construction ou la réparation de 87 km de routes forestières. Comme pour la piste de motoneige, le nombre de cours d'eau a été évalué par une analyse géomatique; aucune étude de terrain n'a été réalisée. L'hypothèse de relocalisation de la route forestière est présentée dans le Tableau 8.9-9.

Tableau 8.9-9 : Hypothèse des travaux de relocalisation de la route forestière

Types de travaux	Quantité
Déboisement 35 m de large (km)	40,2
Débroussaillage 6 à 10 m (km)	46,4
Construction de la route (km)	40,2
Réparation légère de la route (km)	9,5
Réparation moyenne de la route (km)	23,0
Réparation importante de la route (km)	14,0
Ponceau 800 mm (unité)	15
Ponceau 1 200 mm (unité)	5
Ponceau 2 000 mm (unité)	5
Drainage 600 mm (unité)	162
Ponts (unité)	4
Passages à niveau (unité)	7

8.9.3.6 Estimation des coûts

Les coûts présentés dans les tableaux et graphiques suivants ne sont basés que sur des hypothèses. L'objectif est de fournir une fourchette de coûts à prendre en compte dans le cadre des coûts globaux de réactivation de la ligne ferroviaire Grevet-Chapais. Le Tableau 8.9-10 présente le coût direct de la piste de motoneige et le coût direct de la route forestière.

Tableau 8.9-10 : Frais de déplacement des pistes de motoneige et des chemins forestiers

Éléments	Coûts
Coût de relocalisation des pistes de motoneige	14 002 981,00 \$
Coût de relocalisation de la route forestière	70 181 867,00 \$

8.9.3.7 Recommandation finale

Outre la faisabilité et les aspects financiers du déplacement du sentier, nous soulignons l'importance de mener des consultations plus approfondies avec les différents acteurs dans le cadre des études ultérieures. Le déplacement du sentier peut générer des impacts sur plusieurs industries, dont les pourvoyeurs et les activités de chasse et de pêche en général. L'emplacement des futurs territoires de coupe forestière pourrait également avoir un impact sur l'emplacement de la route forestière.

En ce qui concerne les aspects techniques du déplacement de la route forestière et de la piste de motoneige, il n'y a pas de contraintes majeures. D'une part, le déplacement de la route forestière le long de l'axe ferroviaire Grevet-Chapais aurait l'avantage de servir également d'accès stratégique pour la construction du chemin de fer. Pour la piste de motoneige, nous considérons qu'il est possible de la déplacer également le long de l'axe actuel de la voie ferrée et que c'est le scénario le plus économique. Toutefois, pour des raisons de sécurité liées à la proximité de l'axe ferroviaire et du chemin forestier à déplacer ainsi qu'au nombre de passages à niveau qui y seront associés, il serait préférable d'envisager un déplacement dans l'axe de la route 113. Des consultations ultérieures nous permettront d'obtenir la perception de toutes les parties prenantes sur ces questions.

Quant aux aspects monétaires, les montants peuvent surprendre, mais il faut considérer que le déplacement de la route forestière évite la nécessité de construire de nouvelles routes et d'en réparer d'autres pour la construction. En ce qui concerne la piste de motoneige, le scénario tient compte des meilleures pratiques et offre un niveau de sécurité élevé. Il est également important de prendre le temps de mettre ces chiffres en perspective, car ils représentent 8 % et 2 % des coûts globaux de remise en service de la section Grevet-Chapais comme le montre la Figure 8.9-7. Des études ultérieures donneront également une image plus précise des coûts réels.

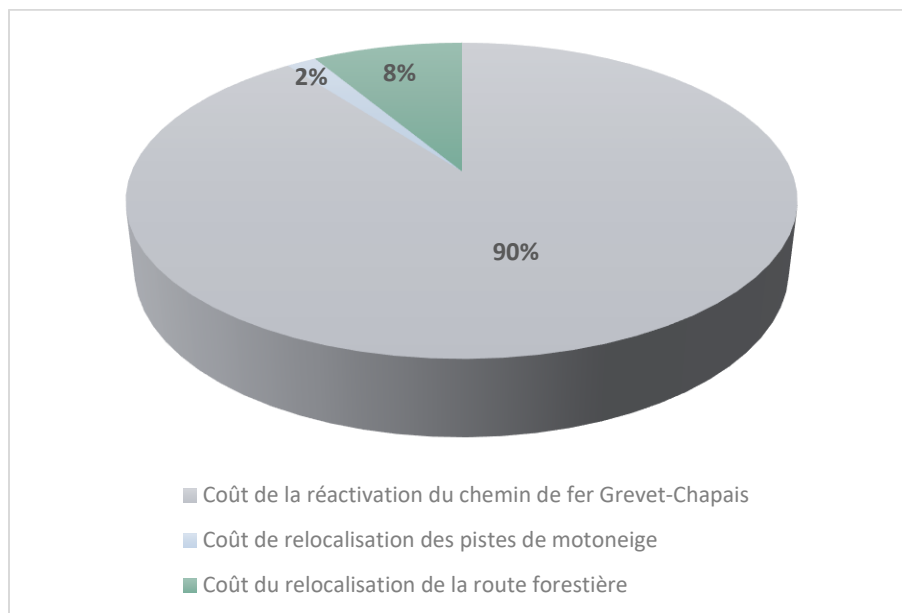


Figure 8.9-7 : Proportion du coût du déplacement des routes forestières et des pistes de motoneige par rapport au coût total du projet

8.10 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Retour sur la problématique

De tous les temps le secteur de transport a constitué un des plus importants leviers dans l'effort national, de développement social et économique. Parmi tous les modes de transport à savoir maritime, aérien et routier, le transport ferroviaire n'est pas des moindres, puisqu'il en fait partie de ces 4 grands modes de transport et participe dans une large mesure au développement multi-sectoriel. En effet, la ligne de grande Alliance possède tous les attributs d'un projet structurant, puisqu'elle constitue non seulement un axe visant la croissance, mais, aussi un effet multiplicateur de développement dans les régions du nord.

Le tronçon reliant Matagami à la rivière Rupert, fait partie de la ligne de grande Alliance avec ses différentes phases. Il se caractérise par un relief moyennement vallonné, traversant des sols majoritairement argileux et de tourbières. En plus, de ces éléments qui le caractérisent où des solutions techniques ont été proposées, telles que le préchargement des remblais pour accélérer les tassements ou l'excavation des sols compressibles ; le plus grand défi était de concevoir un tracé à l'intérieur d'un corridor de 200 m, parsemé d'aires protégées et sensibles et incluant une route centrée sur ce corridor d'une emprise de 42 m. Il est clair qu'une sortie de cette emprise ne pouvait être évitée partout, compte tenu de la grandeur des rayons et des pentes requises par les normes ferroviaires, contrairement à celles définissant une route.

Par ailleurs, le tronçon reliant Grevet à Chapais, ne présente pas de difficultés très significatives, puisque l'infrastructure ferroviaire est déjà existence, même si dans certains endroits elle s'est dégradée au fil du temps. Dans cette perspective le concepteur de ce tronçon s'est attelé à épouser l'infrastructure existante tant en plan qu'en profil pour éviter des surcoûts injustifiés.

Résultats obtenus

Le présent volume passe en revue toutes les disciplines techniques traitées et impactées par le choix du tracé, on en citera notamment, le ferroviaire proprement dit, les terrassements, les ouvrages d'art, les ouvrages hydrauliques et de drainage, les routes, l'environnement et les diverses contraintes, ainsi que les mesures d'atténuation, les transbordements, les gares et le matériel roulant.

Pour limiter les coûts de construction et éviter des surcoûts générés par de grands déblais et remblais, ainsi qu'un grand délai de construction, tout en assurant un niveau de fonctionnalité et d'opérabilité acceptables, le choix de la catégorie des deux voies ferrées est fixé à 3 selon la classification de transport Canada. En conséquence, la vitesse est fixée à 65 km/h (40 Mil/h) pour la marchandise et le transport minier et à 100 km/h (60 mil/h) pour le transport de voyageurs.

En dépit de ce choix de catégorie, le tracé reliant Matagami à la rivière Rupert représente 41 % de la longueur totale en courbes, contre 59 % de longueur totale en tangente. Ce rapport entre les longueurs confirme bien le caractère du relief et sa qualification de moyennement vallonnée.

Le tracé reliant Grevet à Chapais représente 26 % de la longueur totale en courbes contre 74 % de la longueur totale en tangente.

Dans le but d'obtenir un comparatif entre les différents corps de métier, dans une construction ferroviaire ; Les graphiques qui suivent mettent en évidence, le poids de chacune des disciplines en termes de coût de construction.



Figure 8.10-1 : Division du coût du capital - Voie ferrée

Autres représentent : Signalisation, bâtiment, matériel roulant, mesures environnementales, etc.

En matière de routes, le graphique qui suit synthétise le poids de chacune d'elle en termes de coûts.

Sont exclus de ces représentations, les permis, les contingences, les études préalables. Les détails de ces coûts figurent dans le volume correspondant

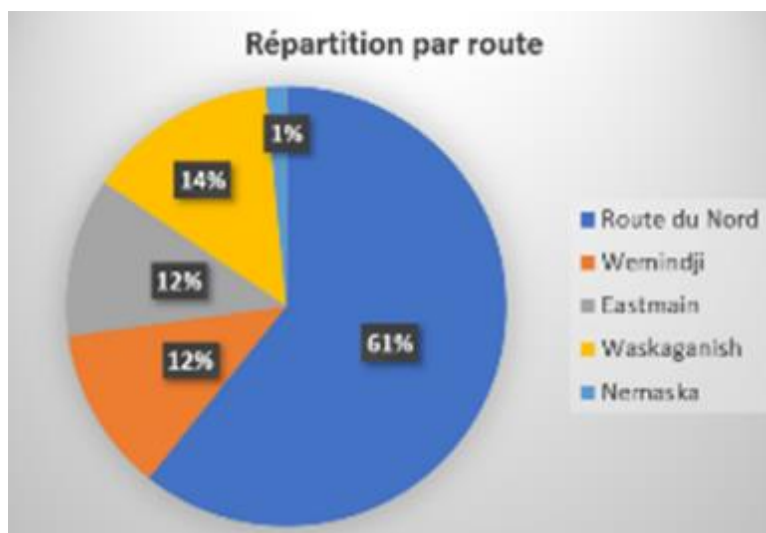


Figure 8.10-2 : Division du coût du capital - Routes

Recommandations

Les analyses effectuées dans le cadre de cette étape du projet, ont permis d'aboutir à l'étude de faisabilité qui se veut être une référence pour les études subséquentes.

Cet aboutissement était rendu possible, grâce entres autres, aux investigations géotechniques le long du tracé, la recherche des matériaux d'emprunt et de carrières, des relevés lidar couvrant les zones traversées, les diverses consultations sur sites et la recherche de données et de nombreuses variantes et sous variantes de tracés. Cependant, il est clair que dans les étapes ultérieures plus d'exhaustivité sera recherchée et à ce titre, pour bonifier, compléter, voire modifier certaines parties de l'étude le cas échéant, les actions suivantes devront être menées :

- Des investigations géotechniques complémentaires, ainsi que des essais pour caractériser l'ensemble des sites traversés par le tracé, en vue d'une meilleure connaissance du milieu;
- Des relevés par arpentage dans les endroits spécifiques tels que, ponceaux, ouvrages d'art et autres. En effet, le lidar ne sera pas suffisant;
- Des consultations exhaustives auprès des riverains, cries et autres;
- Un complément d'études environnementales et proposition de mesures d'atténuation ou de mitigation;
- Effectuer les analyses et les études détaillées requises selon le niveau recherché de l'étape;
- Tenir des ateliers de travail avec les représentants du gouvernement et toutes les parties prenantes pour la validation ou la suppression de passages à niveau routiers, forestiers et autres, voire la déviation de certains tronçons routiers;
- Effectuer une étude de sécurité et une évaluation détaillée des passages à niveau retenus et évaluer si besoin l'installation de barrière.



٢٥٢٠٠٩

٢٥٢٠٠٩