



**LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE
FAISABILITÉ – PHASE I**

INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE
PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE
NEMASKA

31 mars 2023

Préparé pour:

Société de développement Crie et
Vision Eeyou Istchee

Préparé par:

Stantec Experts-conseils Itée.

158100425

**LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I
INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA**

Révision	Description	Auteur		Contrôle de qualité		Réviser indépendant	
00	Rapport Final	TC	27/03/23	RH	16/02/23	AED	29/03/23



**LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I
INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA**

Le présent document intitulé LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ - PHASE I - INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEAMSKA reflètent l'opinion professionnelle de Stantec au moment de la rédaction du Rapport et concernent la portée du mandat décrite dans le Rapport. Les opinions contenues dans ce document sont basées sur les conditions et les informations existantes au moment de la publication du document et ne tiennent compte d'aucune modification ultérieure. Le Rapport ne concerne que le projet pour lequel les services de Stantec ont été retenus et l'objectif énoncé pour lequel le Rapport a été préparé. Le Rapport ne doit pas être utilisé afin de modifier ou de prolonger le projet, ou à tout autre fin ou projet, et toute utilisation non autorisée par quiconque est aux risques de ce dernier.

Stantec a présumé que toutes les informations reçues de Société de développement Crie (le « Client ») et de tierces parties pour la préparation du Rapport sont exactes. Bien que Stantec ait exercé un jugement et une diligence raisonnable dans l'utilisation de ces informations, Stantec n'assume aucune responsabilité quant aux conséquences découlant d'omissions ou d'erreurs qui pourraient être incluses dans lesdites informations.

Ce rapport est destiné à l'usage exclusif du Client, en conformité avec le contrat conclu entre Stantec et le Client. Bien que le Rapport puisse être remis aux autorités compétentes applicables et autres parties envers lesquelles le Client est responsable, Stantec ne garantit les services à aucune tierce partie. Aucune autre partie ne pourra avoir recours au rapport sans le consentement exprès de Stantec, lequel sera accordé à l'entière discrétion de Stantec.

Préparé par:



Signature

Timothée Coulaux, Ing. OIQ # 5056886

Nom

Révisé par:

Signature

Raymond Haché, Ing., M.Sc. OIQ # 107258

Nom

Approuvé par:

Signature

Afif El-Dana, Ing. DESS, PMP OIQ # 130877

Nom



Tableau de matières

1.0	INTRODUCTION.....	1
1.1	GÉNÉRAL.....	1
1.2	OBJECTIF ET PORTÉE DE L'ÉTUDE.....	3
1.3	DESCRIPTION DU SITE ET DU PROJET.....	3
1.4	GÉOMORPHOLOGIE.....	4
2.0	MÉTHODE D'INVESTIGATION.....	1
2.1	LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES.....	1
2.2	SANTÉ ET SÉCURITÉ.....	1
2.3	RÉALISATION DES FORAGES.....	1
2.4	LOCALISATION DES FORAGES.....	2
2.5	ESSAIS AU LABORATOIRE.....	2
3.0	RÉSULTATS DE L'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE.....	3
3.1	NATURE ET PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX MEUBLES.....	3
3.1.1	Couche de roulement.....	4
3.1.2	Remblai granulaire.....	4
3.1.3	Dépôt naturel granulaire.....	5
3.2	NIVEAU D'EAU SOUTERRAINE.....	6
4.0	DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	7
4.1	DESCRIPTION DU PROJET.....	7
4.2	MÉTHODES DE RÉHABILITATION.....	7
4.2.1	Surface pavée.....	8
4.2.2	Traitement de surface.....	8
4.2.3	Surface en gravier.....	9
4.3	MÉTHODE DE RÉHABILITATION PRIVILÉGIÉE.....	9
4.4	CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONCEPTION.....	10
4.4.1	Paramètres de trafic.....	10
4.4.2	Pénétration du gel et transitions.....	11
4.4.3	Choix des matériaux dans un context nordique.....	11
4.4.4	Considération des sols organiques.....	12
4.4.5	Conception de la sous-fondation et protection contre le gel.....	12
4.4.6	Conception de la fondation granulaire.....	14
4.4.7	Enrobés bitumineux.....	14
4.5	DRAINAGE.....	15
4.6	ÉLARGISSEMENT DE LA CHAUSSÉE.....	15
4.7	REHAUSSEMENT DU REMBLAI ROUTIER.....	16
4.8	ENTRETIEN DE LA CHAUSSÉE.....	16
4.9	NIVEAU D'INSPECTION RECOMMANDÉ.....	16
4.10	RECOMMANDATIONS POUR LES INVESTIGATIONS FUTURES.....	17
5.0	RÉFÉRENCES.....	18



**LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I
INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Légende convertie du SIGÉOM à la cartographie du projet	5
Tableau 2 : Coordonnées géodésiques des forages	2
Tableau 3 : Essais géotechniques au laboratoire	3
Tableau 4 : Résumé des unités stratigraphiques rencontrées au droit des forages	3
Tableau 5 : Résultats des essais de laboratoire – Couche de roulement.....	4
Tableau 6 : Résultats des essais au laboratoire – Remblai granulaire	5
Tableau 7 : Résultats des essais de laboratoire– Dépôt naturel granulaire	6
Tableau 8 : Épaisseur du matériau granulaire existant à utiliser comme future couche de sous-fondation.....	13

LISTE DES FIGURES

Figure 1 La Grande Alliance – Étude de faisabilité (Phase I) – Vue d’ensemble de la zone d’étude.....	2
Figure 2 Localisation générale du site à l’étude (Google Earth)	3
Figure 3 Cartographie du chemin de Nemaska	6

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A ÉNONCÉ DES CONDITIONS GÉNÉRALES.....	1
ANNEXE B FIGURE	2
ANNEXE C RAPPORTS DE FORAGES	3
ANNEXE D RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE.....	4



1.0 Introduction

1.1 Général

La Grande Alliance fait référence au Protocol d'entente sur le Programme Cris-Québec de Développement durable d'infrastructures dans la région d'Eeyou Istchee Baie-James, signé entre la Nation Crie d'Eeyou Istchee et le Gouvernement du Québec le 17 février 2020. L'objectif de cette entente est de fournir un cadre permettant aux entités locales et régionales Cries de travailler en étroite collaboration avec les ministères compétents du gouvernement du Québec pour connecter, développer et protéger le territoire de la région d'Eeyou Istchee Baie-James dans le nord du Québec de manière inclusive et participative. L'objectif principal de La Grande Alliance est de bâtir un programme prometteur pour le développement stratégique, prévisible et durable du territoire sur un horizon de 30 ans.

Le développement des infrastructures est une composante majeure de La Grande Alliance. Le programme vise à améliorer et à construire d'importantes infrastructures de transport sur le territoire, y compris l'implantation d'une voie ferrée le long de la route Billy-Diamond (ci-après RBD) jusqu'à Whapmagoostui, où la construction d'un port en eau profonde sera envisagée. L'étude actuelle est divisée en trois phases, la Phase I étant réalisée par le Consortium Vision Eeyou Istchee et porte sur l'étude de faisabilité des infrastructures suivantes :

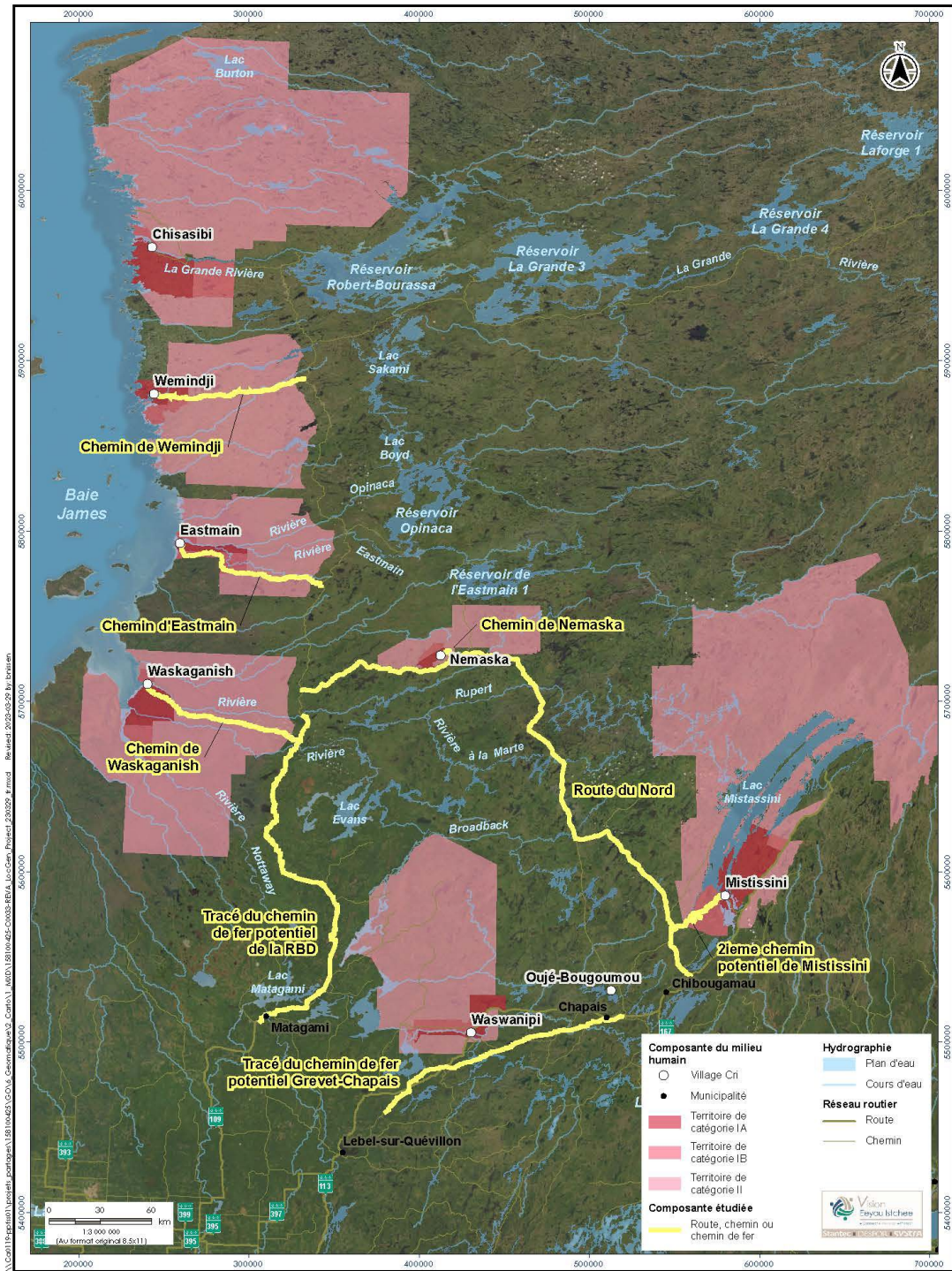
- L'amélioration des chemins existants entre la RBD et les communautés Cries de Waskaganish, Eastmain et Wemindji;
- L'amélioration du chemin existant entre la route du Nord et la communauté de Nemaska;
- La construction d'un nouveau chemin de fer le long de la RBD entre la ville de Matagami et le Km 257 de cette même route (au niveau du pont de la rivière Rupert);
- La remise en service du chemin de fer entre Grevet (Lebel-sur-Quévillon) et Chapais (approximativement 225 Km);
- La construction d'aires de transbordement le long des corridors de la RBD et le chemin de fer de Grevet-Chapais, en particulier la zone située au Km 257;
- L'amélioration et le pavage de la route du Nord;
- La construction d'un chemin d'accès secondaire à la communauté crie de Mistissini.

Les emplacements des infrastructures énumérées ci-dessus sont présentés à la figure 1.

Les limites associées à ce rapport et à son contenu sont fournies dans *l'Énoncé des conditions générales* inclus à l'annexe A.



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA



Prévu de ne pas modifier les échelles de dimensions des plans/dessins transmis – toute erreur ou omission doit être rapportée à Stantec sans délai. Les droits d'auteur des plans et dessins demeurent la propriété de Stantec. Toute reproduction ou utilisation pour tout autre motif autre que celui-ci

Figure 1 La Grande Alliance – Étude de faisabilité (Phase I) – Vue d'ensemble de la zone d'étude



1.2 Objectif et portée de l'étude

Dans le cadre de l'étude de faisabilité, l'étendue des travaux comprenait la réalisation d'une investigation géotechnique préliminaire pour chacun des corridors d'infrastructure de transport énumérés à la section 1.1 du présent rapport.

Le présent rapport porte sur la partie du chemin en gravier existant entre la route Billy-Diamond (RBD) et la communauté crie de Nemaska (le « Site »).

L'investigation géotechnique préliminaire a été réalisée pour déterminer les caractéristiques du site en ce qui concerne la nature et les propriétés des matériaux granulaires de la plate-forme routière en place, les dépôts de sol organique et les sols minéraux naturels. Les informations recueillies au cours de cette investigation ont été utilisées pour estimer les conditions de base in situ sur le site qui servent de base à l'étude de faisabilité pour la mise à niveau du chemin de Nemaska.

1.3 Description du site et du projet

Le projet consiste à la mise à niveau (géométrie, drainage, pavage, etc.) de la partie non revêtue du chemin d'accès entre la Route du Nord et la communauté crie de Nemaska.

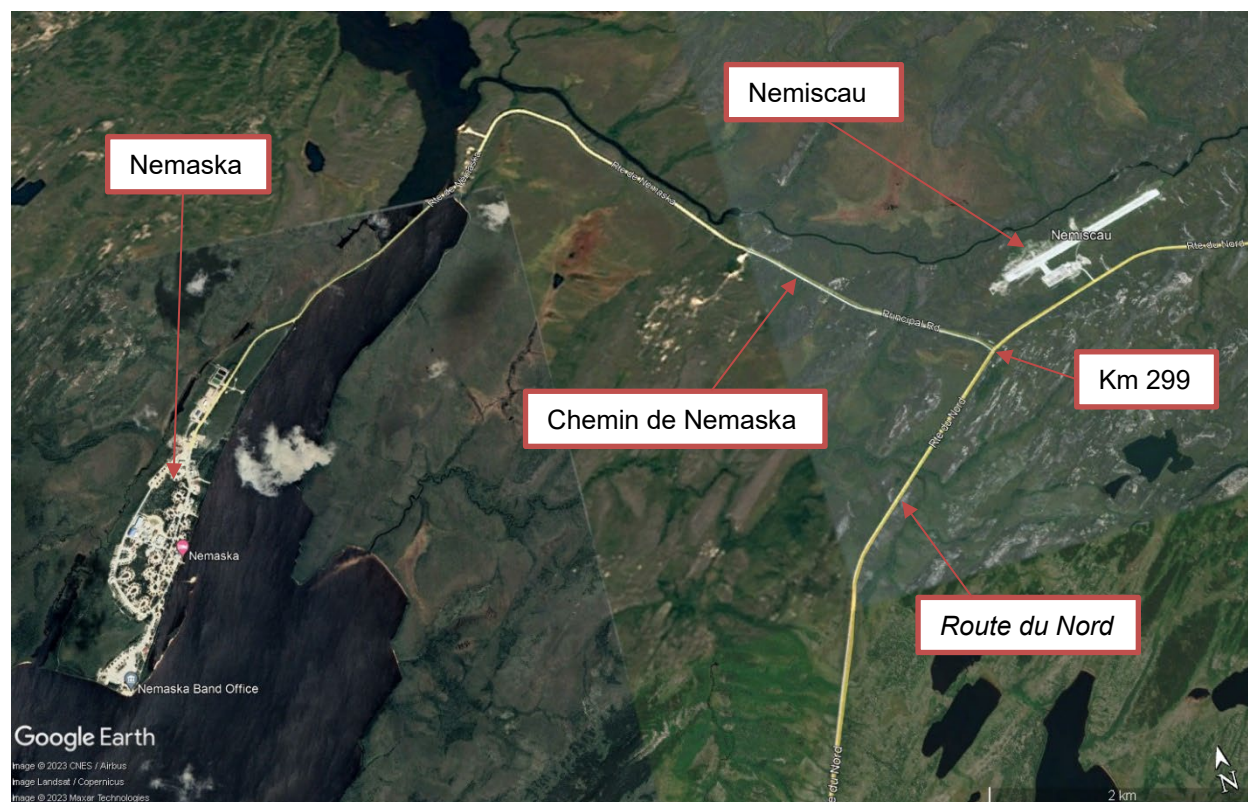


Figure 2 Localisation générale du site à l'étude (Google Earth)

LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

Le Site consiste à la partie gravelée du chemin existant qui relie la communauté de Nemaska au Km 299 de la Route du Nord. La route fait environ 10 km de long et les 4 derniers km à l'extrémité ouest sont asphaltés. Cette route est essentiellement composée de remblai granulaire mis en place directement sur l'ancienne couche de terre végétale et/ou tourbières. Dans la section de route en gravier, la surface de roulement est entretenue chaque année par rechargement granulaire et reprofilage.

L'élévation géodésique varie approximativement entre 230 m dans le village de Nemaska à 255 m à la Route du Nord. Un plan d'ensemble montrant l'emplacement du site à l'étude est présenté à la figure 2 et à l'annexe B de ce rapport.

1.4 Géomorphologie

Au cours de la Glaciation tardive du Wisconsin (24 000 à 8 000 ans avant le présent), la région de la Baie James était recouverte par l'Inlandsis laurentidien. Au cours de cette glaciation, de grandes quantités de matériaux ont été transportés et par la suite déposés sous forme de till (dépôts morainiques) dans toute la région. Après la fonte des glaces, la transgression marine de la mer de Tyrrell a atteint son apogée il y a 7 900 ans (Hardy, 1977). Les dépôts d'argile et de silt glaciomarins se sont accumulés sur les basses terres et des dépôts plus grossiers se sont accumulés le long des anciens rivages de la mer de Tyrrell. Localement, l'argile marine recouvre les sédiments glaciolacustres du lac Ojibway, dont l'épaisseur est généralement de 10 à 15 m (Hardy, 1982). Des tourbières et des marais se sont accumulés sur les dépôts glaciaires et non glaciaires, en particulier sur les dépôts glaciomarins et morainiques (till) mal drainés.

Selon le Système d'information géomorphologique du Québec (SIGÉOM), le chemin d'accès communautaire de Nemaska repose majoritairement sur du sable ($\approx 38\%$), du till ($\approx 21\%$), des tourbières ($\approx 10\%$), et les 31 % supplémentaires traversent sur le lac Champion avant de rejoindre la communauté crie de Nemaska. La figure 3 illustre cette distribution le long du chemin d'accès. À noter que la légende SIGÉOM est une légende de genèse utilisée pour cartographier un gisement selon son processus de dépôt; elle a été convertie à la légende de dépôt textural utilisée pour le projet LGA. De plus, la légende SIGÉOM ne présente la cartographie que pour le premier mètre de sol et ne considère pas les dépôts plus profonds. Le tableau 1 fournit les symboles de groupe équivalents utilisés dans le système SIGÉOM et la cartographie du projet LGA.



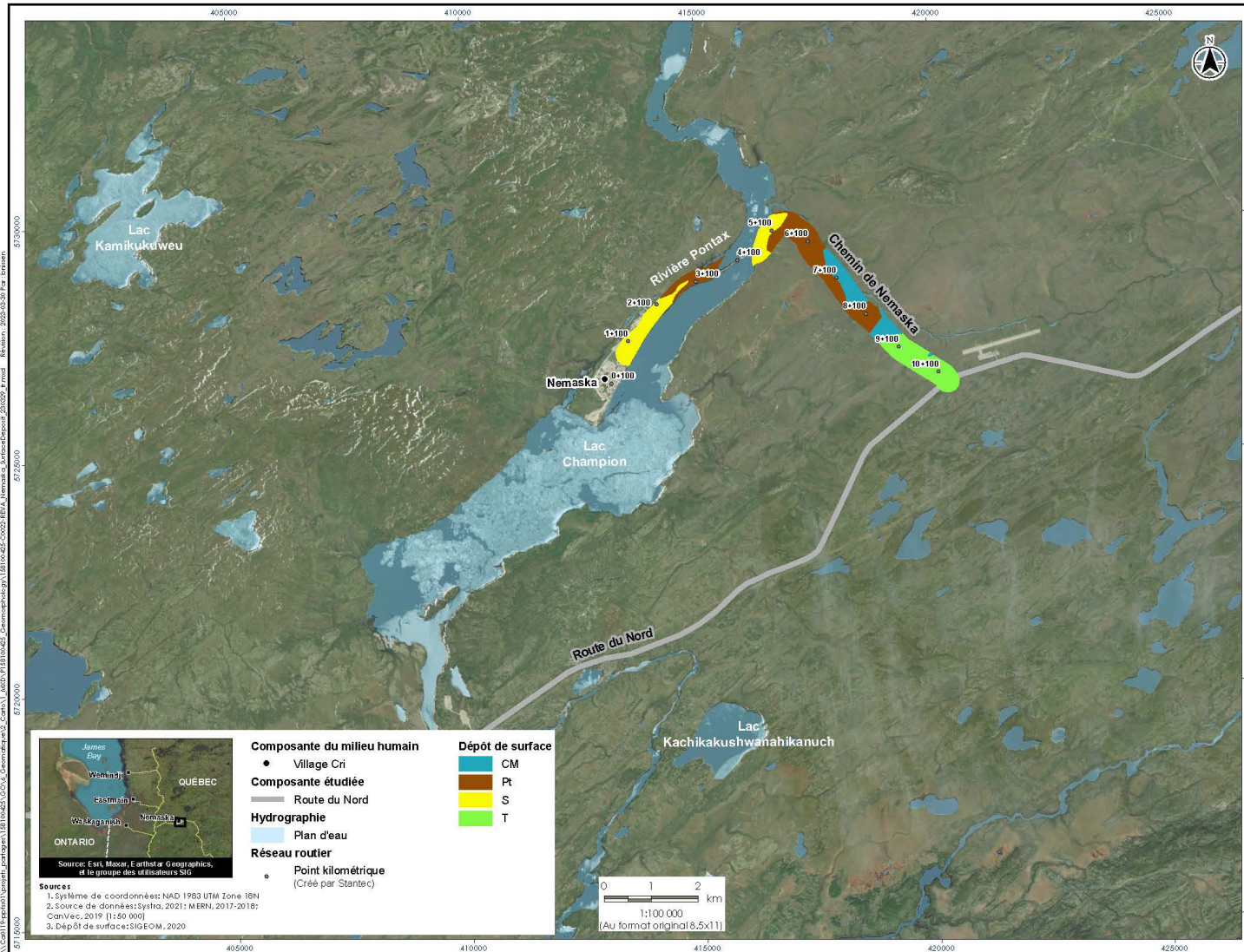
**LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I
INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA**

Tableau 1 : Légende convertie du SIGÉOM à la cartographie du projet

Légende SIGÉOM	Légende du Projet LGA
- Sédiments d'épandage subaquatiques (Gs) - Sédiments glaciomarins côtiers et pré-côtiers (MGb)	Sable (S)
Sédiments de la moraine frontale (GxT)	Sable Graveleux (S-SG)
Sédiments glaciomarins fins d'eau profonde (MGa)	Argile Silteuse (CM)
Sédiments organiques indifférenciés (O)	Matières organiques (Pt)
Roc (R)	Roc (R)
Till indifférencié (T)	Till (T)



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA



Prière de ne pas modifier les échelles de dimensions des plans/dessins transmis – toute erreur ou omission doit être rapportée à Stantec sans délai. Les droits d'auteur des plans et dessins demeurent la propriété de Stantec. Toute reproduction ou utilisation pour tout autre motif autre que celui autorisé par Stantec est strictement interdite.

Figure 3 Cartographie du chemin de Nemaska



2.0 Méthode d'investigation

2.1 Localisation des infrastructures souterraines

Une demande a été déposée par Stantec auprès d'Info-excavation pour identifier les services publics souterrains présents à proximité du chantier. Le cas échéant, tous les services publics identifiés ont été marqués au sol avant l'exécution des travaux sur le terrain. Pour ce site, les travaux ont été réalisés directement sur la chaussée, dépourvue d'infrastructures souterraines et de services publics.

2.2 Santé et sécurité

Avant de débiter les travaux de terrain, les employés de Stantec qui ont participé à ce projet se sont familiarisés avec toutes les pratiques de travail sécuritaires (SWP) de Stantec. De plus, la liste de contrôle santé et sécurité pré-chantier de Stantec, qui identifie tout risque pour la santé et la sécurité, a été remplie et signée par tous les participants aux travaux sur le terrain, y compris les sous-traitants. L'objectif de ce document est d'identifier les dangers afin de prévenir les accidents et les blessures. Aucun incident lié à la santé et à la sécurité n'est survenu pendant la présence de Stantec sur le site.

2.3 Réalisation des forages

Quatre (4) forages, identifiés BH22-46 à BH22-49, ont été réalisés le 29 juin 2022 dans le cadre de ces investigations. Les forages ont été réalisés pour obtenir des informations représentatives sur les propriétés géotechniques des matériaux granulaires et des sols en place. Ils ont été avancés à l'aide d'une foreuse montée sur camion opérée par la compagnie « Forage Downing Itée » sous la supervision constante d'un technicien expérimenté de Stantec. Les rapports de forage sont présentés en annexe C.

La gestion de la circulation était assurée par la Compagnie « Sécurité Mahican » de Mashteuiatsh. Un plan de gestion de la circulation a été préparé et comprenait la réduction du débit de circulation à une seule voie près de la zone à l'étude, selon une planche de signalisation préétablie.

Durant les forages, les sols ont été échantillonnés à intervalles réguliers à l'aide d'un échantillonneur à cuillère fendue de 610 mm de longueur et de 51 mm de diamètre extérieur (calibre B) ou d'un échantillonneur à cuillère fendue de 63 mm de diamètre extérieur (calibre N). Avec l'échantillonneur de calibre B, des essais de pénétration standard (SPT) ont été effectués tel que défini dans la norme ASTM D-1586. Les sols recueillis lors de chaque échantillonnage ont été examinés et décrits, et la récupération du sol a été mesurée et consignée dans les rapports de forage présentés à l'annexe C.

L'essai SPT consiste à compter le nombre de coups nécessaires à l'enfoncement d'un échantillonneur de calibre B de 305 mm dans un sol au moyen d'une masse de 63,5 kg tombant d'une hauteur de 762 mm. Le nombre de coups est appelé la valeur N du sol, qui est une représentation de son état de compacité.



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

Tous les échantillons géotechniques prélevés lors des forages ont été placés dans des sacs étanches et étiquetés de manière appropriée afin de les envoyer à notre laboratoire pour fins de classification et de réalisation d'essais géotechniques spécifiques, comme indiqué plus bas.

2.4 Localisation des forages

Les emplacements des forages ont été préalablement déterminés par un géomorphologue afin d'obtenir une caractérisation représentative des conditions in situ, en portant un intérêt sur les points bas, les ponceaux, les cours d'eau et les tourbières. Les forages ont généralement été positionnés à intervalles réguliers de 3 à 5 km. Les emplacements ainsi déterminés ont ensuite été confirmés par l'équipe responsable de la réalisation de l'étude de faisabilité du projet, pour l'infrastructure à l'étude.

Les forages ont été positionnés sur le site à l'aide d'un GPS d'une précision de 3 m. Lorsque le forage a été effectué à un endroit différent de celui initialement ciblé, les nouvelles coordonnées géodésiques de ce dernier ont été consignées par le surveillant de chantier.

Aucune élévation géodésique n'a été mesurée lors de la présente investigation. Tous les forages ont été réalisés directement sur la couche de roulement de la route, en surface. Toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport se réfèrent donc à la surface de la route au moment des travaux.

Pour faciliter la lecture du présent rapport, le forage BH22-46 correspond à la jonction de la route Billy-Diamond et du chemin de Nemaska alors que le forage BH22-49 correspond à la fin de la partie gravelée du chemin d'accès, près de l'intersection avec la route du Nord.

Les coordonnées géodésiques des forages réalisés durant la présente investigation sont présentées dans le tableau ci-dessous et sont également illustrées à l'annexe B.

Tableau 2 : Coordonnées géodésiques des forages

Forages	X	Y
	Coordonnées géodésiques U18	
BH22-46	416 897	5 729 910
BH22-47	417 700	5 729 079
BH22-48	418 263	5 728 341
BH22-49	418 955	5 727 603

2.5 Essais au laboratoire

Tous les échantillons collectés et retournés à notre laboratoire ont été soumis à un examen visuel détaillé et à une classification supplémentaire par un ingénieur géotechnique. Les essais géotechniques de laboratoire suivants ont été effectués sur des échantillons sélectionnés:



Tableau 3 : Essais géotechniques au laboratoire

Essais de Laboratoire	Normes	Nombre d'essais
Analyse granulométrique par tamisage (fraction grossière du sol)	BNQ 2501-025	12

Les résultats des essais de laboratoire sont discutés dans le texte de ce rapport et sont présentés à l'annexe D.

Les échantillons de sol prélevés pendant les forages seront conservés pendant une période de 12 mois après l'émission du rapport final. Par la suite, ils seront détruits à moins qu'entre temps un avis écrit quant à leur destination nous soit transmis.

3.0 Résultats de l'investigation géotechnique

3.1 Nature et propriétés des matériaux meubles

Le tableau et les paragraphes qui suivent présentent la description de la stratigraphie des matériaux granulaires et dépôts naturels rencontrés au droit des forages réalisés sur le site à l'étude. Les conditions du sol et d'eau souterraine ailleurs que dans les forages pourraient être différentes de celles indiquées dans les rapports de forage.

Il est à noter que le terme « profondeur » fait toujours référence à la surface du chemin gravelé lors des travaux de forage, tel que défini à la section 2.4 précédente.

La classification des sols a été effectuée en se basant sur les procédures décrites dans les normes ASTM D2487 (Standard Practice for Classification of Soils for Engineering (Unified Soil Classification System)) et ASTM D2488 (Standard Practice for Description and Identification of Soils, Visual-Manual Procedure).

Tableau 4 : Résumé des unités stratigraphiques rencontrées au droit des forages

Forage	Stratigraphie (profondeur, m)		
	Couche de roulement	Remblai granulaire	Dépôt naturel granulaire
BH22-46	0.00 -- 0.44	0.44 -- 1.22	1.22 -- 1.83
BH22-47	0.00 -- 0.61	0.61 -- 1.22	1.22 -- 1.83
BH22-48	0.00 -- 0.51	--	0.51 -- 1.83
BH22-49	0.00 -- 0.43	0.43 -- 1.22	1.22 -- 1.83

Les conditions de sols rencontrées sur le site et les résultats des essais en laboratoire sont présentés en détails dans les rapports de forage figurant à l'annexe C.



3.1.1 Couche de roulement

Une couche de roulement a été rencontrée en surface au droit de tous les forages sur une épaisseur variant de 430 à 610 mm. Cette couche est généralement composée de sable et de gravier avec des traces de silt.

Quatre (4) échantillons représentatifs de la couche de roulement ont été sélectionnés pour des essais d'analyse granulométrique. Les résultats des essais de laboratoire sont résumés dans le tableau suivant et les résultats détaillés sont inclus dans l'annexe D.

Tableau 5 : Résultats des essais de laboratoire – Couche de roulement

Forage	Échantillon	Profondeur (m)	Particules fines (%)	Sable (%)	Gravier (%)
BH22-46	SS-01A	0.00 – 0.44	8.1	52.6	39.3 ⁽¹⁾
BH22-47	SS-01	0.00 – 0.61	8.7	62.5	28.8 ⁽¹⁾
BH22-48	SS-01A	0.00 – 0.51	9.3	55.3	35.4 ⁽¹⁾
BH22-49	SS-01A	0.00 – 0.43	9.9	54.6	35.5 ⁽¹⁾

Note (1): Conformité avec MG 20b (5% < Particules fines < 11%) et (40% < Gravier < 65%) selon la norme BNQ 2560-114.

En pratique habituelle, un matériel de type MG 20b est recommandé et utilisé pour la couche de roulement dans le cas de chaussées non revêtues. Le MG 20b contient plus de particules fines que le calibre MG 20 et permet ainsi une plus grande stabilité en surface. Selon la norme BNQ 2560-114 « Travaux de génie civil – Granulats », en plus des exigences sur les propriétés intrinsèques d'un matériel utilisé en couche de roulement, le MG 20b doit contenir entre 5 et 11 % de particules fines et entre 40 et 65 % de gravier. Dans le cas de la présente étude, sur quatre (4) échantillons jugés représentatifs de la couche de roulement en place, aucun échantillon respectait ces exigences.

De manière générale, le matériel en place et utilisé comme couche de roulement ne contient donc pas assez de particules fines et/ou de particules grossières (gravier) pour satisfaire aux standards de la BNQ 2560-114 comme matériel de roulement.

3.1.2 Remblai granulaire

Sous la couche de roulement précitée, une couche de remblai granulaire a été interceptée à partir d'une profondeur qui varie de 0,43 à 0,61 m sous la surface du sol. Et qui s'étend sur une épaisseur de cette variant entre 610 et 790 mm. La composition de cette couche varie généralement entre un sable avec un peu de silt et de gravier à un sable silteux avec un peu de gravier, de couleur brun-gris à brun.

Les valeurs N du test de pénétration standard mesurées dans ce remblai granulaire variaient entre 9 et 20, indiquant que le remblai est dans un état lâche à compact.



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

Quatre (4) échantillons représentatifs de ce remblai granulaire ont été sélectionnés pour des essais d'analyse granulométrique. Les résultats des essais de laboratoire sont résumés dans le tableau suivant et les résultats détaillés sont inclus dans l'annexe D.

Tableau 6 : Résultats des essais au laboratoire – Remblai granulaire

Forage	Échantillon	Profondeur (m)	Particules fines (%)	Sable (%)	Gravier (%)
BH22-46	SS-01B	0.44 – 0.61	14.1 ⁽¹⁾	81.5	4.4
BH22-46	SS-02B	0.82 – 1.22	24.9 ⁽¹⁾	62.8	12.3
BH22-47	SS-02	0.61 – 1.22	21.6 ⁽¹⁾	65.9	12.5
BH22-49	SS-02	0.60 – 1.22	18.1 ⁽¹⁾	66.3	15.6

Note (1): Conformité avec MG 112 (0% < Particules fines < 10%) et (0% < Gravier < 88%) selon la norme BNQ 2560-114 standard.

Le remblai granulaire rencontré sur le site est similaire au dépôt granulaire naturel décrit à la section 3.1.3 et n'est pas suffisamment grossier pour être considéré comme une couche de sous-fondation pour les futurs développements. Il devrait être considéré comme une partie de la couche d'infrastructure de la chaussée.

En pratique habituelle, un matériel de type MG 112 est recommandé et utilisé comme sous-fondation sous la couche de roulement, dans le cas de chaussées non revêtues. Selon la norme BNQ 2560-114 « Travaux de génie civil – Granulats », en plus des exigences sur les propriétés intrinsèques d'un matériel utilisé en couche de sous-fondation, le MG 112 doit contenir entre 0 et 10 % de particules fines et entre 0 et 88 % de gravier. Dans le cas de la présente étude, tous les échantillons sont jugés non représentatifs du remblai granulaire en place.

De manière générale, le matériel en place et utilisé comme sous-fondation sous la couche de roulement satisfait aux standards de la BNQ 2560-114 pour une sous-fondation. Ce matériau serait qualifié par le MTQ par SM-grossier, soit un sable silteux avec moins de 30 % de particules fines, soit un sol d'infrastructure de bonne qualité.

3.1.3 Dépôt naturel granulaire

Un dépôt naturel granulaire a été rencontré au droit de certains forages à une profondeur variant entre 0,51 et 1,22 m par rapport à la surface. Ce dépôt naturel granulaire est essentiellement constitué de sable silteux avec des traces de gravier, de couleur brun.

Les valeurs N du test de pénétration standard mesurées dans ce dépôt variaient entre 4 et 22, indiquant la compacité de ce dépôt est qualifiée de très lâche à compacte.

Quatre (4) échantillons représentatifs du dépôt naturel granulaire ont été sélectionnés pour des essais d'analyse granulométrique. Les résultats des essais de laboratoire sont résumés dans le tableau suivant.



Tableau 7 : Résultats des essais de laboratoire– Dépôt naturel granulaire

Forage	Échantillon	Profondeur (m)	Particules fines (%)		Sable (%)	Gravier (%)	USCS
			Argile	Silt			
BH22-46	SS-03	1.22 – 1.83	24.9		65.8	9.3	SM
BH22-47	SS-03	1.22 – 1.83	26.2		66.0	7.8	SM
BH22-48	SS-02	0.61 – 1.22	24.7		56.8	18.5	SM
BH22-49	SS-03	1.22 – 1.83	26.5		57.8	15.7	SM

Les résultats détaillés des essais de laboratoire sont présentés dans l'annexe D.

Ce matériau serait qualifié par le MTQ par SM-grossier, soit un sable silteux avec moins de 30 % de particules fines, soit un sol de couche d'infrastructure de bonne qualité.

Tous les forages ont pris fin dans ce dépôt granulaire naturel à une profondeur de 1,83 m par rapport à la surface.

3.2 Niveau d'eau souterraine

Aucune installation piézométrique n'a été effectuée dans les forages de cette étude. Des observations visuelles des conditions de l'eau dans les forages ont été notées lors des travaux sur le terrain, le 29 juin 2022. Ces informations sont présentées dans les rapports de forage à l'annexe C.

Il est important de noter que le niveau de l'eau dans les sols peut être influencé par plusieurs facteurs tels que les précipitations, la fonte de neige et les modifications apportées au milieu physique. Ainsi, le niveau d'eau souterraine peut être amené à varier selon les saisons, les années et les diverses interventions sur le site. Il demeure donc possible que ces conditions soient différentes lors de la réalisation des travaux sur le site.



4.0 Discussions et recommandations

Cette section fournit les données géotechniques nécessaires à l'équipe de conception dans le cadre de la mise à niveau du chemin d'accès à Nemaska. Elle se base sur notre interprétation des informations disponibles sur la stratigraphie décrite dans le présent document ainsi que sur notre compréhension des exigences du projet.

Les discussions et les recommandations présentées dans les sections suivantes visent à fournir des informations uniquement à des fins de planification et de conception préliminaire. Une étude géotechnique détaillée et un rapport de conception, comprenant des forages supplémentaires, sera nécessaire avant ou pendant les futures phases d'ingénierie du projet.

4.1 Description du projet

Le site consiste en la partie gravelée du chemin en gravier qui relie la communauté de Nemaska au Km 299 de la route Billy-Diamond. Le chemin total a une longueur d'environ 10 Km, dont les 4 derniers kilomètres à l'extrémité ouest sont asphaltés et exclus du site discuté dans ce rapport.

Le chemin est essentiellement constitué de remblai granulaire posé directement sur terre végétale et/ou tourbière. La couche de roulement de la route de gravier est entretenue annuellement par l'ajout de remblai granulaire supplémentaire et le reprofilage, au besoin. L'élévation géodésique varie entre ≈ 230 m dans le village de Nemaska et ≈ 255 m à l'intersection de la route Billy-Diamond.

L'investigation géotechnique préliminaire a été réalisée pour estimer les conditions de référence in situ sur le site qui influenceront l'étude de faisabilité pour la mise à niveau du chemin de Nemaska. Les sections suivantes décrivent les préoccupations et les exigences géotechniques et matérielles qui influenceront la faisabilité et la conception du projet.

Le présent rapport traite des éléments liés à la conception de la méthode de réhabilitation de la route de Nemaska à l'étude, tout en rappelant certaines notions extraites des normes en vigueur et applicables dans un milieu nordique. Il permet d'orienter le concepteur vers des modifications ou des amendements aux pratiques actuelles en tenant compte du contexte particulier au projet. Il liste certains éléments pertinents à considérer lors du choix de la méthode de réhabilitation et de la conception de cette dernière.

4.2 Méthodes de réhabilitation

Malgré le contexte nordique dans lequel s'inscrivent les travaux d'amélioration visés par le présent mandat pour le chemin d'accès à Nemaska, toutes les méthodes de réhabilitation/amélioration habituelles peuvent être envisagées par le client. Cependant, certaines d'entre elles nécessitent des précautions et/ou des ajustements supplémentaires en fonction des conditions climatiques du milieu, tout en tenant compte de l'éloignement géographique du site, de la quantité et de la qualité des matériaux de la structure de chaussée gravelée en place ainsi que de la disponibilité des matériaux d'emprunt.



Le choix de la méthode de réhabilitation devra également tenir compte des coûts de construction applicables mais également des coûts d'entretien et de réparation de la chaussée une fois construite, à moyen comme à long terme, selon la durée de vie de l'ouvrage réhabilité. La conception devra être effectuée en tenant compte du volume et du type de trafic actuel et projeté, tout en considérant les développements à venir dans la région (transport de bois, de matériaux granulaires, de ressources, mises en opération de mines ou industries majeures, construction et opérations de postes électriques, parcs éoliens, etc.). Lors de la formulation des hypothèses de trafic et de la méthode de réhabilitation, l'accroissement de la circulation devra donc être considéré en fonction du volume mais surtout en fonction du type de véhicules lourds qui y circuleront et leur vocation. Ces derniers auront un impact considérable sur le traitement de la chaussée en place et sur la conception de la méthode de réhabilitation.

Le choix final de la méthode de réhabilitation sera fait après analyses des avantages et inconvénients de chacune des méthodes étudiées. Un bref résumé des principales méthodes viables pour ce projet est présenté dans les paragraphes qui suivent. Les méthodes les plus communes pour la construction routière en milieu nordique et isolé consistent au pavage avec des enrobés bitumineux à chaud, le traitement de surface ou la surface gravelée.

4.2.1 Surface pavée

Les chaussées rigides et semi-rigides sont connues pour leur bon fonctionnement lorsqu'elles sont soumises à une charge élevée de circulation de véhicules, mais il existe certaines limites à leur utilisation dans les climats froids, ce qui limite leur applicabilité. Elles comprennent notamment les chaussées en béton et les chaussées en enrobés mélangé à chaud avec une base en béton ou une base chimiquement stabilisée. Leur coût initial relativement élevé et leur sensibilité aux tassements différentiels des sols sont deux raisons principales qui rendent ces chaussées inadaptées aux zones froides où les volumes de circulation sont faibles et les sols sensibles à l'action du gel (Doré & Zubeck 2009).

La présente étude portera donc sur l'utilisation de l'enrobé à chaud comme type de revêtement de chaussée, couramment utilisé pour les routes à forte circulation au Québec. Cette méthode a fait ses preuves dans le passé et des normes ont été mises en place par le MTQ afin d'en faciliter la conception et l'application. Beaucoup de normes et de guides existent en lien avec cette méthode qui nous indiquent qu'une durée de vie maximale de 25 ans peut être considérée si tous les critères de conception et de construction sont respectés. Cette méthode permet d'améliorer grandement le comportement de la chaussée, le confort et l'adhérence, rendant l'infrastructure beaucoup plus sécuritaire. La surface pavée permet également un bon drainage de la route et l'élimination des poussières.

4.2.2 Traitement de surface

Alors que le resurfaçage mince est une pratique largement utilisée comme traitement de surface dans les climats doux, ce traitement de surface avec revêtement bitumineux (BST) est quand même utilisé au Yukon et d'autres endroits au Canada comme solution à faible coût (MacLeod 1989). En Alaska, ce même type de traitement est utilisé depuis 1987 et nommé traitement de surface en asphalte (AST). L'AST et le BST sont constitués d'une fine couche de liant, généralement à haute émulsion de bitume, recouverte de granulats bien calibrés. L'avantage du traitement de surface par rapport aux routes de



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

gravier est le contrôle des poussières, l'amélioration du drainage de surface et la réduction de l'infiltration d'eau et de l'entretien. De plus, cette méthode de traitement est peu coûteuse comparativement à l'investissement nécessaire pour le pavage standard à chaud (Doré & Zubeck 2009).

Ce type de revêtement s'avère être une option à faible coût mais elle est destinée aux routes à faible débit et en milieu rural. D'autant plus, cette option n'offre pas la même capacité structurale qu'un revêtement en enrobé bitumineux par exemple. Dans le cas d'un trafic fortement sollicité par du camionnage et du transport lourd, la structure granulaire sous-jacente doit être améliorée (en termes de qualité et de quantité) avant la mise en place du revêtement. Le traitement de surface n'apporte donc aucune contribution structurale, contrairement à l'enrobé bitumineux. Une structure granulaire importante et adéquate doit être prévue.

Depuis 1967, l'utilisation des traitements de surface au Ministère s'est limitée à une quinzaine de projets pour la plupart situés en région nordique. La pratique courante consiste à poser un traitement de surface double, dans quelques cas triple, sur la fondation granulaire en place. Le coût varie selon l'année de réalisation, le nombre de couches, la longueur et l'emplacement du projet, mais correspond à environ la moitié de celui d'un enrobé conventionnel (DGLC 2017).

Comparativement à une route avec surface de roulement gravelée, un traitement de surface permet d'accroître la durée de vie, d'améliorer le confort et l'adhérence, d'éliminer le problème de poussières lors des passages des véhicules lourds et de procéder à un marquage permanent ce qui améliore la sécuritaire.

Les principaux inconvénients à l'utilisation des traitements de surface est la réduction de la durée de vie par rapport un revêtement en enrobés bitumineux (moins de 10 ans), l'absence de capacité structurale (obligation d'épaissir la structure granulaire en place et/ou de rajouter une géogrid). Finalement, et selon le CIO d'Oujé-Bougoumou, les routes avec traitement de surface semblent causer une usure prématurée des pneus des véhicules.

4.2.3 Surface en gravier

Les routes en gravier sont les types de routes les plus courants dans les régions froides. C'est d'ailleurs ainsi que la route actuelle est construite. Bien que les coûts d'investissement initiaux soient les plus faibles, les coûts d'entretien sont généralement plus élevés que pour les routes revêtues. Les routes en gravier nécessitent des travaux périodiques de rechargement, nivellement et d'atténuation de poussières. Les routes en gravier peuvent être traitées avec des mesures palliatives de contrôle des poussières (telles que le chlorure de calcium), des émulsions d'asphalte ou d'autres types de mélanges (Doré & Zubeck 2009).

4.3 Méthode de réhabilitation privilégiée

En considérant le fait que l'approche d'un traitement de surface offrirait une durée de vie moindre et donc, un retour aux entretiens périodiques plus rapide, l'option de mettre en place un revêtement standard en enrobé bitumineux est celle qui a été privilégiée pour les besoins de l'étude de faisabilité. En plus d'offrir une surface de roulement agréable aux utilisateurs et une sécurité accrue lors de la



circulation, cette option offre la meilleure durée de vie, à conditions d'avoir considéré de façon optimal tous les intrants de conception mentionnés dans la présente étude.

Également, cette option permet d'utiliser moins de matériaux granulaires lors de la construction et pendant l'entretien, étant donné que ces matériaux peuvent être difficilement disponibles dans le secteur. Elle permet aussi d'utiliser les matériaux en place comme des matériaux de sous-fondation, en rajoutant seulement une seule couche de fondation granulaire alors que la méthode de traitement de surface impliquera un rechargement avec beaucoup plus de matériaux pour obtenir une capacité structurale suffisante, se traduisant par un rehaussement majeur de la chaussée en place. Finalement, cette méthode permettra de limiter l'utilisation de géogrilles qui peuvent avoir un impact considérable sur les coûts et l'échéancier du projet.

4.4 Considérations relatives à la conception

4.4.1 Paramètres de trafic

Selon les données disponibles, les hypothèses suivantes des paramètres de trafic ont été considérées pour le dimensionnement structural de la nouvelle chaussée.

- Classification : route locale, accès aux ressources
- DJMA (2022) : 250 véhicules par jour
- Accroissement annuel du trafic : 3 %
- DJMA projeté (2027) : 290 véhicules par jour
- Proportion de véhicules lourds : 15%
- DJMA corrigé (véhicules lourds + accroissement) : 634 véhicules par jour
- Durée de vie de conception : 25 ans
- Coefficient d'agressivité moyen combiné : 1,2 ÉCAS (valeur par défaut de Chaussée2)
- Sollicitation du trafic (agressivité totale) sur la durée de vie : 285 000 millions d'ÉCAS

Où :

- DJMA est le débit journalier moyen annuel;
- ÉCAS est l'équivalent en charge axiale simple de 8 160 kg;
- CAM est le coefficient d'agressivité moyen applicable aux véhicules lourds.

Il est recommandé de mener à terme une analyse exhaustive des données de trafic, incluant un comptage actualisé. L'analyse du trafic devra être en mesure de bien anticiper le volume mais surtout le type de véhicules lourds qui auront à circuler sur la chaussée une fois revêtue en tenant compte des différentes industries/activités qui verront le jour dans la région. Également, il est possible qu'une voie soit sollicitée plus qu'une autre sur la durée de vie prévue (ex : transporteurs de bois ou de matériaux miniers chargés dans une seule direction). Dans un tel cas, il pourra être envisagé de considérer des données de trafic différentes (et donc un dimensionnement différent) pour chacune des voies.



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

Les exemples de trafic lourd suivants qui pourraient finalement s'appliquer à la route sont fournis pour souligner l'importance de définir une projection appropriée de la circulation des véhicules lourds à l'étape de conception finale.

- Si des camions de transport de 75 tonnes devaient être utilisés sur la chaussée, les valeurs du coefficient d'agressivité (CA) varieraient de 7,0 à 10,0, par rapport à la valeur CAM de 1,2 utilisée ci-dessus. Hypothétiquement, cela pourrait entraîner une valeur moyenne de CAM de 5,0, ce qui augmenterait la sollicitation totale à 1,71 million d'ÉCAS.
- Si des véhicules non standards tels que des transporteurs de bois de 220 tonnes devaient être utilisés sur la chaussée, ces véhicules devraient être analysés séparément, car leurs valeurs de coefficient d'agressivité (CA) augmenteraient jusqu'à près de 300 ; cela impliquerait que chaque passage d'un transporteur de bois de 220 tonnes infligerait les mêmes dommages que 30 passages d'un camion de transport de 75 tonnes ou 250 passages du camion moyen actuellement pris en compte dans la conception.

4.4.2 Pénétration du gel et transitions

Selon les données statistiques disponibles sur les normales et moyennes climatiques du Gouvernement du Canada, l'indice de gel moyen en degrés-jours Celsius est d'environ 2193 pour Matagami et 2186 pour Moosonee à l'Ontario. Selon la méthode simplifiée de calcul de la profondeur de pénétration du gel (Brown, 1964), il est anticipé une pénétration du gel d'environ 3,0 m sur le site.

Selon le Tableau 1.10-1 « Profondeur de transition en fonction de l'indice de gel » du Tome II – Construction routière, une profondeur de transition « P » de 2,0 m est applicable dans le cas d'un indice de gel supérieur à 1700 °C-jours et pour une route locale. Cette profondeur doit être mesurée à partir du profil final du revêtement. Ainsi, pour remédier aux inconvénients attribuables au comportement différentiel des sols et du roc sous l'effet du gel, il sera important de prévoir des transitions permettant d'obtenir un soulèvement graduel qui n'affectera pas le confort et la sécurité des usagers. Les transitions seront applicables dans les secteurs avec des sols de différentes gélivité, dans les secteurs faisant l'objet d'une réfection totale, lors d'un élargissement de la chaussée, lors de la construction d'une nouvelle structure avec déplacement de la route ainsi qu'aux approches des ouvrages d'art et ponceaux. Les transitions longitudinales et transversales devront être effectuées en respectant les exigences mentionnées dans les dessins normalisés 016 à 023 du Tome II – Construction routière.

4.4.3 Choix des matériaux dans un contexte nordique

Il est important de mentionner que, considérant le contexte nordique de la route à l'étude, une certaine flexibilité concernant le choix des matériaux granulaires peut être de mise. Il faudra notamment vérifier la disponibilité de ces matériaux et l'effort nécessaire pour obtenir les granulométries et propriétés exigées (concassage, tamisage, transport, mise en réserve, contrôle qualité, etc.). Également, tel que discuté auparavant, le volume et le type de véhicules qui circuleront sur la chaussée doit être pris en considération lors de la réflexion.

À titre d'exemple, si la chaussée devait rester gravelée (aucun revêtement), l'utilisation d'un matériel de calibre MG 80 ou MG 56 pourrait être envisageable dans les secteurs qui seront fortement sollicités par



le trafic lourd. La faisabilité de cette approche devra considérer les propriétés des granulats en place et leur d'utilisation.

4.4.4 Considération des sols organiques

Selon l'article 11.11.1 du CCDG, lors de la préparation et de la stabilisation de l'infrastructure d'une chaussée routière, les matériaux impropres tels que les sols organiques doivent être excavés et remplacés, jusqu'à au moins 1 m sous la ligne de sous-fondation et jusqu'à au moins 300 mm sous la ligne d'infrastructure. Les sols acceptés par le Ministère dans cet horizon doivent avoir une teneur en matière organique maximale de 3,0 %.

Comme un rechargement de 300 mm est prévu et que les matériaux granulaires en place respectent les exigences d'un calibre MG 112 comme sous-fondation, la future ligne de sous-fondation à considérer correspond à la surface actuelle de la route gravelée. Par conséquent, lors de la conception, il faudra s'assurer que les sols organiques existants se situent à une profondeur minimale de 1 m sous cette surface.

Lors du présent mandat, sur les 4 forages réalisés, aucun sol organique n'a été rencontré sous le remblai de la route. Dans un cas contraire, il est recommandé de traiter séparément les segments où l'épaisseur de matériau granulaire est insuffisante. Pour pallier le mauvais comportement du revêtement en surface face à la présence de ces sols impropres et peu profonds, la sous-fondation pourrait être renforcée à l'aide de géogrilles ou l'épaisseur pourrait en être augmentée avant la mise en place de la fondation granulaire.

4.4.5 Conception de la sous-fondation et protection contre le gel

En chaussée, l'épaisseur de sous-fondation est déterminée selon les strates de sols présents directement en dessous, et ce sur toute l'épaisseur soumise au gel. Dans notre cas, la profondeur de gel étant de l'ordre de 3,0 m, les sols d'infrastructures à considérer pour le dimensionnement de la sous-fondation sont les suivants :

- Matériaux granulaires en place (sols constitués de 20,0 % ou moins de particules fines, GM, GC);
- Dépôt naturel granulaire ou remblai granulaire en place (SM-grossier, SC);
- Dépôt naturel cohérent (SM fin, croûte argileuse, MH, CH, ML, ML-CL)

Dans le cadre du présent projet, la sous-fondation devra être constituée de granulats naturels ou recyclés (MR) de calibre MG 112. Les caractéristiques des matériaux granulaires et recyclés utilisés comme sous-fondation doivent satisfaire les exigences des normes BNQ 2560-114 « Travaux de génie civil – Granulats » et BNQ 2560-600 « Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – Classification et caractéristiques ».

Le Tableau 2.5-1 du Tome II – Construction routière présente les épaisseurs de fondation en granulats naturels ou recyclés MG 112 selon la classification de la route, l'indice de gel et les conditions des sols d'infrastructure. Pour le projet, étant donné qu'on est en présence de sols d'infrastructure de gélivité très



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

différente d'un secteur à l'autre, ce tableau recommande une épaisseur de sous-fondation variant entre 300 (GM, GC, en remblai) et 700 mm (SM-grossier, SC, en déblai).

S'il y avait la présence de sols fins (SM fin, croûte argileuse, MH, CH ou CL) dans la sous-fondation (non détectés dans les sondages de la présente étude géotechnique préliminaire), le tableau 2.5-1 recommande alors une épaisseur de sous-fondation qui varie entre 600 (remblai) et 1050 mm (déblai) pour ces types de sols.

Comme il est prévu effectuer la mise en place d'une fondation granulaire (MG20), et considérant que le matériau en place et utilisé comme couche de sous-fondation sous la couche de roulement actuelle contient une proportion importante de particules fines et ne répond pas aux normes de la BNQ 2560-114 comme matériau de sous-fondation (voir section 3.1.2), la future sous-fondation ne sera composée que de la couche de roulement actuellement en place. Le tableau ci-dessous illustre l'épaisseur relevée de matériel granulaire constituant la nouvelle sous-fondation pour chacun des forages effectués dans le cadre de ce mandat.

Tableau 8 : Épaisseur du matériau granulaire existant à utiliser comme future couche de sous-fondation

Forage	Matériau granulaire existant (mm)	Forage	Matériau granulaire existant (mm)
BH22-46	440	BH22-48	510
BH22-47	610	BH22-49	430

De manière générale, l'épaisseur du matériau granulaire de surface existant avec une épaisseur minimale de 430 mm à l'emplacement des forages, plus un rajout de 300 mm de resurfaçage, offrira une protection contre le gel satisfaisante selon les recommandations du tableau. Ainsi, les soulèvements dû au gel devraient demeurer sous le seuil de tolérance de 70 mm pour une route locale selon le MTQ. Il est à noter que l'épaisseur de sous-fondation en place ne permettra pas d'offrir une protection complète au gel, ce qui impliquerait une épaisseur minimale de 3,0 m sur toute la route; la conception proposée suppose plutôt que la pénétration du gel s'étendra à la sous-fondation et que le soulèvement du au gel qui en résultera sera limité à environ 70 mm. Les coûts additionnels alors requis pour augmenter cette épaisseur n'apparaissent pas justifiés compte tenu des bénéfices que cela apporterait. Cette structure de chaussée assurera cependant une protection partielle suffisante pour un comportement satisfaisant et recommandable dans la région située en milieu nordique. Ainsi, dans certains secteurs, l'apparition de dégradations reliées au gel est possible suite à la mise en place de la fondation et du pavage mais devraient être de faible ampleur, particulièrement si les recommandations des transitions de la section 4.4.2 sont respectés.

Rappelons également que l'utilisation d'isolant thermique pourrait être envisagée dans les secteurs en déblais avec sols d'infrastructure gélifs et épaisseur de matériaux granulaires en place trop faible pour assurer une protection adéquate contre le gel. Dans ces cas, l'isolant thermique devra être conforme à la norme 14301 « Polystyrène pour construction routière » et dimensionné selon le tableau 2.5-1 du Tome II – Construction routière. L'isolant devra être installé sur la couche de MG 112 en place et les matériaux



sus-jacent devront être constitués de MG 20 ou de MG 112 avec plus de 30% de particules retenues sur le tamis de 5 mm, en supplément de l'épaisseur de fondation.

Considérant que le nombre de forages réalisés dans le cadre du présent mandat est limité, il est recommandé de procéder à des investigations supplémentaires pour bien caractériser le type de sols d'infrastructure en place, principalement dans les zones de déblais ou dans les zones de tourbières avec sols fins, pour s'assurer que l'épaisseur de la sous-fondation en place offrira une protection suffisante au gel.

4.4.6 Conception de la fondation granulaire

Dans le cadre du présent projet, la fondation devra être constituée de granulats naturels ou recyclés (MR) de calibre MG 20a vu qu'un enrobé bitumineux est prévu. S'il s'avérait que c'est l'option de traitement surface qui soit retenue, le calibre devra tout de même demeurer en MG 20a car le MG 20b est privilégié uniquement pour les surfaces gravelées.

Il faut également ajouter que les caractéristiques des matériaux granulaires et recyclés utilisés comme fondation doivent satisfaire les exigences des normes BNQ 2560-114 et BNQ 2560-600.

Le Tableau 2.5-2 du Tome II – Construction routière présente les épaisseurs de fondation en granulats naturels ou recyclés MG 20 selon le DJMA projeté corrigé (tient compte des véhicules lourds) et selon la classification de la route. Pour le projet, ce tableau recommande une épaisseur minimale de 200 mm (route locale, DJMA projeté corrigé compris entre 500 et 1000).

Il est à noter que le trafic lourd influence grandement l'épaisseur minimale requise de matériel de fondation, notamment lorsque la chaussée est fortement sollicitée ou que le trafic lourd est inégalement réparti sur les voies, comme dans le cas du transport forestier ou de l'exploitation d'une carrière ou d'un banc d'emprunt. Ainsi, comme le volume et la nature du trafic lourd qui circulera sur la chaussée est encore incertain à ce jour, il est plutôt recommandé de considérer une couche minimale de 300 mm de matériau de calibre MG 20a en fondation pour les fins de conception préliminaire. Cette épaisseur supplémentaire aura également pour effet de faciliter les opérations de mise en place et de profilage de la surface gravelée.

4.4.7 Enrobés bitumineux

Le Tableau 2.5-3 du Tome II – Construction routière présente les épaisseurs d'enrobés bitumineux à mettre en place selon le DJMA projeté corrigé (tient compte des véhicules lourds), la classification de la route et la zone à l'étude. Pour le projet, ce tableau recommande une épaisseur minimale de 80 mm d'enrobé (route locale, DJMA projeté corrigé compris entre 500 et 1000, zone nord). Pour une épaisseur de 80 mm, il est permis d'utiliser une couche unique de type ESG-14. Le ESG-14 est l'option recommandée dans le cas d'une couche unique d'enrobé et lors d'une présence de véhicules lourds (très bonne capacité de support et de résistance à l'orniérage).

Lors des phases d'ingénierie et de conception future, il est recommandé d'effectuer une analyse du trafic projeté, notamment en ce qui a trait au volume, au type de véhicules lourds et à leur vocation. Il est à



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

noter que le nombre de véhicules lourds et le coefficient d'agressivité de ceux-ci est le paramètre le plus important dans le dimensionnement de la couche d'enrobé bitumineux, il pourra faire varier considérablement l'épaisseur à mettre en place. Également, pour ne poser qu'une seule couche d'enrobé bitumineux, l'épaisseur maximale devra être de 80 mm; pour une plus grande épaisseur d'enrobé, deux couches seront requises.

À titre d'exemple, si le nombre de véhicules lourds estimés de 15 % devait passer à 30 % ou si le CA moyen combiné estimé de 1,2 ÉCAS devait passer à 4,5 ÉCAS, l'épaisseur alors requise serait de l'ordre de 100 mm, soit deux couches d'enrobé (60 mm d'ESG 14 + 40 mm d'ESG 10). Selon le Tableau 2.5-4 du Tome II – Construction Routière, pour les routes à trafic lourds (exploitation forestière, carrière, etc.), l'épaisseur totale d'enrobé à chaud ne doit pas être inférieure à 110 mm.

Le pavage est recommandé au plus tard le 24 octobre pour une seule couche d'enrobés d'une épaisseur supérieure ou égale à 50 mm. Le bitume doit répondre aux exigences du tableau 4101-1 de la norme 4101 de la norme MTQ Tome VII – Matériaux. Les granulats utilisés pour la fabrication des enrobés bitumineux doivent respecter les exigences granulométriques des normes NQ 2560-114 et 4202 de la norme MTQ Tome VII – Matériaux.

4.5 Drainage

Il est recommandé d'effectuer des inspections sur les ponceaux existants afin de vérifier leur état et leur dimensionnement. Au besoin, certains ponceaux additionnels devront être construits pour assurer un bon drainage de la chaussée.

Dans le même ordre d'idée, il est recommandé de procéder au nettoyage (si besoin) des fossés en place, notamment dans les zones en déblais. Il faudra s'assurer que le fond des fossés est au moins à 300 mm plus bas que la ligne d'infrastructure. Le dessin normalisé 025 du chapitre 1 du Tome II – Construction routière du MTQ montre les détails relatifs au drainage de la structure de chaussée.

Le drainage de la surface et le drainage des couches de fondations et sous-fondations granulaires (contenant moins de 10 % de particules fines) doit être assuré afin de permettre une performance satisfaisante, de la structure de la chaussée, y compris un soulèvement uniforme dû au gel.

Le profil longitudinal et transversal de la surface de pavage devra également être conçu avec une pente adéquate (2%) pour permettre l'évacuation des eaux de surface vers des fossés, regards et/ou puisards aménagés à cet effet.

4.6 Élargissement de la chaussée

Un élargissement de chaussée pourrait s'avérer nécessaire dans le cas de courbes problématiques. Dans de tels cas, il est recommandé de procéder à une investigation géotechnique dans le secteur d'élargissement. Un élargissement de chaussée sur des sols organiques ou des sols fins compressibles pourrait occasionner un comportement différentiel entre les deux structures de chaussée, qui se reflèterait par des dégradations majeures sur le revêtement de surface, voir même une instabilité structurale de la chaussée.



Dans le même sens, si de nouveaux remblais ou un reprofilage de certains talus routiers est prévu, ceux-ci devront faire l'objets d'analyses de stabilité qui considérera les sols sous-jacents afin de déterminer une pente et géométrie qui assurera la stabilité des remblais routiers.

4.7 Rehaussement du remblai routier

Si un rehaussement majeur (plus de 2 m) du remblai routier est prévu dans le cas d'une correction de profils, ces secteurs devront faire l'objet d'investigations géotechniques permettant de définir les impacts en termes de stabilité et tassement engendrés particulièrement dans le cas des secteurs avec sols organiques ou sols fins compressibles.

4.8 Entretien de la chaussée

En plus des entretiens standards pour une chaussée en enrobée (déneigement, déglacage et épandage de sable), il est recommandé d'inspecter annuellement l'état de la chaussée afin de localiser les endroits précis qui nécessiteront des mesures préventives et correctives pour assurer la durabilité de la chaussée. Au besoin, les procédures préventives doivent être exécutées avant que la détérioration de la chaussée commence. Les fissures qui apparaissent sur la surface pavée doivent être scellées l'année de leur apparition. Les mesures correctives pourraient inclure certains traitements de surface, les revêtements de chaussée, la réparation des systèmes de drainage et les ruptures locales.

Si les résultats des futures études sur l'état de la chaussée suggèrent la nécessité d'une réhabilitation majeure dans des zones spécifiques, des outils de mesure de la résistance tels que des déflectomètres à masse tombante et des outils de mesure d'épaisseur continue tel qu'un radar à pénétration du sol (RPS) pourrait être utilisés pour évaluer les conditions avant de choisir une méthode de traitement appropriée. Les données recueillies seraient analysées par un ingénieur de chaussées afin de déterminer la cause du problème et de trouver la méthode d'entretien et/ou de réhabilitation la plus appropriée.

Le potentiel de futurs besoins majeurs de réhabilitation imprévus dépendra en grande partie de la nature du trafic de camions lourds qui utiliseront ultimement la route d'accès.

4.9 Niveau d'inspection recommandé

Afin d'assurer la conformité avec la conception et de confirmer les hypothèses formulées dans ce rapport et par les concepteurs, l'observation, l'inspection et les essais par un ingénieur géotechnicien, comme décrit ci-dessous, sont recommandés.

Tous les sols exposés doivent être inspectés par un ingénieur en géotechnique avant la mise en place des matériaux granulaires. Ces inspections sont nécessaires pour confirmer la compétence et la nature des sols de l'infrastructure, pour s'assurer que toutes les zones à faible portance ont été identifiés et corrigés et que le drainage des eaux de surface a été assuré par l'entrepreneur. Des inspections doivent être effectuées pour vérifier la nature du sol d'infrastructure et la structure granulaire.

Toute source de matériau granulaire livré au chantier devrait être échantillonnée, testée au laboratoire et approuvée par un ingénieur en géotechnique.



LA GRANDE ALLIANCE – ÉTUDE DE FAISABILITÉ – PHASE I INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE – CHEMIN DE NEMASKA

La mise en place et la compaction du remblai structural devraient être supervisées et testées par un personnel géotechnique à l'aide d'un nucléodensimètre afin d'assurer l'atteinte des niveaux de compaction requis ainsi que la teneur en eau optimale durant la construction.

4.10 Recommandations pour les investigations futures

Tel que mentionné à la section 4.4.1 précédente, une analyse de trafic est recommandée pour les prochaines phases de conception du projet permettant de d'ajuster les recommandations préliminaires émises dans ce rapport de faisabilité.

Également, des études géotechniques complémentaires devront être réalisées afin de peaufiner l'information géotechnique actuellement disponible, pour les éléments ci-dessous et sans s'y limiter :

- Étude pédologique complémentaire sur la route existante, incluant un maillage plus serré entre forages, respectant le *Guide de planification et réalisation des études de reconnaissance de sols* du MTQ ;
- Étude géotechnique, pour déterminer la stabilité et les tassements dans les secteurs de rehaussement majeur;
- Étude géotechnique pour les secteurs faisant l'objet d'un élargissement de voie ou d'une reconstruction totale;
- Études géotechniques distinctes pour tous les nouveaux ouvrages d'art et ponceaux majeurs ainsi que pour ceux faisant l'objet d'une réhabilitation majeur (reconstruction partielle ou totale).



5.0 Références

Hardy, L. (1977). *Deglaciation, and Lacustrine and Marine Episodes on the Québec Portion of the James Bay Lowlands*. Géographie Physique et Quaternaire, 31(3-4), 261-273.

Hardy, L. (1982). *Le Wisconsinien supérieur à l'est de la baie James (Québec)*. Le Naturaliste canadien, Vol. 109, pp. 331-351.

Système d'information géominière du Québec (SIGÉOM), (2023). *Interactive map*.
https://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCartelIntr

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Tome II – Construction routière, Chapitre 1 « Terrassements » et Chapitre 2 « Structure de chaussée »*. Québec, coll. Normes – Ouvrages routiers.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (dernière édition). CCDG. *Cahier des charges et devis généraux – Infrastructures routières – Construction et réparation*.

MacLeod, D. R. (1989). *A BST Management System for Yukon Highways*. Public Works Canada, DIAND Technical Services, Government of Yukon Community & Transportation Services.

Doré, G & Zubeck, H. (2009). *Cold Regions Pavement Engineering*. Chapter 1, Cold Regions Pavements.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (2018). *Guide de préparation des projets routiers*. Québec.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (2010). *Guide de planification et de réalisation des études de reconnaissance des sols*. Québec.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (2012). *Guide pour l'étude et la construction de remblais routiers sur tourbières*. Québec.

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (dernière édition). « *Travaux de génie civil – Granulats* ». Norme BNQ 2560-114.

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (dernière édition). « *Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – Classification et caractéristiques* ». Norme BNQ 2560-600.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (2016). *Aménagement et entretien des routes en milieu nordique*. Québec.

Direction générale du laboratoire des chaussées (2017). *Traitement de surface sur route en milieu nordique – Cas de la municipalité d'Oujé-Bougoumou*. Vol. 22, n°3, décembre 2017.



ANNEXES

Annexe A Énoncé des conditions générales



ÉNONCÉ DES CONDITIONS GÉNÉRALES

UTILISATION DU PRÉSENT RAPPORT : Le présent rapport a été préparé pour le seul bénéfice du client ou de son agent et il ne peut être utilisé par une tierce partie sans le consentement expressément écrit de Stantec Experts-conseils Ltée et du client. La responsabilité de toute utilisation du présent rapport par une tierce partie relève de cette dernière.

FONDEMENT DU RAPPORT : Les renseignements, les opinions ou les recommandations contenus dans le présent rapport sont en accord avec la compréhension actuelle de Stantec Experts-conseils Ltée relativement au projet spécifique au site, comme décrit par le client. Leur applicabilité se limite aux conditions du site au moment de l'investigation ou de l'étude. Si le projet spécifique au site proposé diffère de la description indiquée dans le présent rapport ou s'il est modifié, ou si les conditions du site ont changé, alors le présent rapport n'est plus valide à moins que le client demande à Stantec Experts-conseils Ltée de réviser et de mettre à jour le rapport afin qu'il reflète les modifications apportées au projet ou l'évolution des conditions du site.

NORMES DE CONDUITE : La préparation du présent rapport ainsi que tous les travaux connexes ont été réalisés conformément aux normes de conduite acceptées dans l'État ou la province où a lieu la prestation du service professionnel précis fourni au client. Aucune autre garantie n'est donnée.

INTERPRÉTATION DES CONDITIONS DU SITE : Dans ce rapport, les descriptions du sol, du socle rocheux ou des autres matériaux ainsi que les énoncés concernant leur état sont basés sur les conditions du site constatées par Stantec Experts-conseils Ltée au moment de réaliser le travail et aux emplacements précis des essais ou des échantillonnages. Les classifications et les énoncés concernant les conditions sont établis conformément aux pratiques normalement acceptées, lesquelles sont discrétionnaires par nature; aucune description spécifique ne doit être considérée comme exacte, mais plutôt comme un reflet du comportement attendu des matériaux. L'extrapolation des conditions in situ ne peut être faite que dans une certaine étendue limitée au-delà des points d'échantillonnages et d'essais. L'étendue dépend de la variabilité des conditions du sol, du socle rocheux et de l'eau souterraine, selon l'influence des processus géologiques, des activités de construction et de l'utilisation du site.

CONDITIONS VARIABLES OU INATTENDUES : Dans l'éventualité où les conditions réelles du site ou les conditions souterraines diffèrent de celles décrites dans le présent rapport ou constatées aux emplacements d'essais, Stantec Experts-conseils Ltée doit en être avisée immédiatement afin de déterminer si les conditions variables ou inattendues sont importantes et s'il est nécessaire de réévaluer les conclusions ou les recommandations du rapport. Stantec Experts-conseils Ltée n'est pas responsable envers toute partie tierce pour les dommages encourus si elle n'est pas avisée des changements des conditions du site ou des conditions souterraines dès leur découverte.

PLANIFICATION, CONCEPTION OU CONSTRUCTION : Les plans de développement ou de conception et les spécifications doivent être révisés par Stantec Experts-conseils Ltée, et ce, suffisamment de temps avant le début de la prochaine étape du projet (acquisition de propriété, soumission, construction, etc.), afin de confirmer que le présent rapport tient entièrement compte des caractéristiques du projet élaboré et que le contenu du présent rapport a été correctement interprété. Durant la construction, des services spécialisés d'assurance de la qualité (observations sur le terrain et essais) seront nécessaires dans le cadre de l'évaluation des conditions souterraines et des travaux de préparation du site. Le travail sur le site lié aux recommandations contenues dans le présent rapport ne doit être effectué qu'en présence d'un ingénieur géotechnique qualifié; Stantec Experts-conseils Ltée ne peut être tenue responsable du travail réalisé sur le site en son absence.

Limites

Le présent rapport documente des travaux menés conformément aux normes professionnelles généralement reconnues et applicables au moment et à l'endroit où les services ont été fournis. Aucune autre déclaration n'est faite et aucune autre garantie n'est donnée quant à l'exactitude et à l'exhaustivité des données ou des conclusions du présent rapport, y compris aucune assurance qu'il englobe tous les risques possibles associés à la propriété en question.

Le présent rapport propose une évaluation de certaines conditions environnementales associées à la partie désignée de la propriété évaluée, au moment où les travaux ont été menés, et est fondé sur les renseignements obtenus par Stantec à ce moment. Aucune garantie n'est donnée quant à l'exactitude et à l'exhaustivité de ces renseignements. Stantec a présumé corrects tous les renseignements fournis par le client ou un tiers dans le cadre de la préparation du présent rapport. Stantec n'est aucunement responsable de toute lacune ou de toute inexactitude des renseignements reçus d'autres parties.

Les opinions énoncées dans le présent rapport sont uniquement fiables lorsqu'elles sont liées aux conditions de la partie de la propriété désignée évaluée au moment où les travaux ont été effectués. Les activités menées sur la propriété après l'évaluation de Stantec pourraient avoir considérablement modifié l'état de la propriété. Stantec ne peut émettre aucun commentaire sur les autres zones de la propriété qui n'ont pas été évaluées.

Les conclusions formulées dans le présent rapport reflètent l'opinion professionnelle de Stantec au moment de sa rédaction et sont uniquement fondées sur la portée des travaux qui y sont décrits, sur la quantité restreinte de données disponibles et les résultats des travaux. Elles ne certifient pas les conditions environnementales de la propriété. Le présent rapport ne devrait pas être considéré comme un avis juridique.

Le présent rapport a été préparé pour l'utilisation exclusive du client qui y est désigné, et son utilisation par un tiers est interdite. Stantec n'est pas responsable des pertes, dommages, risques ou demandes de règlement découlant de quelque manière que ce soit de l'utilisation du présent rapport par un tiers.

L'emplacement de tout service public, de tout bâtiment et de toute structure et les limites de la propriété illustrées ou décrites dans le présent rapport, s'il y a lieu, y compris les files de poteaux, les canalisations, les conduites maîtresses, les égouts ou les autres services publics en surface ou sous la surface, ne sont pas garantis. L'emplacement de tels services publics ou de telles structures devrait être confirmé avant la réalisation de travaux, et Stantec n'est aucunement responsable des dommages qui peuvent y être causés.

Les conclusions sont basées sur l'état du site observé par Stantec au moment où les travaux ont été réalisés aux emplacements particuliers de l'analyse ou de l'échantillonnage, et cet état peut différer selon l'emplacement. Des facteurs comme de possibles domaines de préoccupation déterminés dans des études précédentes, des conditions sur le site (p. ex. services publics) et le coût peuvent avoir limité les emplacements d'échantillonnage ayant servi à l'évaluation. De plus, les analyses ont seulement été faites pour un nombre limité de paramètres chimiques; on ne peut donc pas déduire que d'autres éléments chimiques ne sont pas présents.

En raison de la nature de l'évaluation et de la quantité restreinte des données disponibles, Stantec ne peut offrir de garanties pour les risques environnementaux non identifiés ni garantir que les résultats de l'échantillonnage représentent l'état de l'ensemble du site. Comme le présent rapport vise à déterminer les conditions du site qui pourraient représenter un risque pour l'environnement, la portée de l'évaluation ne comprend pas la détermination des risques non environnementaux pour les structures ou les personnes sur le site.

Si des renseignements supplémentaires qui diffèrent considérablement de notre compréhension des conditions présentées dans le présent rapport deviennent disponibles, Stantec se décharge de toute responsabilité quant à la mise à jour des conclusions du présent rapport.

Annexe B Figure



V:\01216\active\158100425\dessins\6.Figures et logs\Access-Road_500.710.2\RoadwayRoutes d'accès Logs et dessins francais\158100425.500.710.2-01-FR.dwg PRINTED: Mar 22, 2023



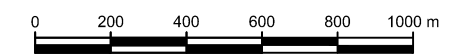
Note importante :
 Toutes les dimensions montrées sur cette figure sont approximatives et l'utilisateur est responsable de les vérifier. Stantec devrait être avisée de toute erreur ou omission dans les plus brefs délais.

Légende :

BH22-xx Forage 2022 (Stantec)

Coordonnées géodésiques (UTM-18)		
Forage N°	Est (m)	Nord (m)
BH22-46	416897	5729910
BH22-47	417700	5729079
BH22-48	418263	5728341
BH22-49	418955	5727603

Échelle graphique :



Échelle : 1/20000

Source :
 © Image tiré de Google Earth 2023

Client :
 Société de développement crie (SDC)

Projet :
 La Grande Alliance -Étude de faisabilité, Phase I
 Investigation géotechnique préliminaire

Localisation :
 Chemin de Nemaska (Quebec)

Titre de la figure :
 Localisation des forages

N° de projet : 158100425.500.710.2	Dessiné par : S. Veillette, tech.
Date : 2023-03-07	Vérifié par : T. Coulaux, ing.
Figure n° : 01	Page : 1 de 1

Annexe C Rapports de forages



Projet : **La Grande Alliance - Étude de faisabilité - Phase I Investigation géotechnique préliminaire**
 No. projet : **158100425.500.710.2**
 Client : **Société de développement crie (SDC)**
 Site : **Chemin de Nemaska**

Coordonnée : **Géo. Système: UTM Zone: 18**
 X : **416 897**
 Y : **5 729 910**
 Type de sondage : **Tarière**
 Équipement : **CME**
 Type d'échantillonneur : **B, N**
 Carottier :

Sondage : **BH22-46**
 Page : **1 de 1**
 Date de début : **2022-06-29**
 Inspecteur : **S. Pelletier, tech.**
 Profondeur : **1,83 m**

Figure : 01

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	NAPPE PHRÉATIQUE						
CF Cuillère fendue CFC Échantillonnage continu CR Carottier à diamants TA Tarière TM Tube à parois minces TS Tube shelby MA Échantillon manuel	Argile < 0,002 mm Silt 0,002 - 0,08 mm Sable 0,08 - 5 mm Gravier 5 - 80 mm Cailloux 80 - 200 mm Blocs > 200 mm	Traces < 10 % Un peu 10 - 20 % Adjectif (...eux) 20 - 35 % et (ex: et gravier) > 35 % mot principal Fraction dominante	N Indice de pénétration standard (ASTM D 1586) Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145) RQD Indice de la qualité du roc (%)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Profondeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lecture 1</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Lecture 2</td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table> <p>Remarques :</p>	Date	Profondeur	Lecture 1	m	Lecture 2	m
Date	Profondeur									
Lecture 1	m									
Lecture 2	m									

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche 0 - 4 Lâche 4 - 10 Compact 10 - 30 Dense 30 - 50 Très dense > 50	CONSISTANCE Très molle < 12 Molle 12 - 25 Ferme 25 - 50 Raide 50 - 100 Très raide 100 - 200 Dure > 200	QUALIFICATIF RQD < 25 % Très mauvaise 25 - 50 % Moyenne 50 - 75 % Bonne 75 - 90 % Excellente 90 - 100 %
	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm

STRATIGRAPHIE				ÉCHANTILLONS				ESSAIS							
PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS - ÉCHANTI.	CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - RQD	Essai de pénétration standard COUPS/150mm	NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	AG : analyse granulo. S : sédimentométrie C : consolidation oedo. W : teneur en eau W _L : limite liquide W _p : limite plastique Dr : densité relative k : perméabilité fc : compression simple MO : matière organique AC : analyses chimiques TAS Taux d'agressivité des sols	X : N (pen. standard) ▽ : Nc (pen. dyn.) ■ : Cu intact □ : Cu remanié ◆ : Su intact ◇ : Su remanié	REMARQUES
		0,00	Couche de roulement : Sable et gravier, traces de silt, brun, humide.			SS-01	A	N	66		4-10-12-13	AG			
		0,44	Remblai granulaire : Sable, un peu de silt, traces de gravier, gris, humide.				B					AG			
		0,82	Sable silteux, un peu de gravier, brun, humide, compact.			SS-02	B		75	19	13-9-10-3	AG			
		1,22	Dépôt naturel granulaire : Sable silteux, traces de gravier, brun, humide, très lâche.				B		51	4	3-2-2-2	AG			
		1,83	FIN DU FORAGE												

Remarques générales : **Les forages ont été positionnés sur le site avec un GPS de poche de 3 m de précision.**

Vérifié par : T. Coulaux, ing.
 Date : **2023-03-16**

Projet : **La Grande Alliance - Étude de faisabilité - Phase I Investigation géotechnique préliminaire**
 No. projet : **158100425.500.710.2**
 Client : **Société de développement crie (SDC)**
 Site : **Chemin de Nemaska**

Coordonnée : **Géo. Système: UTM Zone: 18**
 X : **417 700**
 Y : **5 729 079**
 Type de sondage : **Tarière**
 Équipement : **CME**
 Type d'échantillonneur : **B, N**
 Carottier :

Sondage : **BH22-47**
 Page : **1 de 1**
 Date de début : **2022-06-29**
 Inspecteur : **S. Pelletier, tech.**
 Profondeur : **1,83 m**

Figure : 01

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	NAPPE PHRÉATIQUE						
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	N Indice de pénétration standard (ASTM D 1586)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Profondeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lecture 1</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Lecture 2</td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table>	Date	Profondeur	Lecture 1	m	Lecture 2	m
Date	Profondeur									
Lecture 1	m									
Lecture 2	m									
CFC Échantillonnage continu	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)							
CR Carottier à diamants	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)							
TA Tarière	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %								
TM Tube à parois minces	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante								
TS Tube shelly	Blocs > 200 mm									
MA Échantillon manuel										

Remarques :

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche 0 - 4 Lâche 4 - 10 Compact 10 - 30 Dense 30 - 50 Très dense > 50	CONSISTANCE Très molle < 12 Molle 12 - 25 Ferme 25 - 50 Raide 50 - 100 Très raide 100 - 200 Dure > 200	Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm

STRATIGRAPHIE				ÉCHANTILLONS					ESSAIS		REMARQUES			
PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS - ÉCHANTI.	CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - RQD		Essai de pénétration standard COUPS/150mm	NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	AG : analyse granulo. S : sédimentométrie C : consolidation oedo. W : teneur en eau W _L : limite liquide W _p : limite plastique Dr : densité relative k : perméabilité fc : compression simple MO : matière organique AC : analyses chimiques TAS Taux d'agressivité des sols
		0,00	Couche de roulement : Sable graveleux, traces de silt, brun, humide.			SS-01	N	48	48		5-12-61-36	AG		
		0,61	Remblai granulaire : Sable silteux, un peu de gravier, gris, humide.			SS-02	B	41	9		6-4-5-4	AG	X	
		1,22	Dépôt naturel granulaire : Sable silteux, traces de gravier, gris, humide à saturé, lâche.			SS-03	B	51	7		4-4-3-3	AG	X	
		1,83	FIN DU FORAGE											

Remarques générales: **Les forages ont été positionnés sur le site avec un GPS de poche de 3 m de précision.**

Vérifié par : T. Coulaux, ing.
 Date : **2023-03-16**

Projet : **La Grande Alliance - Étude de faisabilité - Phase I Investigation géotechnique préliminaire**
 No. projet : **158100425.500.710.2**
 Client : **Société de développement crie (SDC)**
 Site : **Chemin de Nemaska**

Coordonnée : **Géo. Système: UTM Zone: 18**
 X : **418 263**
 Y : **5 728 341**
 Type de sondage : **Tarière**
 Équipement : **CME**
 Type d'échantillonneur : **B, N**
 Carottier :

Sondage : **BH22-48**
 Page : **1 de 1**
 Date de début : **2022-06-29**
 Inspecteur : **S. Pelletier, tech.**
 Profondeur : **1,83 m**

Figure : 01

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	NAPPE PHRÉATIQUE						
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	N Indice de pénétration standard (ASTM D 1586)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Profondeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lecture 1</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Lecture 2</td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table>	Date	Profondeur	Lecture 1	m	Lecture 2	m
Date	Profondeur									
Lecture 1	m									
Lecture 2	m									
CFC Échantillonnage continu	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)							
CR Carottier à diamants	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)							
TA Tarière	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %								
TM Tube à parois minces	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante								
TS Tube shelly	Blocs > 200 mm									
MA Échantillon manuel										

Remarques :

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche 0 - 4 Lâche 4 - 10 Compact 10 - 30 Dense 30 - 50 Très dense > 50	CONSISTANCE Très molle < 12 Molle 12 - 25 Ferme 25 - 50 Raide 50 - 100 Très raide 100 - 200 Dure > 200	Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm

STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS					ESSAIS		REMARQUES			
PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	PROFONDEUR (m)	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS - ÉCHANTI.	CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - RQD		Essai de pénétration standard COUPS/150mm	NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	AG : analyse granulo. S : sédimentométrie C : consolidation oedo. W : teneur en eau W _L : limite liquide W _p : limite plastique Dr : densité relative k : perméabilité fc : compression simple MO : matière organique AC : analyses chimiques TAS Taux d'agressivité des sols
		0,00											
		0,51	Couche de roulement : Sable et gravier, traces de silt, brun, humide.			SS-01	A	N	67	10-22-21-19		AG	
		1	Dépôt naturel granulaire : Sable silteux, un peu de gravier, gris, humide, compact.			SS-02	B	B	56	10-7-9-10		AG	X
		5				SS-03	B	B	0	14-13-9-14			X
		1,83	FIN DU FORAGE										
		10											
		15											
		5											

Remarques générales: **Les forages ont été positionnés sur le site avec un GPS de poche de 3 m de précision.**

Vérifié par : T. Coulaux, ing.
 Date : **2023-03-16**

Projet : **La Grande Alliance - Étude de faisabilité - Phase I Investigation géotechnique préliminaire**
 No. projet : **158100425.500.710.2**
 Client : **Société de développement crie (SDC)**
 Site : **Chemin de Nemaska**

Coordonnée : **Géo. Système: UTM Zone: 18**
 X : **418 955**
 Y : **5 727 603**
 Type de sondage : **Tarière**
 Équipement : **CME**
 Type d'échantillonneur : **B, N**
 Carottier :

Sondage : **BH22-49**
 Page : **1 de 1**
 Date de début : **2022-06-29**
 Inspecteur : **S. Pelletier, tech.**
 Profondeur : **1,83 m**

Figure : 01

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	NAPPE PHRÉATIQUE						
CF Cuillère fendue CFC Échantillonnage continu CR Carottier à diamants TA Tarière TM Tube à parois minces TS Tube shelly MA Échantillon manuel	Argile < 0,002 mm Silt 0,002 - 0,08 mm Sable 0,08 - 5 mm Gravier 5 - 80 mm Cailloux 80 - 200 mm Blocs > 200 mm	Traces < 10 % Un peu 10 - 20 % Adjectif (...eux) 20 - 35 % et (ex: et gravier) > 35 % mot principal Fraction dominante	N Indice de pénétration standard (ASTM D 1586) Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145) RQD Indice de la qualité du roc (%)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Profondeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lecture 1</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Lecture 2</td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table> <p>Remarques :</p>	Date	Profondeur	Lecture 1	m	Lecture 2	m
Date	Profondeur									
Lecture 1	m									
Lecture 2	m									

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche 0 - 4 Lâche 4 - 10 Compact 10 - 30 Dense 30 - 50 Très dense > 50	CONSISTANCE Très molle < 12 Molle 12 - 25 Ferme 25 - 50 Raide 50 - 100 Très raide 100 - 200 Dure > 200	QUALIFICATIF RQD < 25 % Très mauvaise 25 - 50 % Moyenne 50 - 75 % Bonne 75 - 90 % Excellente 90 - 100 %
	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm

STRATIGRAPHIE				ÉCHANTILLONS					ESSAIS		REMARQUES				
PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS - ÉCHANTI.	CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - RQD		Essai de pénétration standard	COUPS/150mm	NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	AG : analyse granulo. S : sédimentométrie C : consolidation oedo. W : teneur en eau W _L : limite liquide W _p : limite plastique Dr : densité relative k : perméabilité fc : compression simple MO : matière organique AC : analyses chimiques TAS Taux d'agressivité des sols
		0,00	Couche de roulement : Sable et gravier, traces de silt, brun, humide.			SS-01	A	N	54		9-20-18-17		AG		
		0,43	Remblai granulaire : Sable, un peu de silt et de gravier, gris, humide, compact.			SS-02	B	B	66	20	12-10-10-11		AG		
		1,22	Dépôt naturel granulaire : Sable silteux, un peu de gravier, gris, humide, compact.			SS-03	B	B	54	13	7-7-6-8		AG		
		1,83	FIN DU FORAGE												

Remarques générales : **Les forages ont été positionnés sur le site avec un GPS de poche de 3 m de précision.**

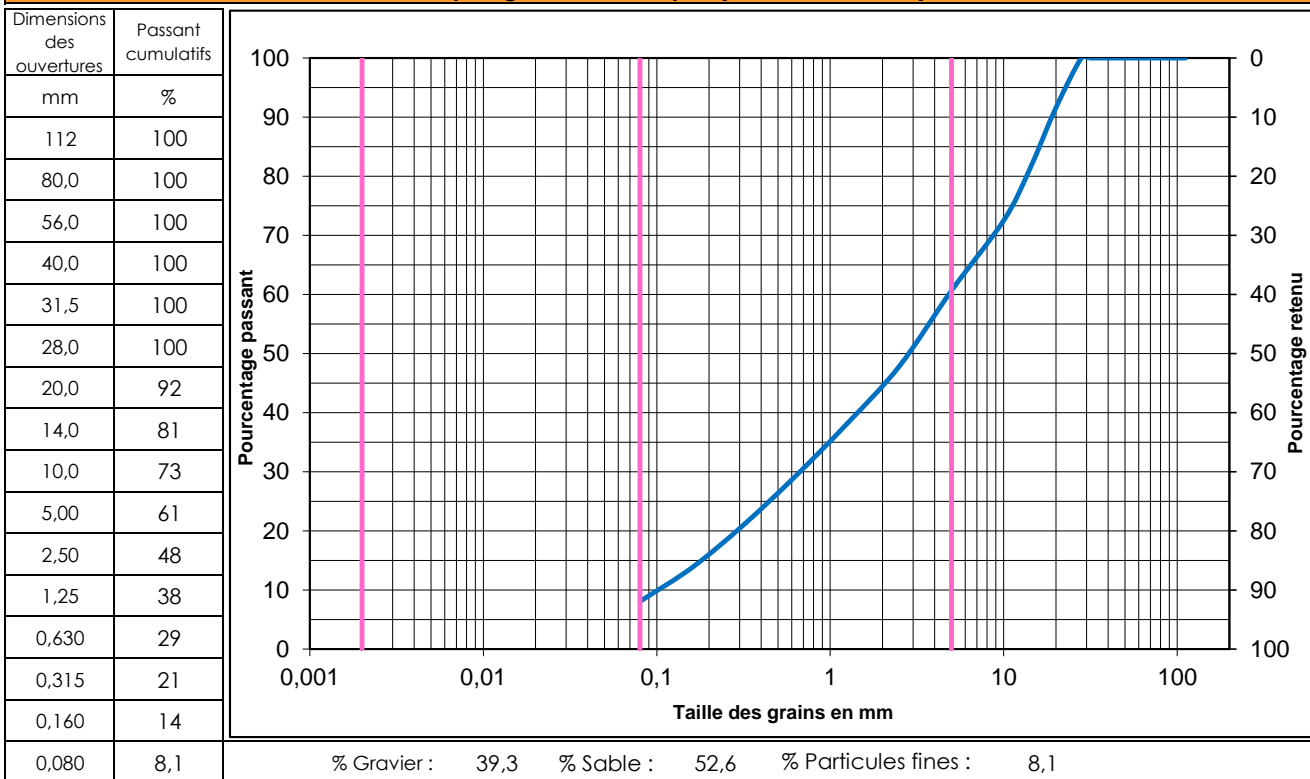
Vérifié par : T. Coulaux, ing.
 Date : **2023-03-16**

Annexe D Résultats des essais de laboratoire



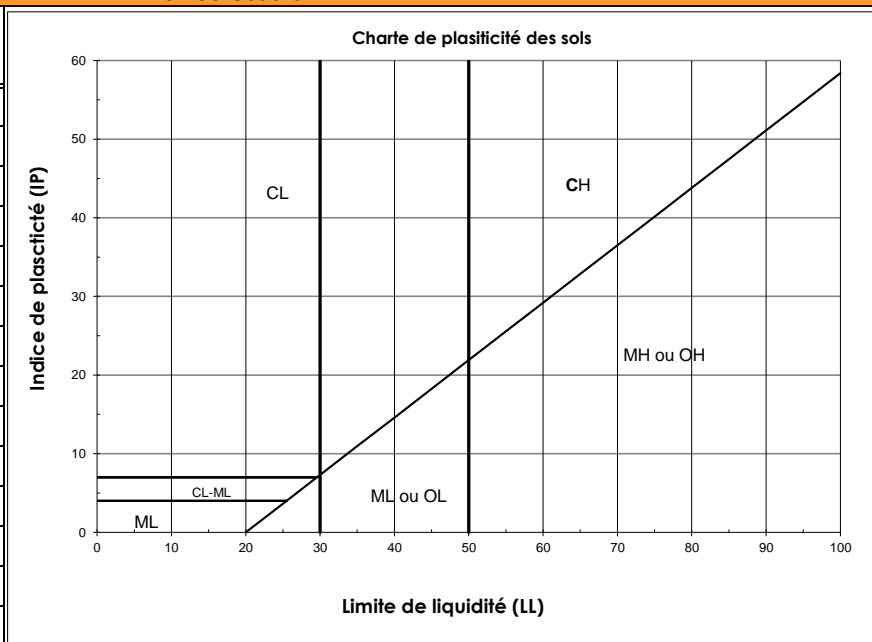
Client : Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I	Date du prélèvement : 29 juin, 2022
Chemin de Nemaska	
No de projet : 158100425.500.710.2	Type de matériaux : Sable et gravier, traces de particules fines
No d'échantillon : BH22-46 SS-01A	
Profondeur : 0,00 - 0,44m	

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

Nom de l'essai / Norme utilisée	Résultats

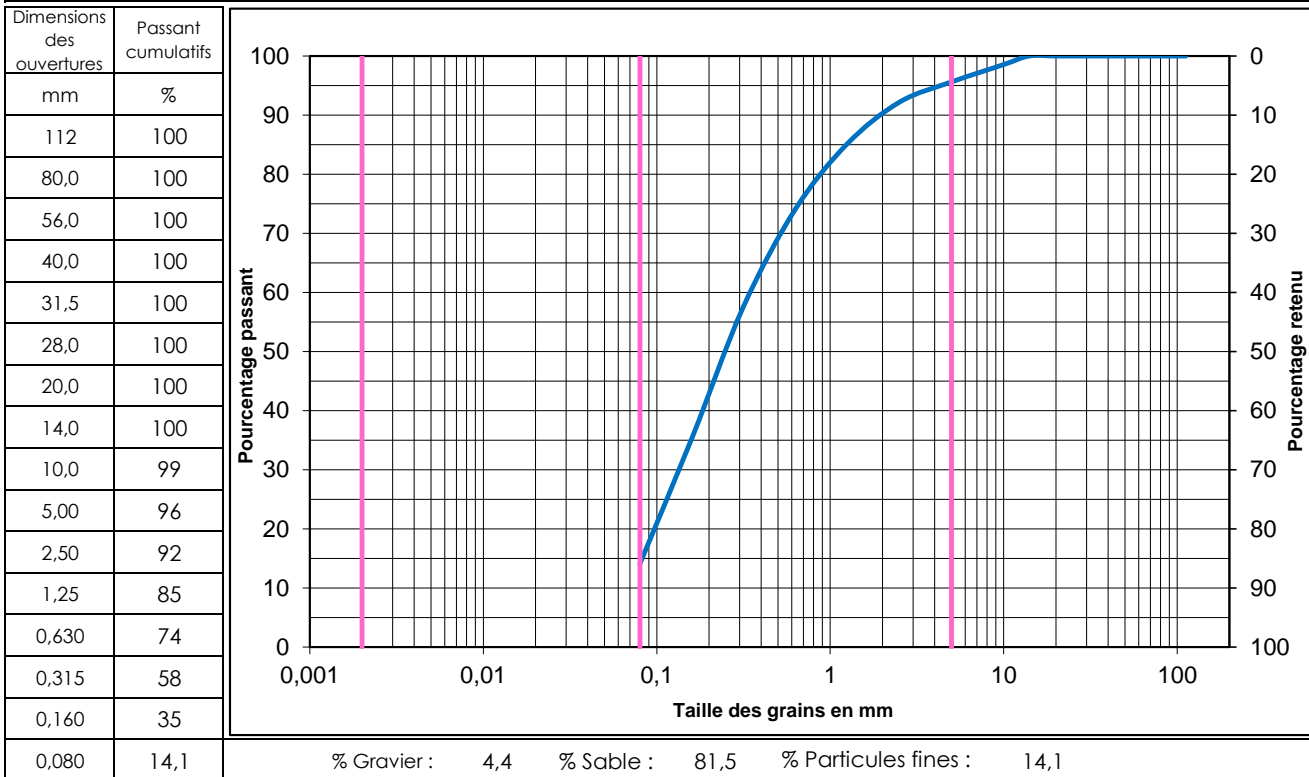


Remarques : _____

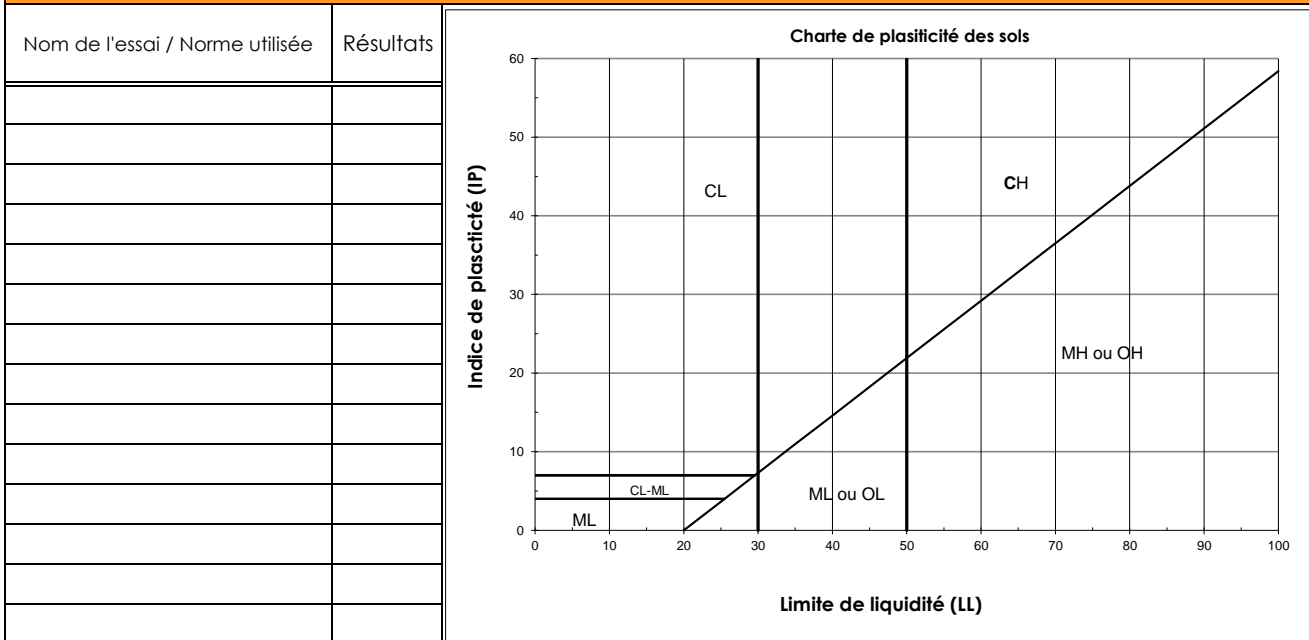
Préparé par : Benoit Cyr, géo. Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I Chemin de Nemaska	Date du prélèvement : 29 juin, 2022
No de projet : 158100425.500.710.2	Type de matériaux : Sable, un peu de particules fines, traces de gravier
No d'échantillon : BH22-46 SS-01B	
Profondeur : 0,44 - 0,61m	

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais



Remarques : _____

Préparé par : Benoit Cyr, géo. *B/C* _____ **Date :** 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC)
 Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I
 Chemin de Nemaska

Échantillonné par : Sylvain Pelletier
 Date du prélèvement : 29 juin, 2022

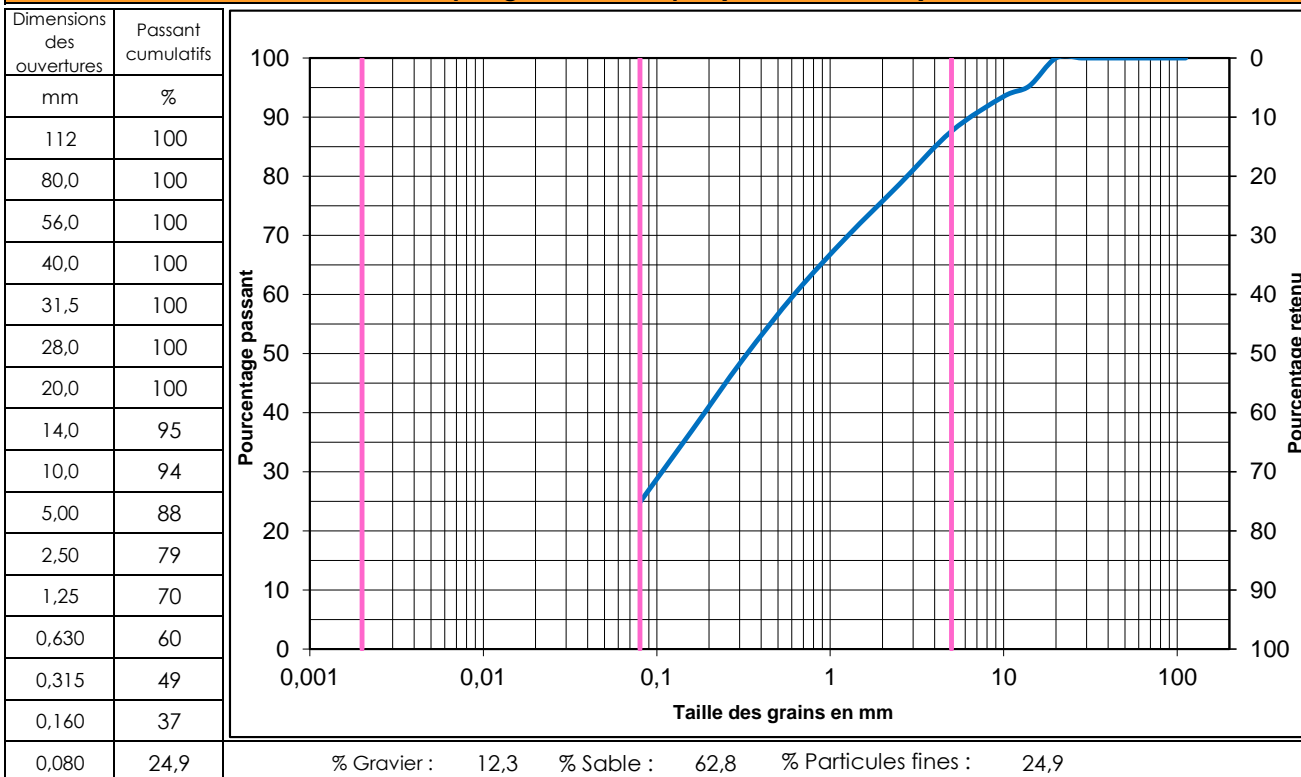
No de projet : 158100425.500.710.2

No d'échantillon : BH22-46 SS-02B

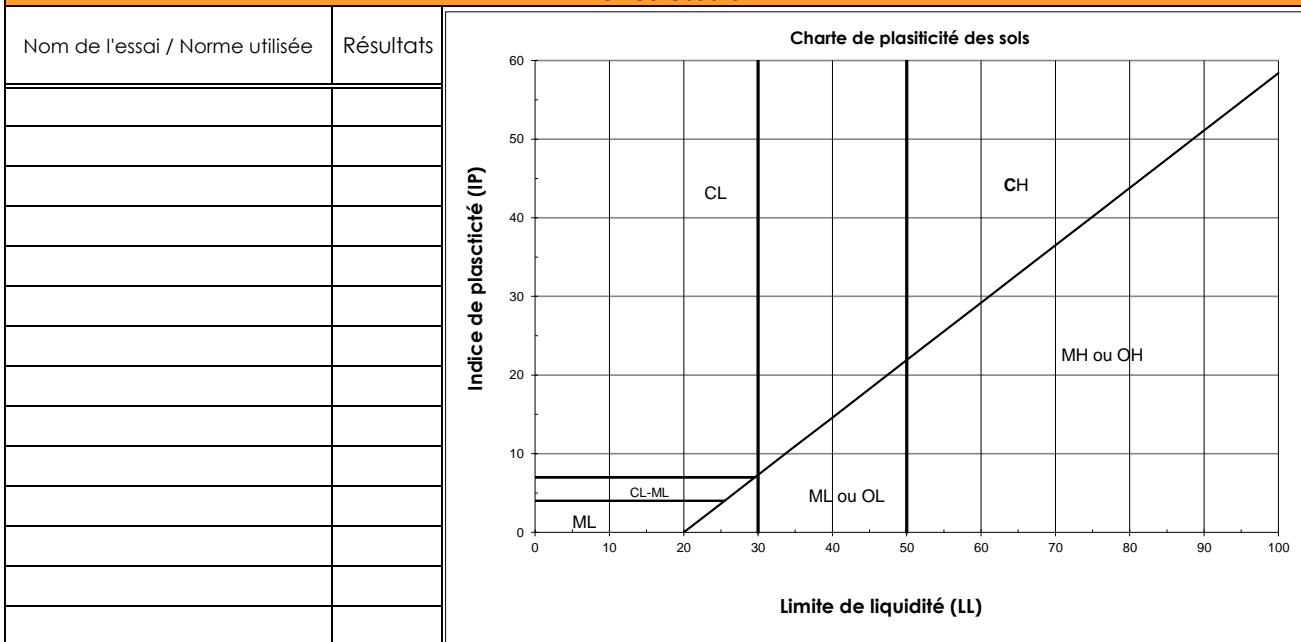
Profondeur : 0,82 - 1,22m

Type de matériaux : Sable silteux, un peu de gravier

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais



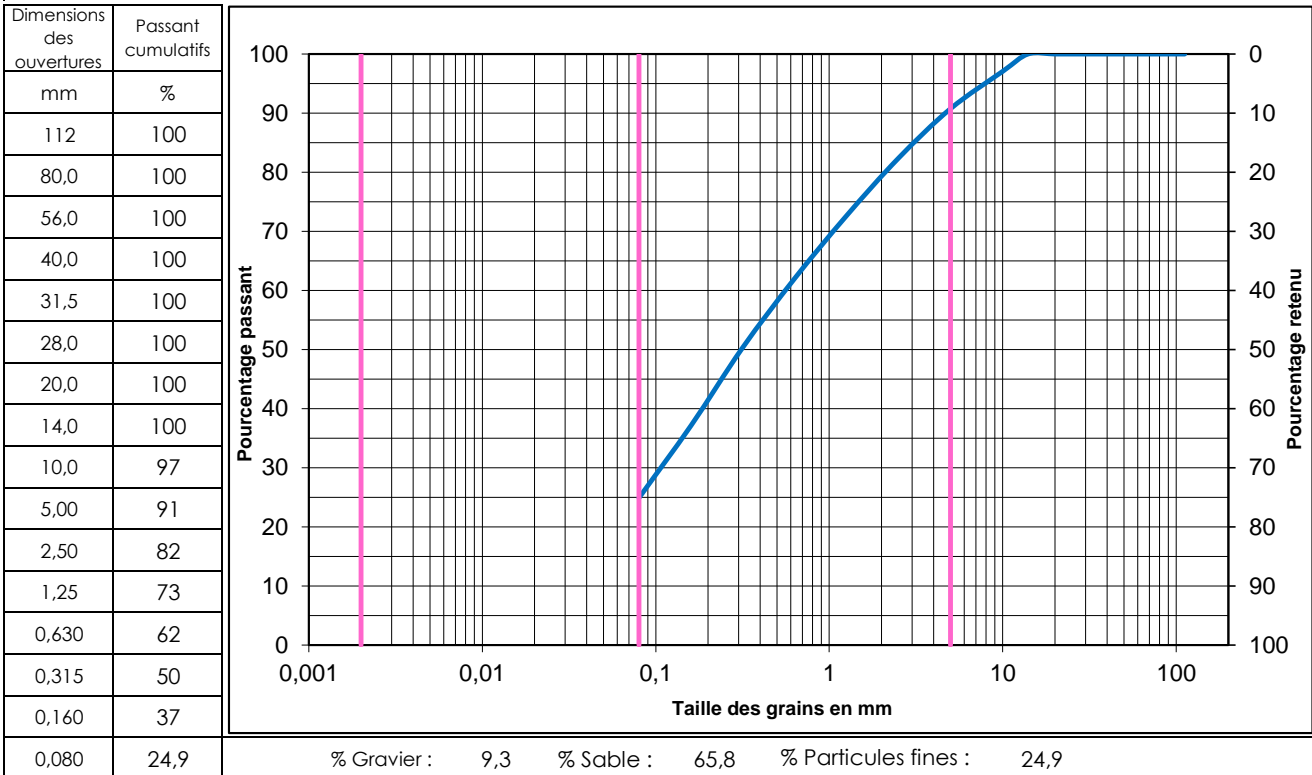
Remarques : _____

Préparé par : Benoit Cyr, géo. *Bj*

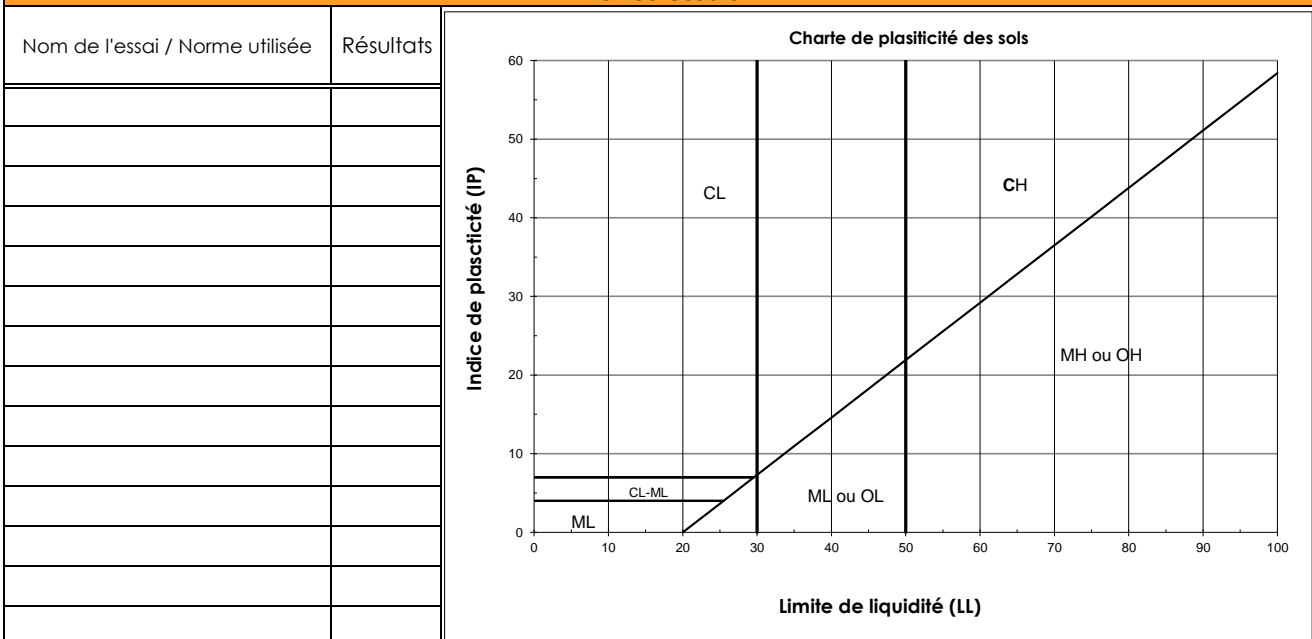
Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I Chemin de Nemaska	Date du prélèvement : 29 juin, 2022
No de projet : 158100425.500.710.2	Type de matériaux : Sable silteux, traces de gravier
No d'échantillon : BH22-46 SS-03	
Profondeur : 1,22 - 1,83m	

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

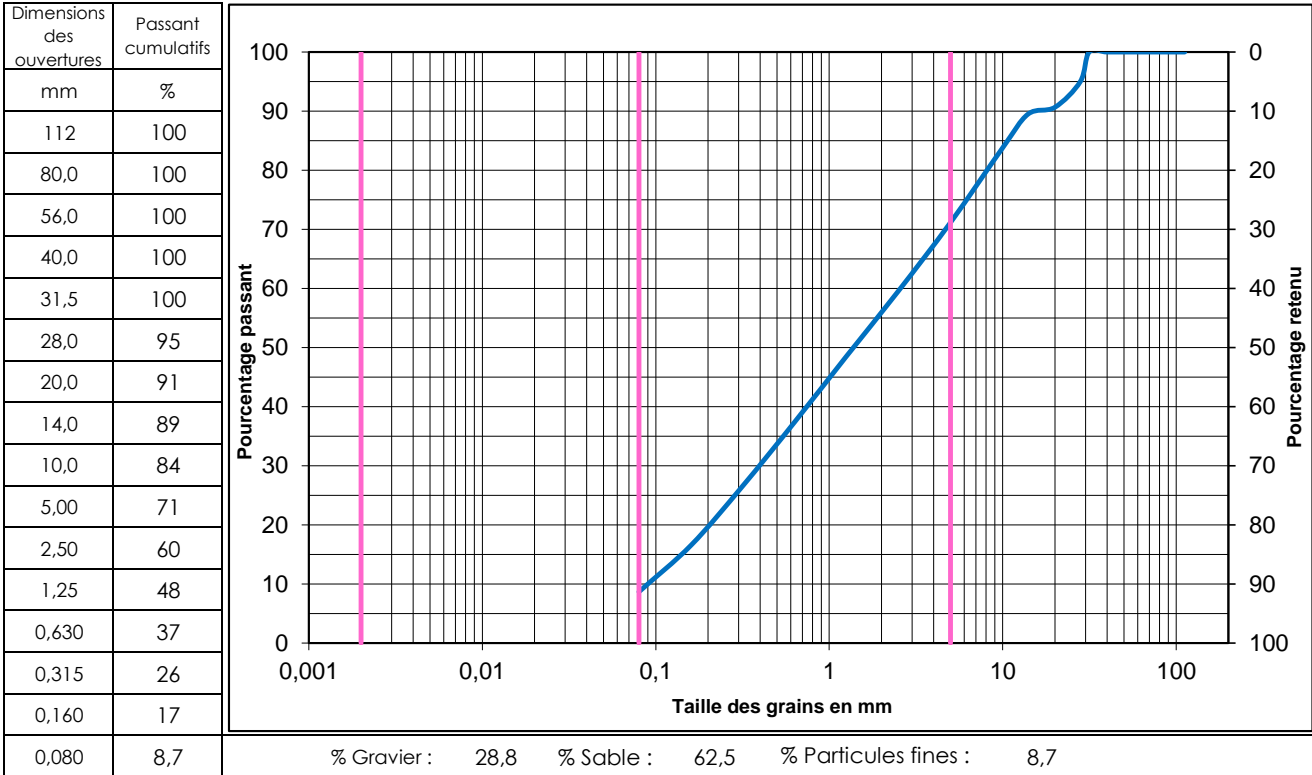


Remarques : _____

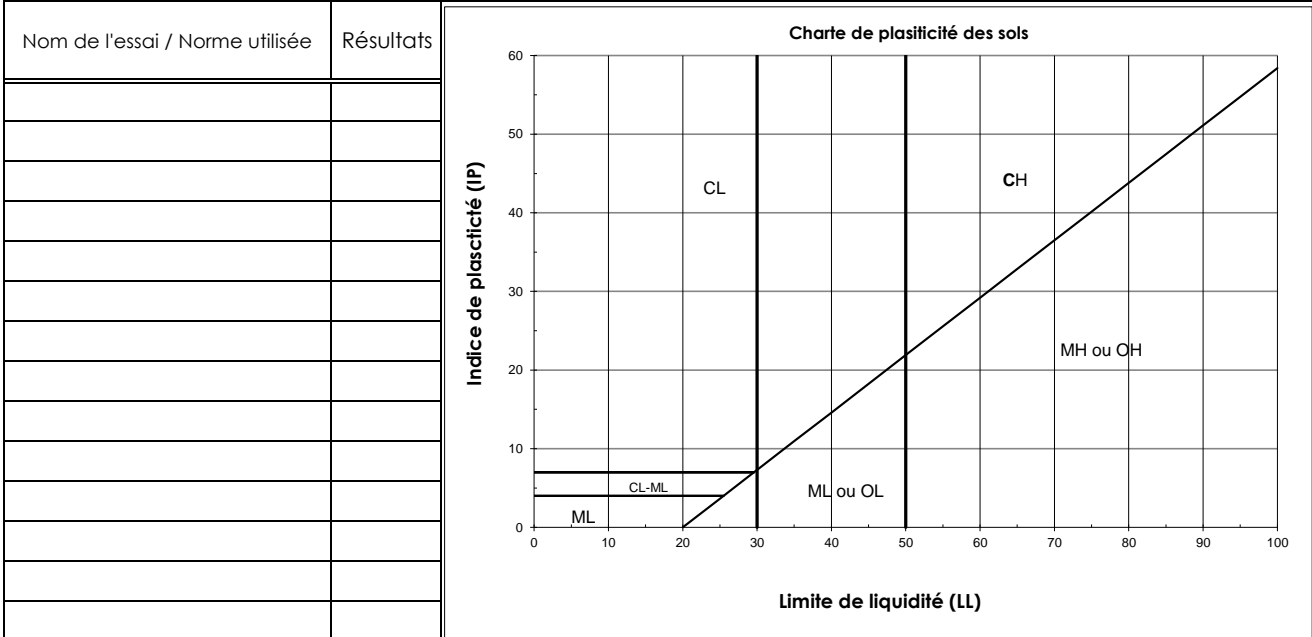
Préparé par : Benoit Cyr, géo. *BC* _____ Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC) Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I Chemin de Nemaska No de projet : 158100425.500.710.2 No d'échantillon : BH22-47 SS-01 Profondeur : 0,00 - 0,61m	Échantillonné par : Sylvain Pelletier Date du prélèvement : 29 juin, 2022 Type de matériaux : Sable graveleux, traces de particules fines
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

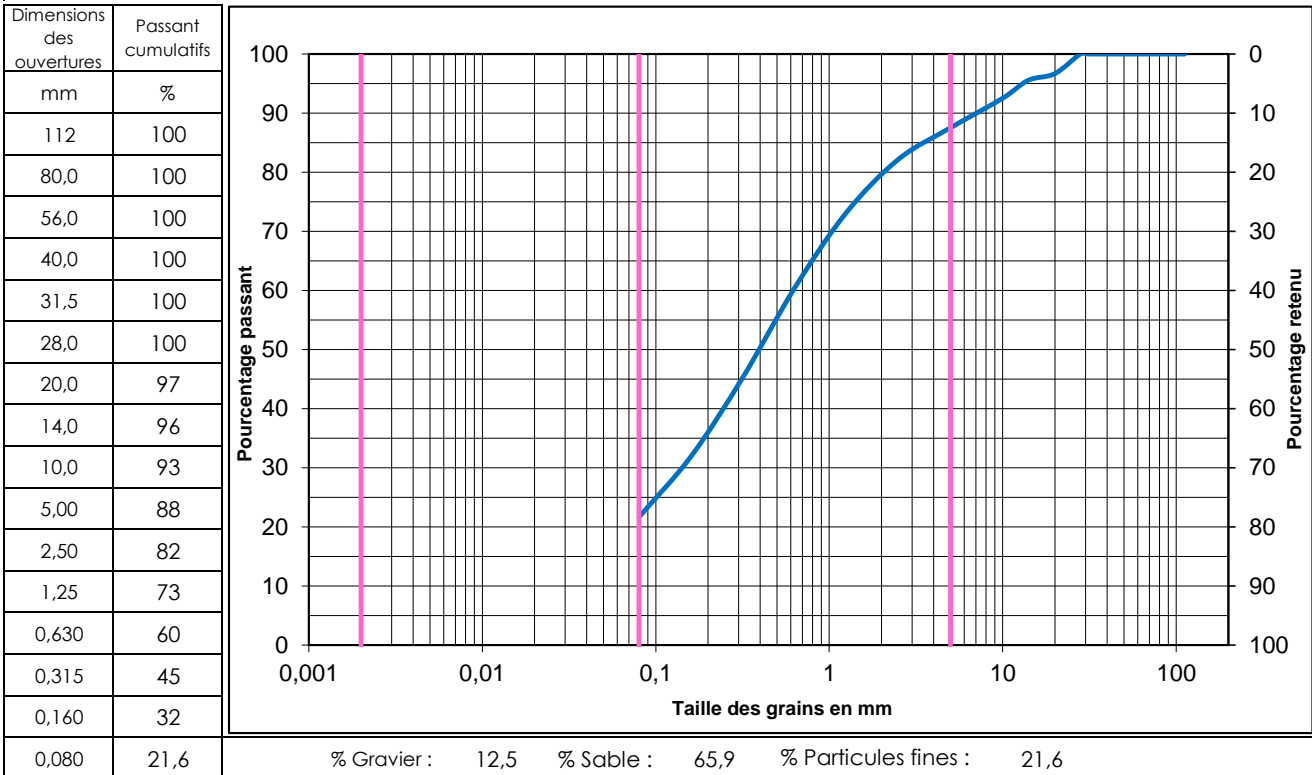


Remarques : _____

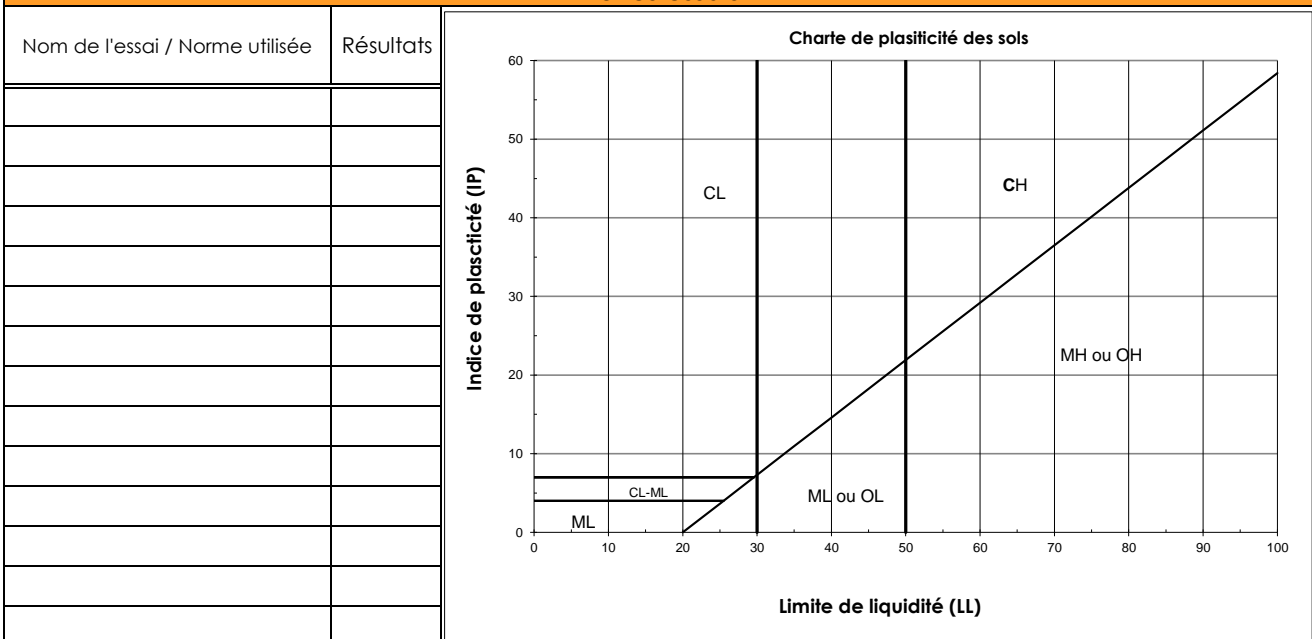
Préparé par : Benoit Cyr, géo. Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I Chemin de Nemaska	Date du prélèvement : 29 juin, 2022
No de projet : 158100425.500.710.2	Type de matériaux : Sable silteux, un peu de gravier
No d'échantillon : BH22-47 SS-02	
Profondeur : 0,61 - 1,22m	

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

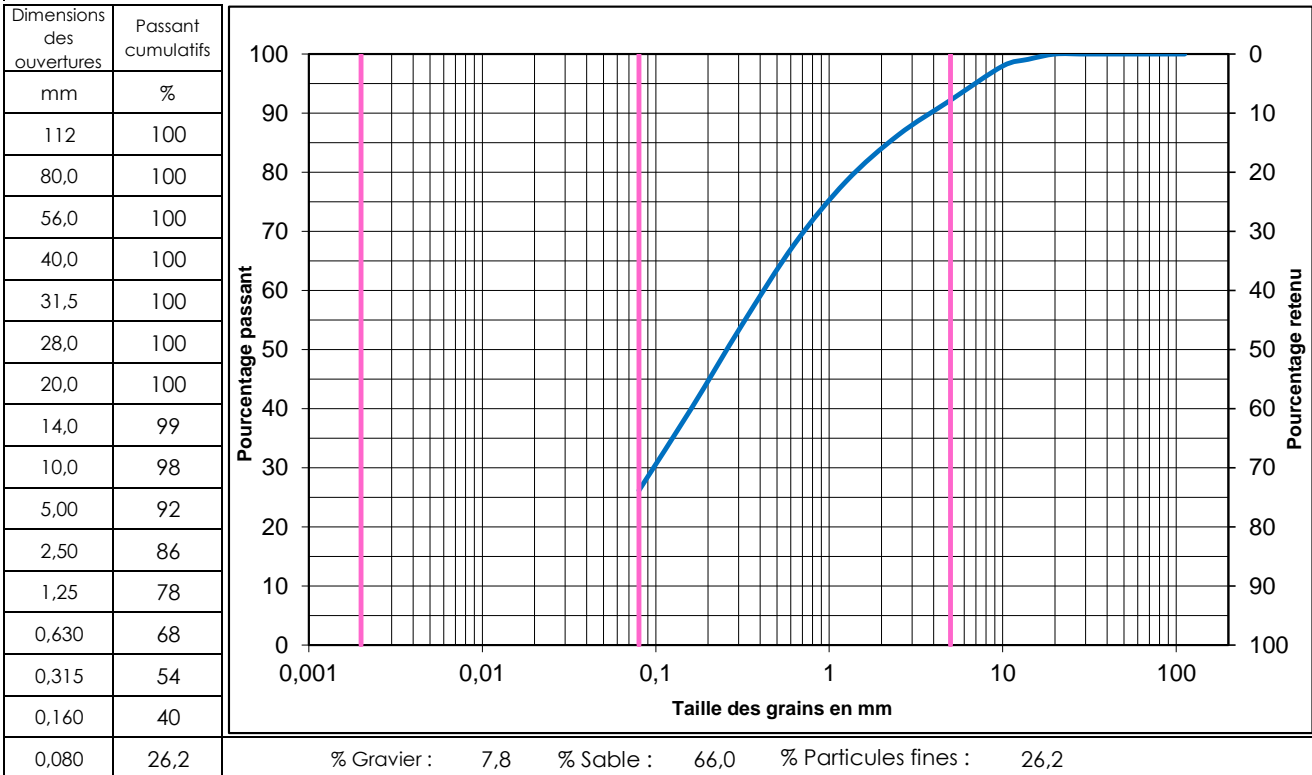


Remarques : _____

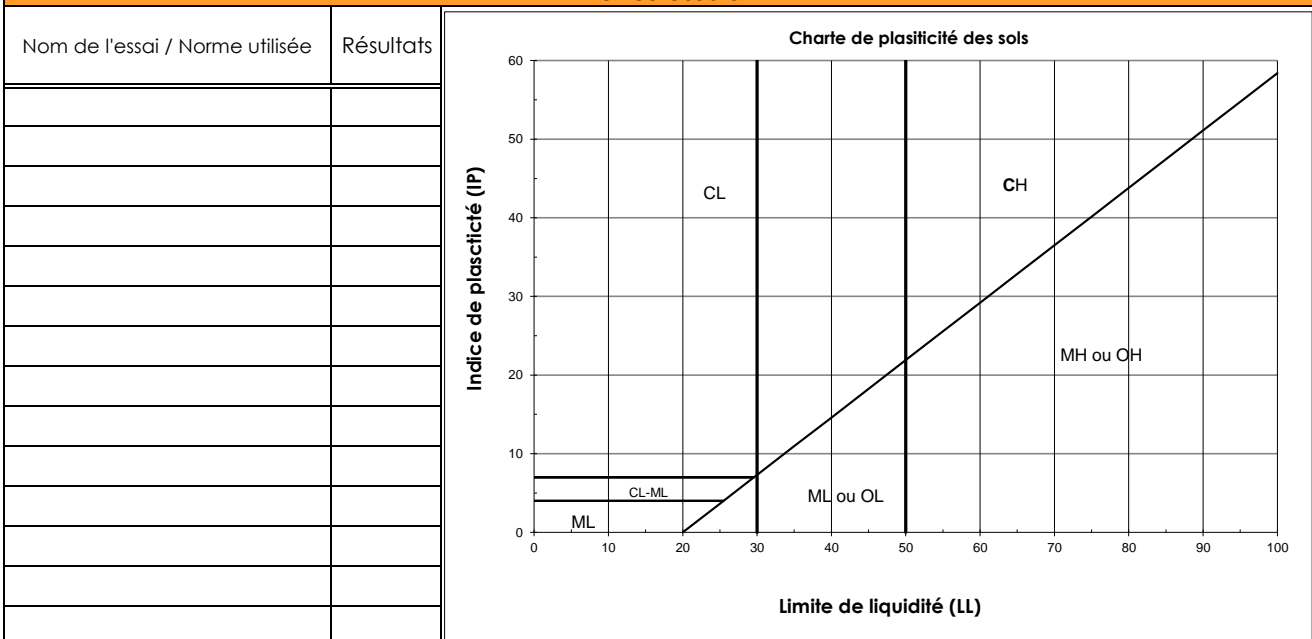
Préparé par : Benoit Cyr, géo. *Bj* _____ Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC) Échantillonné par : Sylvain Pelletier
 Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I Date du prélèvement : 29 juin, 2022
 Chemin de Nemaska
 No de projet : 158100425.500.710.2
 No d'échantillon : BH22-47 SS-03 Type de matériaux : Sable silteux, traces de gravier
 Profondeur : 1,22 - 1,83m

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

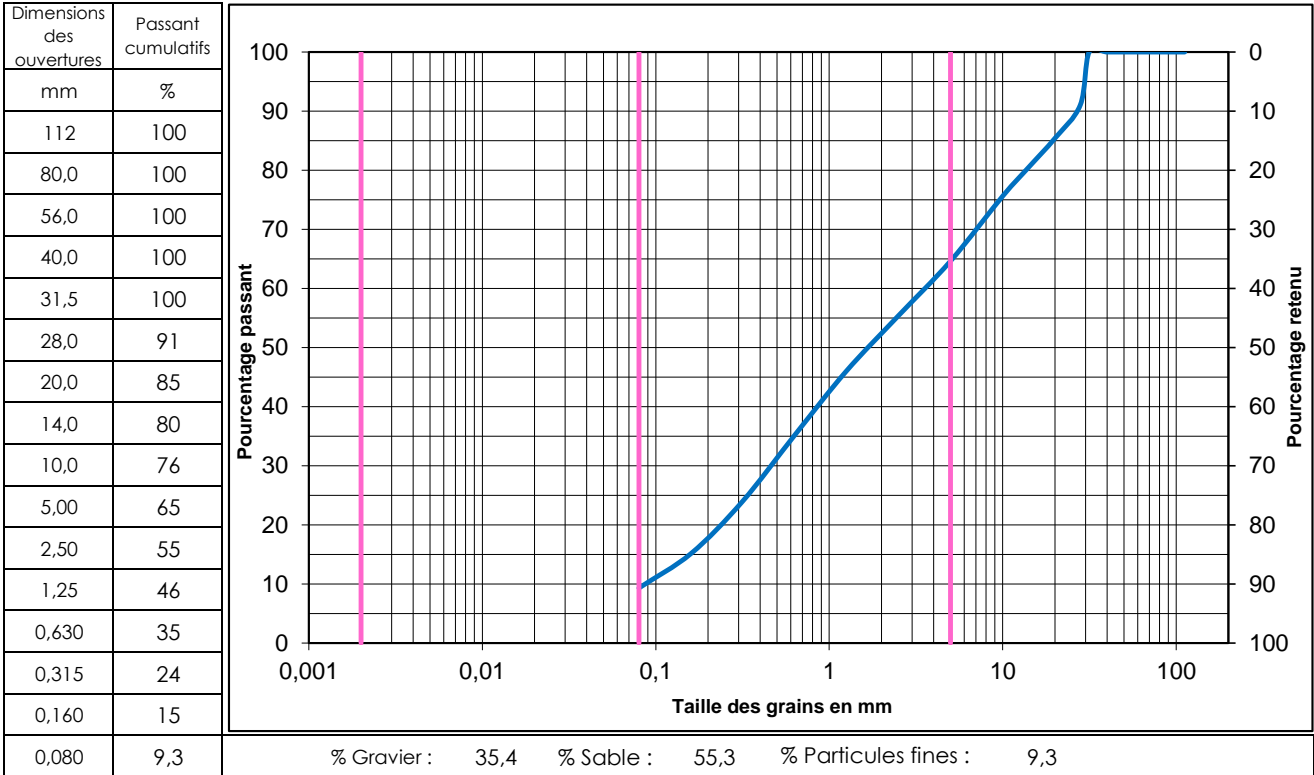


Remarques : _____

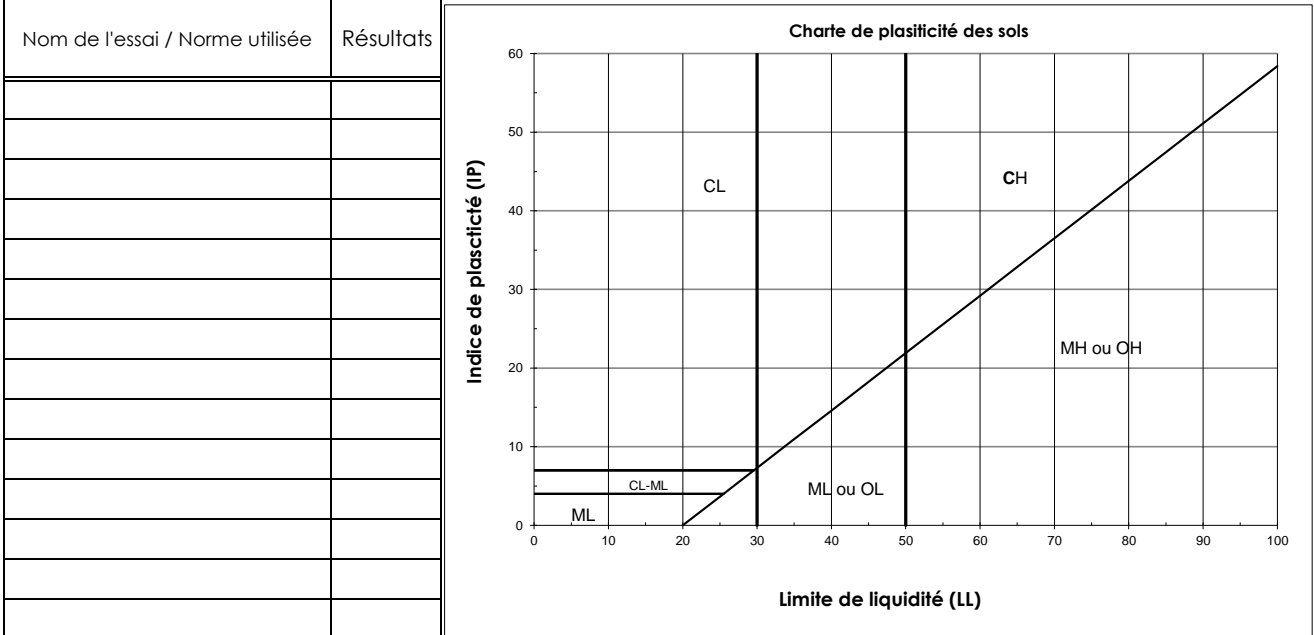
Préparé par : Benoit Cyr, géo. *BC* _____ Date : 25 octobre, 2022

Client :	Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par :	Sylvain Pelletier
Projet :	La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I	Date du prélèvement :	29 juin, 2022
	Chemin de Nemaska		
No de projet :	158100425.500.710.2	Type de matériaux :	Sable et gravier, traces de particules fines
No d'échantillon :	BH22-48 SS-01A		
Profondeur :	0,00 - 0,51m		

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

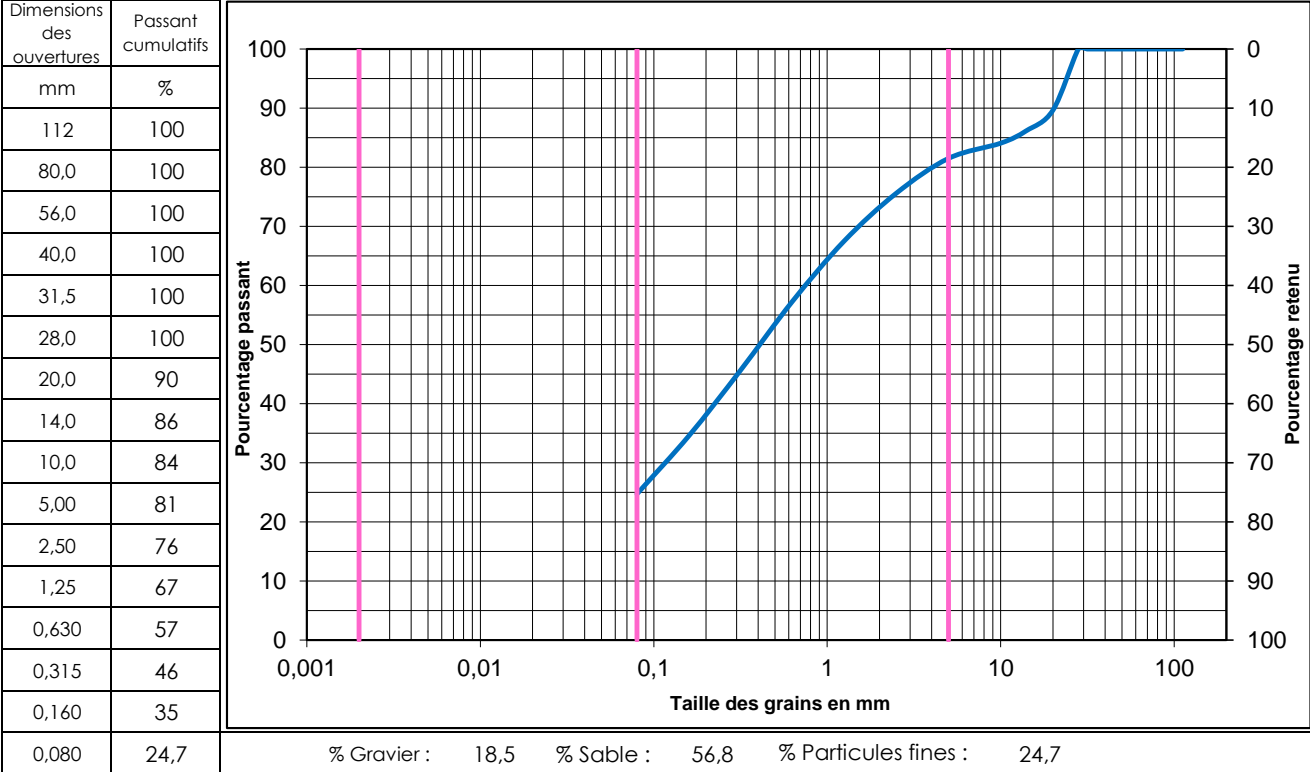


Remarques : _____

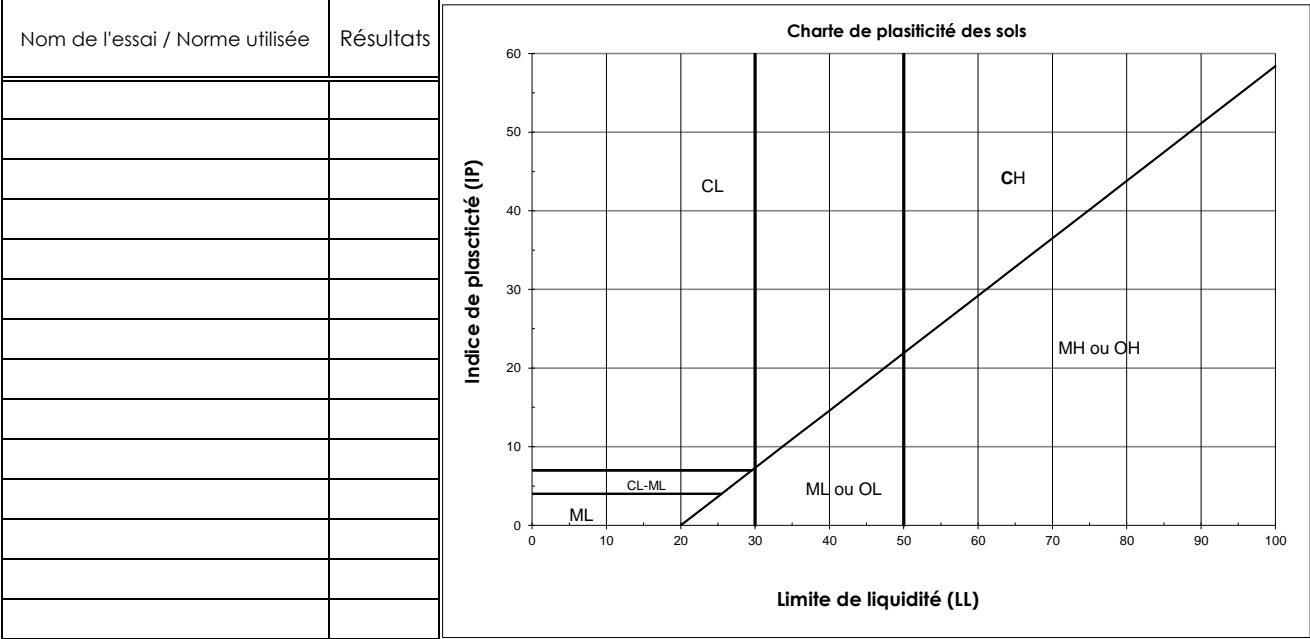
Préparé par : Benoit Cyr, géo. B.C. **Date :** 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I	Date du prélèvement : 29 juin, 2022
Chemin de Nemaska	
No de projet : 158100425.500.710.2	
No d'échantillon : BH22-48 SS-02	Type de matériaux : Sable silteux, un peu de gravier
Profondeur : 0,61 - 1,22m	


Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

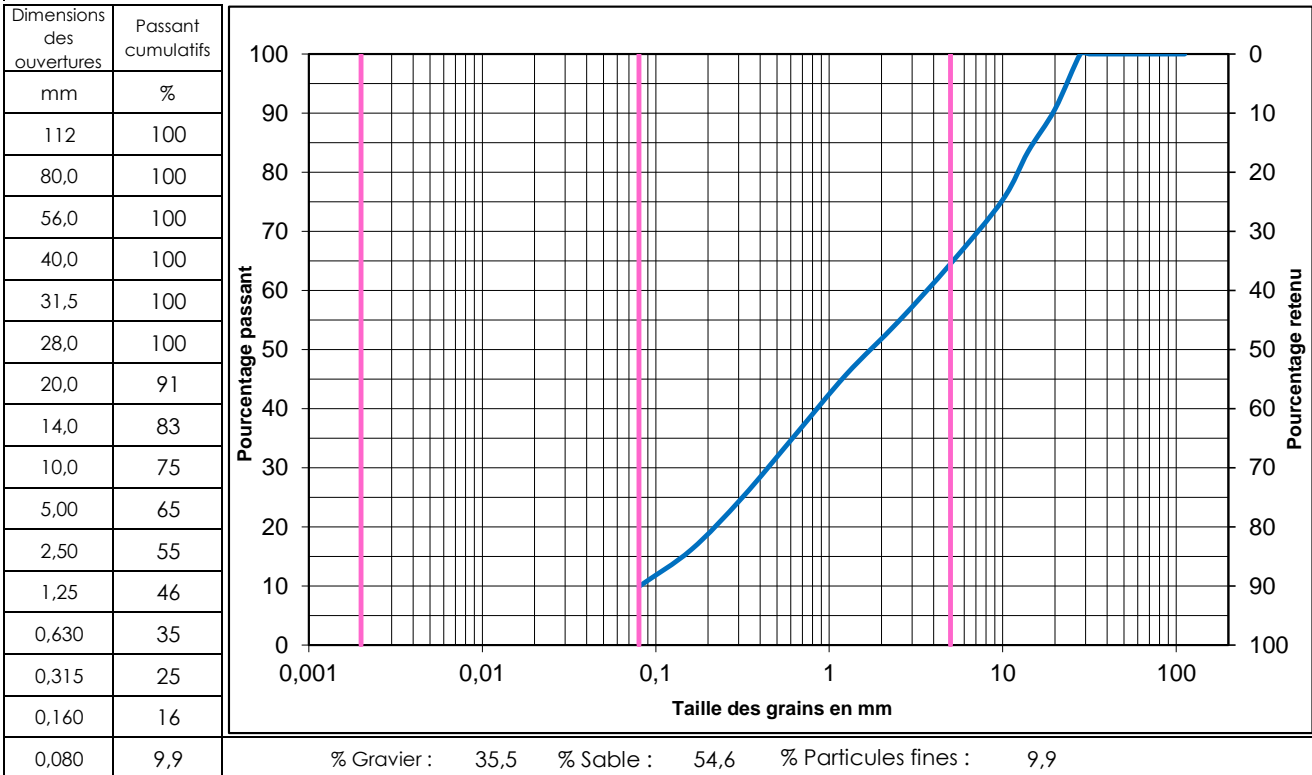


Remarques : _____

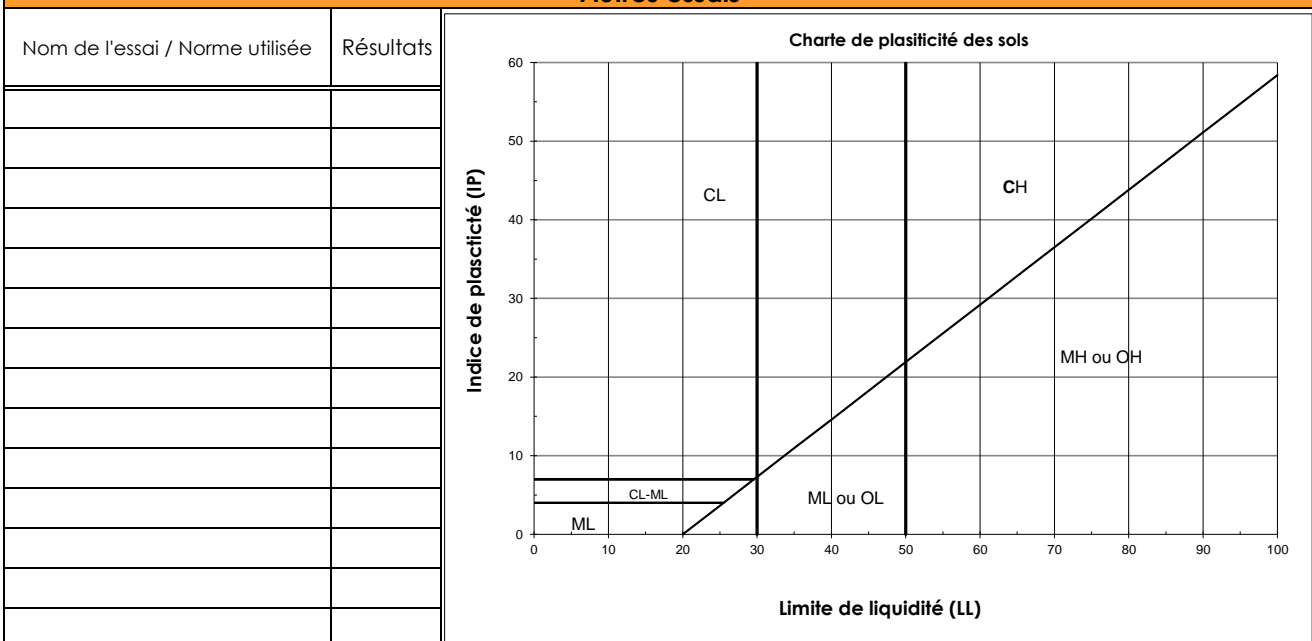
Préparé par : Benoit Cyr, géo.  _____ Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC) Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I Date du prélèvement : 29 juin, 2022
Chemin de Nemaska
No de projet : 158100425.500.710.2
No d'échantillon : BH22-49 SS-01A Type de matériaux : Sable et gravier, traces de particules fines
Profondeur : 0,00 - 0,43m


Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

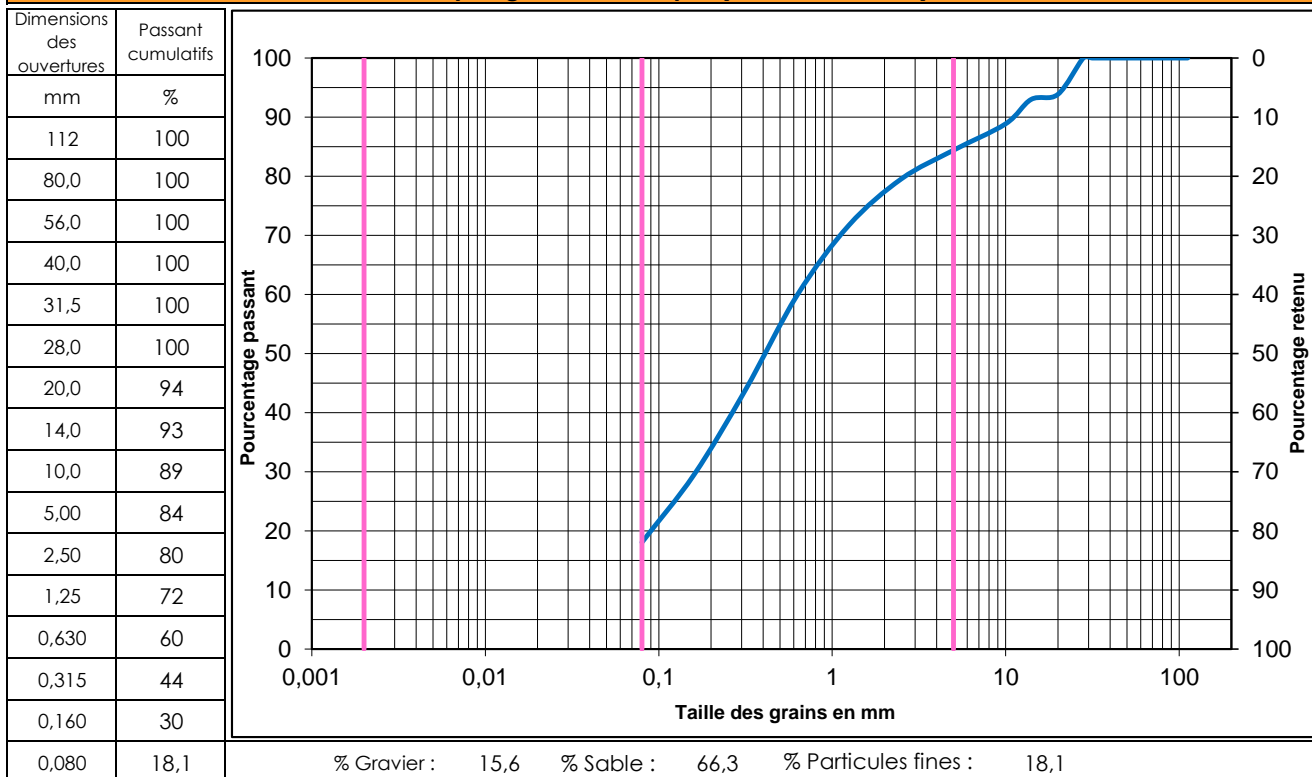


Remarques : _____

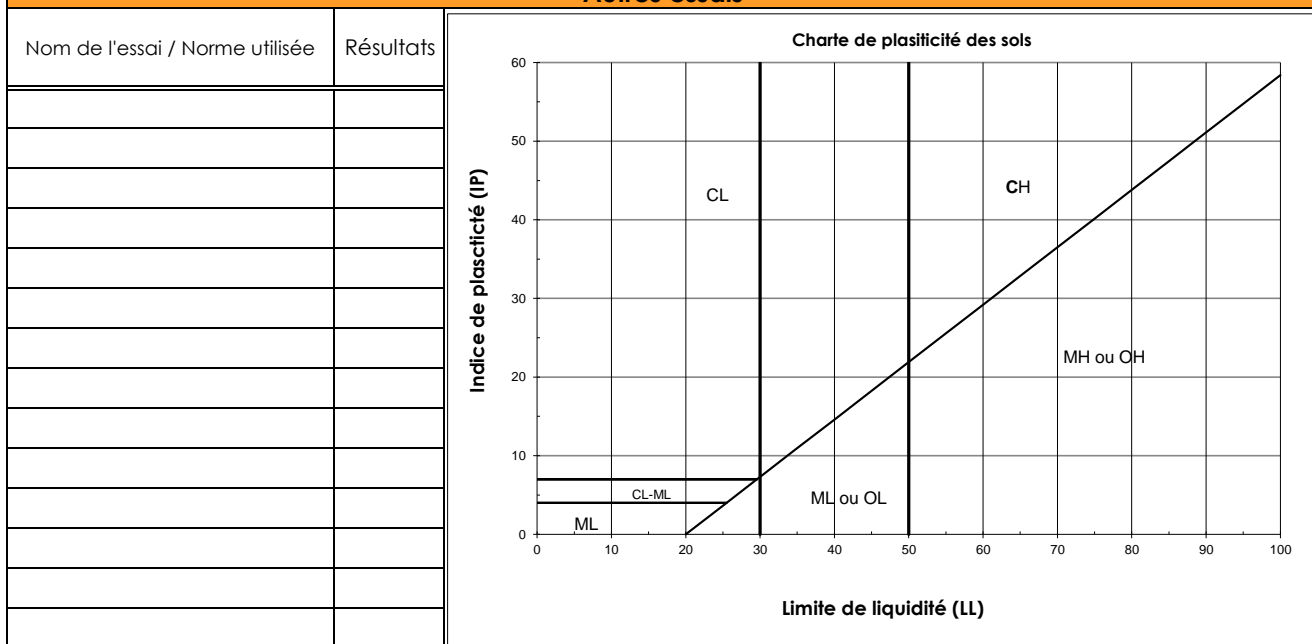
Préparé par : Benoit Cyr, géo.  Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I Chemin de Nemaska	Date du prélèvement : 29 juin, 2022
No de projet : 158100425.500.710.2	Type de matériaux : Sable, un peu de particules fines, un peu de gravier
No d'échantillon : BH22-49 SS-02	
Profondeur : 0,61 - 1,22m	

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais

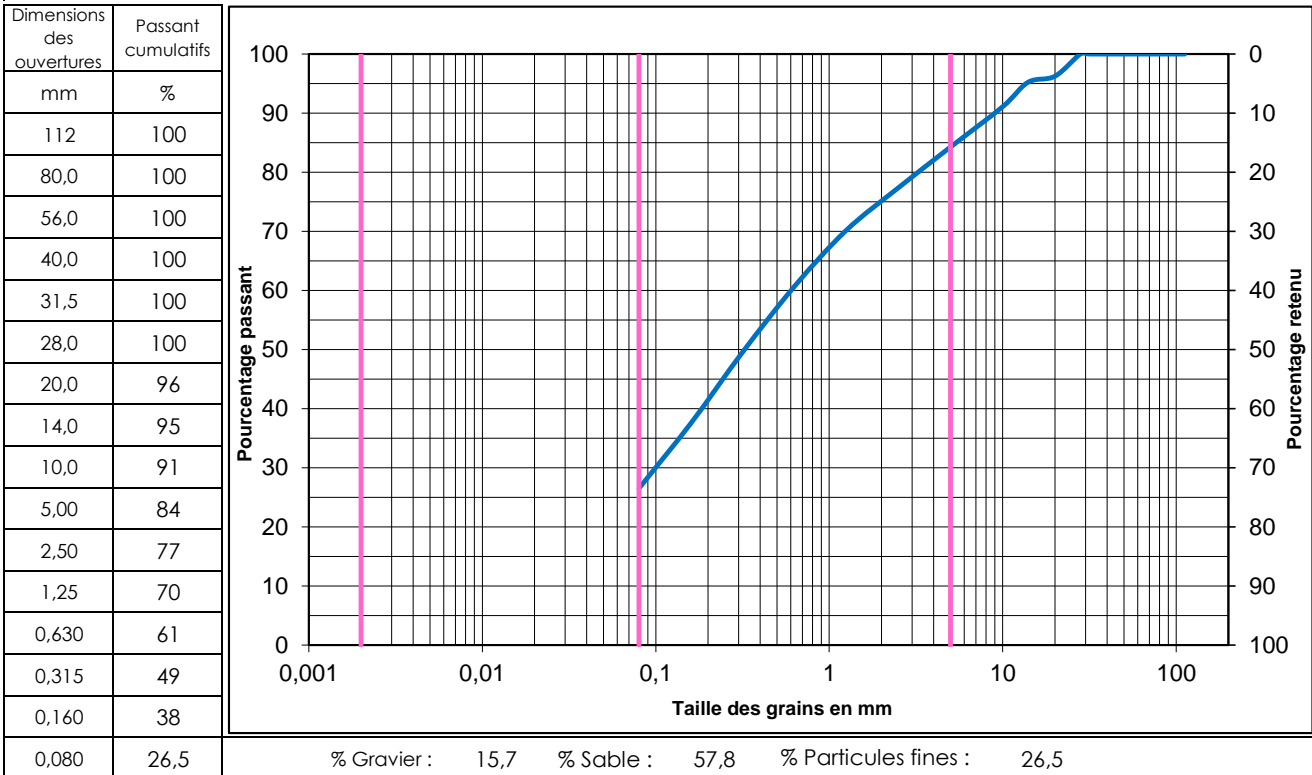


Remarques : _____

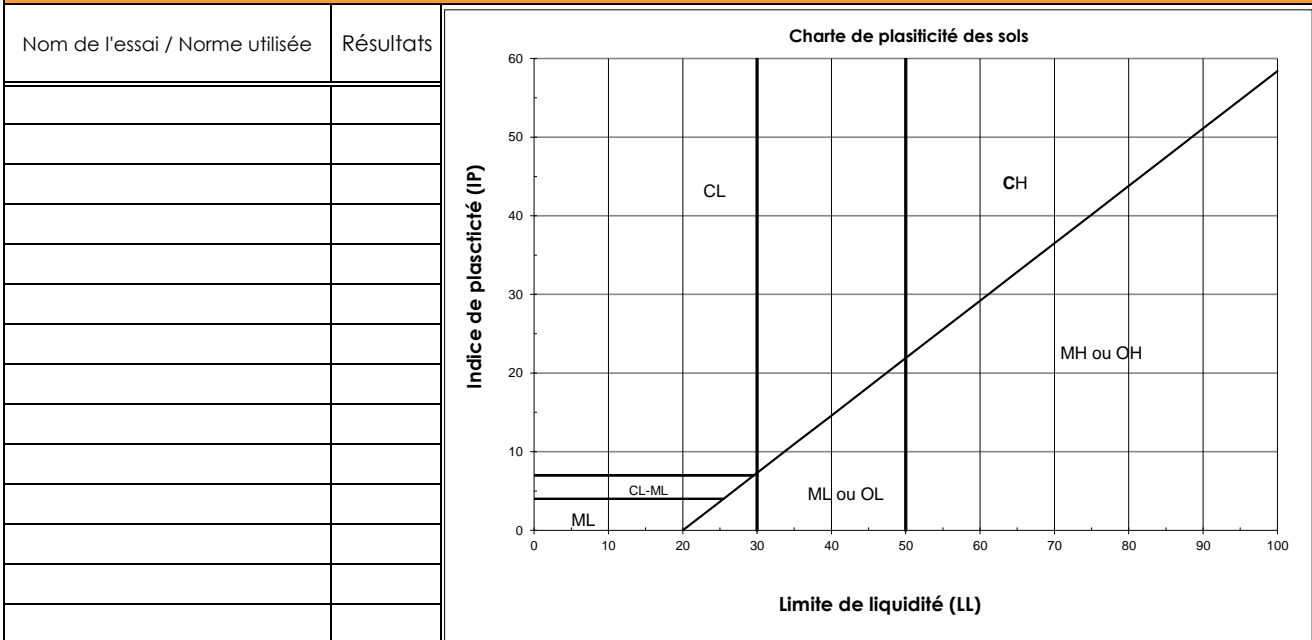
Préparé par : Benoit Cyr, géo. *Bj* Date : 25 octobre, 2022

Client : Société de développement crie (SDC)	Échantillonné par : Sylvain Pelletier
Projet : La Grande Alliance – Étude de faisabilité – Phase I	Date du prélèvement : 29 juin, 2022
Chemin de Nemaska	
No de projet : 158100425.500.710.2	
No d'échantillon : BH22-49 SS-03	Type de matériaux : Sable silteux, un peu de gravier
Profondeur : 1,22 - 1,83m	

Analyse granulométrique (BNQ 2501-025)



Autres essais



Remarques : _____

Préparé par : Benoit Cyr, géo. *B/Cyr* _____ Date : 25 octobre, 2022