

## NOTE TECHNIQUE

**DESTINATAIRES :** M. Benoît Dubreuil, Coprésident du Comité conjoint d'évaluation  
M. John Paul Murdoch, Coprésident du Comité conjoint d'évaluation

**COPIE :** M. Guillaume Clément-Mathieu, Gestionnaire de projets, AEIC  
M. Denis Couture, Exécutif Canada, Galaxy Lithium

**EXPÉDITEURS :** Mme Dominique Thiffault, directrice de projet, WSP Canada Inc.  
Mme Gail Amyot, Spécialiste SSE, Galaxy Lithium

**OBJET :** **Solution de rechange pour la construction des routes –**  
Projet de Mine de lithium Baie-James

**N° DE PROJET :** 201-12362-00

**DATE :** 31 mars 2022

---

La présente note technique vise à présenter la solution de rechange proposée pour la construction des routes de halage pour le projet de mine de lithium Baie James, à la suite de la demande d'information reçue le 3 mars 2022 et de la demande d'information supplémentaire en date du 23 mars, de la part du Comité conjoint d'évaluation.

Considérant les préoccupations émises par les experts fédéraux et provinciaux relativement au design proposé pour les routes, la décision a été prise d'installer une géomembrane imperméable pour mieux protéger les eaux de surface et les eaux souterraines d'une possible contamination qui pourrait être générée par les stériles servant de couche de roulement, et ce, conformément aux critères applicables.

La longueur totale des routes de halage est de 6,5 km, dont 1,2 km seront construits directement sur les haldes et ne nécessiteront pas de géomembrane. La carte 1 présente la localisation des routes.

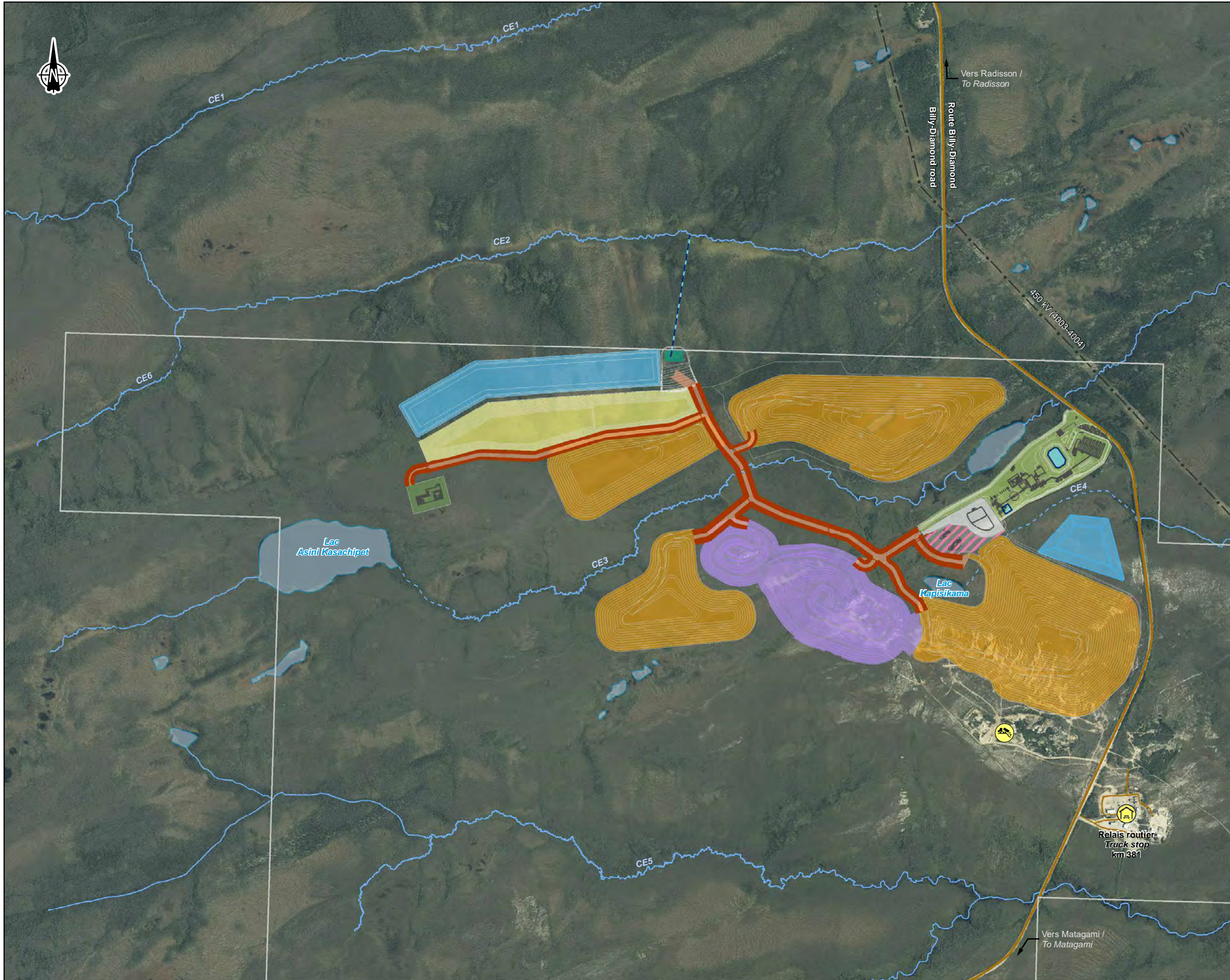
Les routes, d'une largeur de 25 m avec bermes latérales, seront construites selon la coupe-type présentée à la figure 1, sauf pour les segments situés sur les haldes.

### JUSTIFICATION DE LA SOLUTION RETENUE ET SOLUTION DE RECHANGE

Le design présenté en juillet 2021 était le suivant :

- un sol de fondation d'une épaisseur allant jusqu'à 1,5 m, compacté en remblai;
- une couche de 450 mm de pierre concassée de calibre 0-56 mm, compactée.

Il y avait 5,3 km de longueur avec une largeur d'emprise moyenne de 38 m pour une surface estimée de 150 000 m<sup>2</sup>, donc un besoin de 225 000 m<sup>3</sup> de matériaux meubles et 100 000 m<sup>3</sup> de pierre concassée.



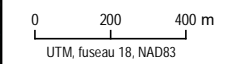
- Limite de propriété / Property limit
- Composantes du projet / Project Component**
- Route / Road
- Effluent minier / Mine effluent
- Usine de traitement de l'eau / Water treatment plant
- Secteur administratif et industriel / Administrative and industrial sector
- Fosse / Pit
- Halde à minerai / ROM pad
- Halde à stériles / Waste rock stockpile
- Halde à matières organiques et dépôts meubles / Overburden and peat storage facility
- Entrepôt à explosifs / Explosives magazine
- Aire d'entreposage / Dry storage area
- Usine à béton (temporaire) / Concrete batch plant (temporary)
- Bassin de rétention d'eau / Water retention basin
- Infrastructures / Infrastructure**
- Route principale / Main road
- Route d'accès / Access road
- Ligne de transport d'énergie / Transmission line
- 🚚 Relais routier / Truck stop
- 🗑️ Lieu d'enfouissement technique isolé / Isolated technical landfill
- Hydrographie / Hydrography**
- CE3 Numéro de cours d'eau / Stream number
- Cours d'eau permanent / Permanent stream
- Cours d'eau à écoulement diffus ou intermittent / Intermittent or diffused flow stream
- Plan d'eau / Waterbody



Mine de lithium Baie-James / James Bay Lithium Mine

**Carte / Map 1**  
**Aménagement du site minier /**  
**Mine Site General Arrangement**

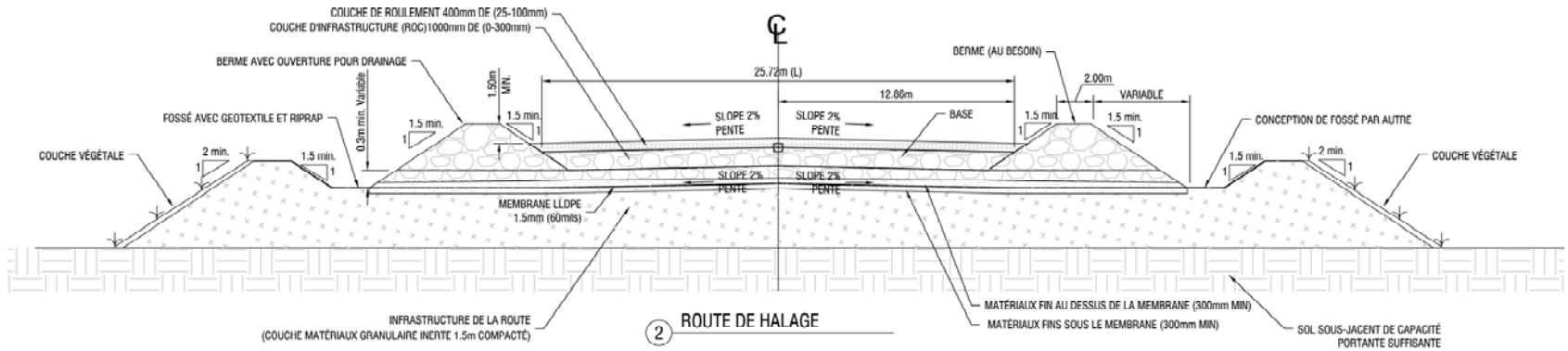
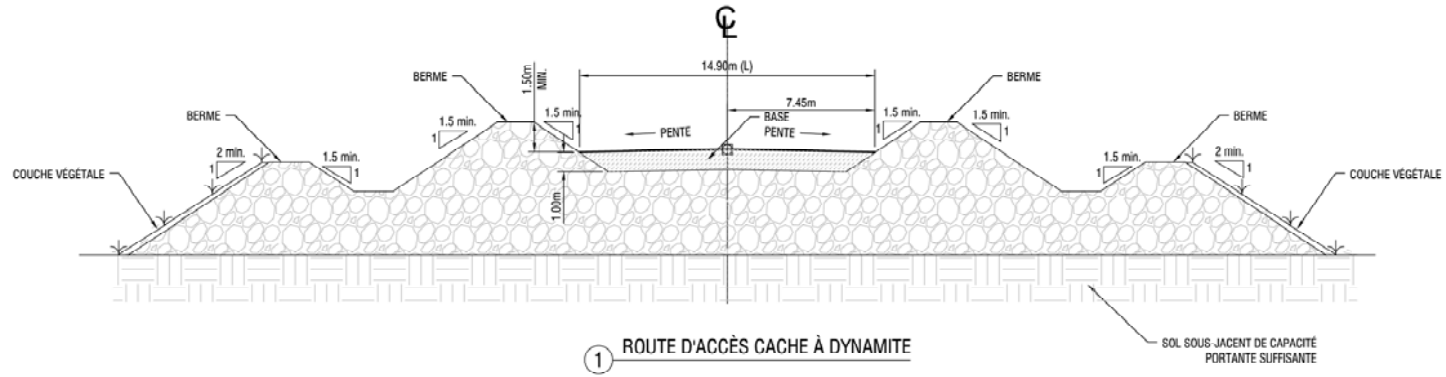
Sources:  
 Orthoimage : Microsoft Bing (ESRI, 2017)  
 Gestim : MRNF Québec, 210315  
 Données du projet / Project data : Galaxy 2020



**Mars / March 2022**

Dessin : A. Messon  
 Approuvé : C. Martineau  
 201-12362-00\_c1\_wsp1304mod\_mine\_GA\_220308.mxd





Source : GMining Services, 2022

Figure 1 Coupe-type de la route de halage

Les matériaux devaient provenir du mort-terrain présent sur le site, du banc d'emprunt situé au km 381, derrière le site d'enfouissement, ainsi que d'un banc d'emprunt à ouvrir et d'une carrière aménagée sur le site de la future fosse. Les matériaux de la carrière devaient être entreposés temporairement sur une plateforme après leur concassage et arrosés périodiquement dans le but de faire lessiver les métaux et d'avoir des matériaux propres à la construction. Les eaux de drainage étaient toutes dirigées vers le bassin collecteur principal, puis contrôlées, traitées si nécessaire et rejetées au point d'effluent final vers le CE2.

GLCI a poursuivi sa recherche de matériaux alors que les autorités poursuivaient leur analyse environnementale.

En septembre 2021, l'usine de traitement des eaux qui devait être construite à l'an 9 a été ajoutée dès le début du projet. Elle serait construite en deux phases, soit une première phase pour le traitement des éléments problématiques (fer et arsenic) avec une capacité de traitement pour lessivage des matériaux concassés et une seconde phase pour rencontrer le débit d'opération, les concentrations exigées par les permis et viser les OER.

D'une part, avec une usine de traitement des eaux, l'idée est venue de remplacer les matériaux meubles de la fondation par une couche de stériles de calibre 0-300 mm, c.-à-d. directement du dynamitage, sans autre concassage. Ainsi, toutes les eaux d'arrosage pour le lessivage des stériles ainsi que les eaux de ruissellement seraient dirigées vers l'usine de traitement des eaux. La percolation des eaux souterraines était jugée négligeable. Cependant, le volume de stériles à lessiver en était augmenté.

D'autre part, dans le cadre du processus d'ingénierie, à la suite des résultats d'investigations géotechniques, GLCI a peaufiné sa coupe-type et augmenté les épaisseurs de matériaux pour augmenter le facteur de résistance.

Puis en janvier 2022, pour répondre à la préoccupation des autorités en matière de protection des eaux souterraines, le choix d'un design de route composé d'une assise en matériaux meubles recouverte d'une membrane synthétique imperméable puis de stériles a été proposé.

La coupe-type a été revue en conséquence. Elle comprend maintenant :

- un remblai de fondation composé de tout-venant sans argile d'une épaisseur allant jusqu'à 1,5 m, compacté en remblai,
- une couche de matériaux meubles fins de 300 mm d'épaisseur pour recevoir la géomembrane,
- la géomembrane PEBDL (LLDPE) de 1,5 mm d'épaisseur (60 mils),
- une couche de matériaux meubles fins de 300 mm d'épaisseur pour protéger la géomembrane,
- une couche d'infrastructure de 1 000 mm d'épaisseur de stériles tout-venant de calibre 0-300 mm,
- une couche de roulement de 450 mm d'épaisseur en stériles concassés de calibre 25-100 mm.

Les volumes de matériaux nécessaires sont maintenant de l'ordre de 425 000 m<sup>3</sup> de matériaux meubles et 375 000 m<sup>3</sup> de stériles.

Le choix du matériel d'assise a été fait sur la base de l'évaluation représentée dans le tableau 1 et le choix des matériaux de recouvrement et de roulement a été fait sur la base de l'évaluation représentée au tableau 2.

**Tableau 1 Alternatives considérées pour le matériel d'assise des routes de halage**

Critère	poind	Sources combinées – matériaux du site et de bancs d'emprunt externes	cote	Matériaux meubles du site	Cote	Concassé du site de la fosse	cote	Concassé de la carrière de la SDBJ au km 394	cote
Disponibilité	15	100 000 m <sup>3</sup> du BNE 50701, 125 000 m <sup>3</sup> d'un autre BNE à ouvrir et 200 000 m <sup>3</sup> du site	15	Oui, rapport de SNC-Lavalin, août 2021	15	Oui, stériles accessibles en surface	15	Oui, mais secteur à ouvrir	15
Proximité/Coûts de construction	10	70 % moins de 1 km, 30 % à 2 km	7	100 % à moins de 1 km	10	100 % à moins de 1 km	10	12 km	5
Utilisation de la route BD <sup>5</sup>	15	Pour 30 % du matériel, soit ceux du BNE à ouvrir. On compte 200 000 t.m. par camion de 30 t = 6 666 voyages aller-retour	10	Non	15	Non	15	Oui. Le matériel concassé sur place totaliserait 765 000 t.m. par camion de 30 t=25 000 voyages aller-retour	5
Ouverture de nouveau terrain	10	Moins de 3 ha	5	Non	15	Non	15	Moins de 3 ha	5
Temps pour obtention des permis	10	BNE et autorisation 22, moins de 3 ha, minimum 1 an <sup>1</sup>	5	Bail d'occupation du territoire et permis d'intervention forestière, 6 mois	10	BEX et autorisation 22, 6 mois	10	Agrandissement du BEX, c.-à-d. autorisation 22 par la SDBJ, minimum 1 an <sup>1</sup>	5
GES <sup>3</sup>	10	Supplément pour les 26 000 km	8	Pas de supplément	10	Pas de supplément	10	Supplément pour les 612 000 km	2
Protection des eaux souterraines	20	Les matériaux meubles sont inertes en matière de lessivage	20	Les matériaux meubles sont inertes en matière de lessivage	20	Potentiel de lixiviation Démonstration du taux de percolation < 3,3 L/m <sup>2</sup> /jour sur toute la surface des routes difficile voire impossible	0	Autorisation du MELCC en vigueur <sup>4</sup> mais pas résultat géochimique disponible	15
Coûts et effort de restauration	10	Utile sur le site et portion à éliminer selon la caractérisation finale	8	Utile sur le site et portion à éliminer selon la caractérisation finale	8	Transport sur les haldes de 425 000 m <sup>3</sup> et reprofilage des haldes	0	Selon leur comportement géochimique pendant l'opération	?
Total	100		78		98		75		Max 62

Note 1 : Il faut passer par le non-assujettissement du COMEX, puis faire application pour un BNE au MERN et une autorisation selon l'article 22 de la LQE au MELCC.

Note 2 : Le metabasalte concassé a une masse volumique un peu plus élevée que le sable.

Note 3 : Émissions supplémentaires à l'évaluation actuelle des GES du projet.

Note 4 : Ce matériel est le même que le basalte du site; il a été autorisé par le MELCC en 2002 et en 2019. Aucune caractérisation géochimique n'a été présentée dans le cadre de l'autorisation de 2019. Les documents de 2002 ne sont pas disponibles.

Note 5 : L'augmentation de la circulation sur la route Billy-Diamond est un enjeu sensible pour les communautés crient.

**Tableau 2 Alternatives considérées pour les matériaux de recouvrement et de roulement pour les routes de halage**

Critère	poils	Stériles du site directement	cote	Géomembrane synthétique imperméable et stériles du site	cote	Concassé de la carrière du km 394	cote	Concassé d'une autre carrière	cote
Disponibilité	10	Oui, stériles accessibles en surface	10	Oui, stériles accessibles en surface; membrane disponible dans le sud du Québec	10	Oui, mais secteur à ouvrir	10	Outre la diabase du site <sup>2</sup> , aucune autre carrière ou carrière potentielle n'a été identifiée à moins de 28 km <sup>3</sup>	5
Proximité/Coûts	10	Moins de 1 km	10	Moins de 1 km pour les stériles, 320 000 m <sup>2</sup> de géomembrane à acquérir et transporter vers le site	2	12 km	8	28 km	5
Utilisation de la route BD <sup>5</sup>	15	Non	15	Transport de la géomembrane du km 0 à 382	10	Oui, Le matériel concassé sur place totaliserait 675 000 t.m. par camion de 30 t = 22 500 voyages aller-retour	0	Oui Le matériel concassé sur place totaliserait 675 000 t.m. par camion de 30 t=22 500 voyages aller-retour	0
Ouverture de nouveau terrain	10	Non	10	Non	10	Moins de 3 ha	5	Moins de 3 ha	5
Délai pour permis	5	BEX dans la zone du rapport d'ÉIES et autorisation 22, 6 mois	5	BEX dans la zone du rapport d'ÉIES et autorisation 22, 6 mois	5	Agrandissement du BEX et autorisation 22 par la SDBJ, minimum 1 an <sup>1</sup>	3	Agrandissement du BEX et autorisation 22 par la SDBJ, minimum 1 an <sup>1</sup>	3
GES <sup>2</sup>	10	Pas de supplément	10	Supplément indirect pour le transport de la géomembrane	8	Supplément pour les 540 000 km	5	Supplément pour les 1 260 000 km	0
Protection des eaux souterraines	20	Démonstration du taux de percolation < 3,3 L/m <sup>2</sup> /jour sur toute la surface des routes difficile voire impossible	0	Membrane imperméable	20	Autorisation du MELCC en vigueur <sup>6</sup> mais pas de résultat géochimique disponible	15	Autorisation du MELCC en vigueur <sup>6</sup> mais pas de résultat géochimique disponible	15
Diffusion de silice cristalline <sup>7</sup>	10	Modélisation avec mélange gneiss et basalte	6	Modélisation avec mélange gneiss et basalte	6	Métabasalte de moins de 3 % de SiO <sub>2</sub> , SNC-Lavalin, juillet 2021	8	Pas de donnée sur la géologie locale	?
Coût et effort de restauration	10	Transport sur les haldes de 375 000 m <sup>3</sup> et reprofilage des haldes	2	Transport sur les haldes de 375 000 m <sup>3</sup> et reprofilage des haldes Élimination de la membrane dans un site autorisé	0	Selon leur comportement géochimique pendant l'opération	?	Selon leur comportement géochimique pendant l'opération	?
Total	100		68		71		Max 64		Max 53

Note 1 : Il faut passer par le non-assujettissement du COMEX, puis faire application pour un BNE au MERN et une autorisation selon l'article 22 de la LQE au MELCC.

Note 2 : Le scénario de base est inclus dans l'évaluation des GES du projet.

Note 3 : La diabase du site a fait l'objet d'essais géochimiques et les résultats présentaient des teneurs supérieures aux critères de résurgences du MELCC pour le Ag, le Cu, le Hg et le Fe pendant les premiers mois des essais cinétiques.

Note 4 : Une carrière autorisée au nom de la SDBJ est ouverte au km 10 du chemin du Réservoir Opinaca. L'aire d'extraction ouverte a une surface de 2,6 ha. Le front de taille est d'environ 20 m de hauteur.

Note 5 : L'augmentation de la circulation sur la route Billy-Diamond est un enjeu sensible pour les communautés crie.

Note 6 : Ce matériel est le même que le basalte du site; il a été autorisé par le MELCC en 2002 et en 2019. Aucune caractérisation géochimique n'a été présentée dans le cadre de l'autorisation de 2019. Les documents de 2002 ne sont pas disponibles.

Note 7 : La modélisation avec le mélange gneiss-basalte effectuée a permis d'anticiper la conformité avec le critère horaire à tous les récepteurs sensibles et un léger dépassement du critère annuel au relais routier ainsi qu'à un site de chasse à l'ours et au castor sans camp. GLCI a fait faire une modélisation avec le métabasalte de moins de 3% en SiO<sub>2</sub>. Les résultats sont un peu plus bas que ceux du mélange gneiss-basalte mais présentent également un dépassement du critère annuel au site de chasse à l'ours et au castor. La ségrégation des métabasaltes au site de GLCI serait difficile parce que cette lithologie y est principalement rencontrée à partir de 100 m de profondeur.

Le scénario utilisant les matériaux meubles du site avec l'installation d'une géomembrane et les stériles du site a donc été retenu.

En éliminant les scénarios dans lesquels le potentiel de lixiviation supérieur aux critères de résurgence des métaux est démontré, la solution de rechange pour l'assise serait la combinaison de matériaux provenant de bancs d'emprunt et de matériaux provenant du site. La solution de rechange pour les couches structurante et de roulement serait le transport de matériaux de la carrière du km 394. Cependant, aucun résultat d'essai géochimique de lixiviation n'est présentement disponible pour ces matériaux.

### **DESCRIPTION DU DESIGN DES ROUTES**

L'assise des 5,3 km de routes, à construire sur le sol naturel, sera établie en matériel meuble issu du décapage de la surface de la fosse, du secteur administratif et industriel, ainsi que de la construction des bassins de rétention d'eau, soit le bassin nord (bassin principal) et le bassin est (carte 1). Le matériel meuble est composé d'un mélange de sable, gravier et argile. Seuls le sable, le silt et le gravier seront utilisés comme matériaux d'emprunt pour les chemins; une partie de l'argile sera utilisée dans la construction du bassin nord (couche de fond et digues périphériques), le reste sera entreposé sur la halde de mort-terrain.

Selon le rapport de SNC-Lavalin (août 2021), les zones où les matériaux seront récupérés sont principalement composées de sable/gravier, till et silt. Le seul endroit où il y a un peu d'argile est le secteur du bassin nord où l'argile est mélangée avec du silt dans les premiers mètres en surface. Cette couche est en moyenne d'au moins 3 mètres avec une variabilité comprise entre 1,75 m et 10,2 m.

Le matériel sera compacté afin d'obtenir une assise solide pour permettre le passage des camions de halage. Il faudra quelque 425 000 m<sup>3</sup> de matériel meuble pour construire les 5,3 km de routes.

L'assise sera recouverte d'une géomembrane constituée de polyéthylène à basse densité linéaire PEBDL (LLDPE en anglais) de 1,5 mm d'épaisseur insérée dans des couches de sable de 300 mm d'épaisseur en protection contre le poinçonnement. La géomembrane couvrira également les fossés latéraux de la route et sera ancrée sur la pente latérale.

### **CHOIX DE LA GÉOMEMBRANE**

Ce type de géomembrane est beaucoup plus flexible et offre des propriétés d'élongation supérieure au polyéthylène haute densité PEHD (HDPE en anglais). Elle pourra mieux se mouler aux mouvements du sol et de l'assise de la route. Elle est résistante à l'eau, aux températures froides et aux agressions chimiques. L'épaisseur de 1,5 mm (60 mils) est généralement robuste tout en étant assez flexible pour permettre une installation assez facile par une équipe spécialisée. Cette épaisseur offre une résistance au poinçonnement, au tassement et aux agressions chimiques non négligeables. Cette épaisseur est celle qui est utilisée dans les sites d'enfouissement ou des ouvrages de confinement. La géomembrane de 1,5 mm permet de réaliser des soudures par double-fusion et d'en contrôler la qualité par des programmes AQ/CQ standards bien établis dans l'industrie des géosynthétiques.

Dans le secteur minier, une évaluation de plusieurs types de construction de barrières d'étanchéité pour différents types d'ouvrage de confinement a démontré que l'utilisation de géomembrane de polyéthylène comme le PEBDL permette de contenir des eaux provenant du drainage minier acide, particulièrement lors du confinement des piles de lixiviation (Renken et al., 2006). Renken a évalué plusieurs cas avant de conclure que les géomembranes de PEHD et PEBDL peuvent être d'excellentes solutions de confinement pour contenir les eaux chargées en éléments.

En climat arctique, Esford et al. (2010), démontre la réussite de l'installation d'une géomembrane PEBDL de 1,5 mm d'épaisseur à des températures entre -15 et -25 °C au parc à résidus (de type conventionnel) de la mine Meadowbank située au Nunavut. Il mentionne que la LLDPE a été sélectionnée en raison de sa résistance à la fissuration sous contraintes, de sa déformation multiaxiale et de sa tolérance aux déformations, compte tenu du potentiel de tassement différentiel dans les sols de fondation, en comparaison avec le polyéthylène haute densité (PEHD).

Dans l'industrie, on vend ses qualités ainsi :

Pour ses diverses propriétés, l'utilisation du PEBDL est vaste et il se retrouve dans plusieurs objets comme les sacs de plastique, les jouets, les conduites, les recouvrements des câbles et les feuilles de géomembranes. Pour les ouvrages de confinement, la géomembrane de PEBDL est généralement utilisée dans les applications à grand tassement différentiel ou dans les zones de risque élevé de fissuration sous contraintes. Le PEBDL permet de contenir ou contrôler les fluides grâce à ses propriétés multiaxiales et de résistance à la fissuration sous contraintes ([www.solmax.com](http://www.solmax.com), mars 2022).

Les géomembranes de PEBDL ont une excellente résistance à l'élongation multiaxiale et peuvent se déformer sans perdre leurs propriétés. Les applications de génie civil pour lesquels la géomembrane PEBDL est souvent utilisée sont aussi variées que les lieux d'enfouissement technique (LET), bassins de rétention, sites de traitement des sols contaminés, dépôts à neige usée, imperméabilisation de fossés, remblais légers et autres ([www.innovex.ca](http://www.innovex.ca), mars 2022, [www.geomembrane.com](http://www.geomembrane.com), mars 2022).

La géomembrane de PEBDL étant de nature inerte et résistante aux basses températures et divers composés chimiques, elle sera en mesure de recueillir et diriger vers le bassin principal, les eaux de pluie transitant par les couches de stériles, lesquelles seront de nature beaucoup moins agressive que la solution d'une lixiviation en tas ou le lixiviat d'un LET.

Quant à la longévité de la géomembrane, elle est présentement à l'étude par plusieurs manufacturiers ainsi que le Geosynthetic Institute (GSI, [www.geosynthetic-institute.org](http://www.geosynthetic-institute.org)). La longévité est difficile à prédire puisqu'elle dépend de plusieurs facteurs (p.ex. le type de contraintes appliquées, la qualité de la résine, les conditions d'utilisation, la protection contre les intempéries, la préparation des assises et de la couche de protection, le programme AQ/CQ, etc.). Le GSI conduit des études et propose une méthodologie pour conduire ce type d'essais. Par exemple, la durabilité des géomembranes en polyéthylène haute densité (PEHD) de Solmax dans les applications recouvertes peut être prédite en considérant que la norme GRI-GM 13 est respectée. À 40 °C, la durabilité prédite de la géomembrane est estimée à 69 ans; c.-à-d. qu'après 69 ans, ses propriétés matérielles mesurées auront diminué de 50 %. À 20 °C, la durabilité est de 446 ans. À noter que même avec une réduction des propriétés matérielles la géomembrane sera encore utilisable pour imperméabiliser une surface. Tout en respectant la norme GRI-GM17, les résultats de durabilité pour une géomembrane PEBDL est attendue être moindre que celle de la PEHD, mais il est réaliste de s'attendre à une durée de vie au-delà des 19 ans prévus de la mine.

Dans son livre intitulé « Designing with Geosynthetics », le Dr Robert M. Koerner<sup>1</sup>, après avoir évalué les propriétés des géomembranes, semble être convaincu que le polyéthylène constituant la géomembrane a une durabilité démontrée. Quant à lui, la durabilité de la géomembrane est plutôt fonction de l'attention portée aux opérations, lors de sa mise en place et sa protection contre les facteurs extérieurs, qu'à ses propriétés intrinsèques.

## **PROTECTION DE LA GÉOMEMBRANE**

Pour protéger la géomembrane, elle sera insérée entre deux couches de matériau granulaire fin, d'une épaisseur de 300 mm. La pose de la géomembrane sera faite par des installateurs certifiés; un programme de AQ/CQ est une partie intégrante de leurs tâches. Ils vérifieront la surface d'installation ainsi que l'intégrité des propriétés de la géomembrane, avant la livraison et durant l'installation, et des soudures avec comme référentiel, la conformité au standard GRI-GM17 du Geosynthetic Institute (GSI) (présenté en annexe) ainsi que les normes ASTM qui y sont associées.

Sur la couche supérieure de matériau granulaire fin, d'un minimum de 300 mm d'épaisseur, sera posée une couche d'infrastructure de calibre 0-300 mm d'une épaisseur de 1000 mm et une surface de roulement de 450 mm d'épaisseur de calibre 25-100 mm.

Ce 1,45 m de matériel supplémentaire permettra d'amortir le poids des camions de halage. Étant donné la capacité des camions de halage (100 t.m.) qui circuleront sur ces chemins, il est important d'avoir une certaine épaisseur de matériel rocheux et non seulement de matériaux meubles pour la construction des routes. Une épaisseur de 1 m de matériel rocheux était recommandée par nos ingénieurs.

Les couches d'infrastructure et de roulement seront construites en roche stérile. Ces couches seront considérées et gérées comme des haldes à stériles. Il faudra environ 375 000 m<sup>3</sup> de roche stérile pour construire ces couches. Le plan (Revision C) des routes est joint en annexe.

## **PROVENANCE DES MATÉRIAUX**

Le volume de roche requis comprend la surface des routes et les bermes latérales. Les routes de halage sont à double sens; elles ont une largeur de 25 m et des bermes latérales pour répondre aux exigences du Règlement sur la Santé et la sécurité dans les mines et contenir la neige déblayée en hiver. En effet, le Règlement exige, pour les routes à double sens, une largeur équivalente à trois fois la largeur des camions (un 777 fait 5,2 m de largeur) ainsi que des remblais ou parapets lorsque les véhicules sont exposés à une chute de plus de 3 m. La chute potentielle sur le site n'atteindra pas 3 m mais GLCI a pris la décision de mettre ces bermes par sécurité. Les bermes seront munies d'ouverture pour le drainage, lesquelles seront capables d'évacuer la fonte printanière.

Pour avoir accès à ces matériaux, GLCI devra ouvrir une carrière dans l'empreinte du gisement, puisque ces travaux se feront avant l'obtention du bail minier. L'ouverture de cette carrière exigera l'obtention du BEX au MERN et d'une autorisation du MELCC en vertu de l'article 22 de la LQE.

---

<sup>1</sup> Le défunt Dr. Robert M. Koerner a été un professeur en génie civil à la Drexel University ainsi que fondateur et directeur du Geosynthetic Institute. Il a écrit de multiples articles et livres de référence sur l'utilisation des géosynthétiques dont le Designing with Geosynthetics vendus à plus de 40 000 exemplaires. Il a reçu plusieurs titres dont le Drexel University's Lindback Distinguished Teaching Award, a été membre honoraire du American Society of Civil Engineers (ASCE) et a été élu membre du National Academy of Engineering.

Les matériaux meubles proviendront dans un premier temps du secteur sud-ouest de la fosse (zones vertes sur les cartes des mois 1 et 6 présentées en annexe), puis du secteur du bassin de collecte nord et, si nécessaire, du secteur du bassin de collecte des eaux de la halde est. Le rapport de SNC-Lavalin (août 2021) présente les sondages effectués dans ces secteurs.

## **PROTECTION DES EAUX SOUTERRAINES ET DE SURFACE**

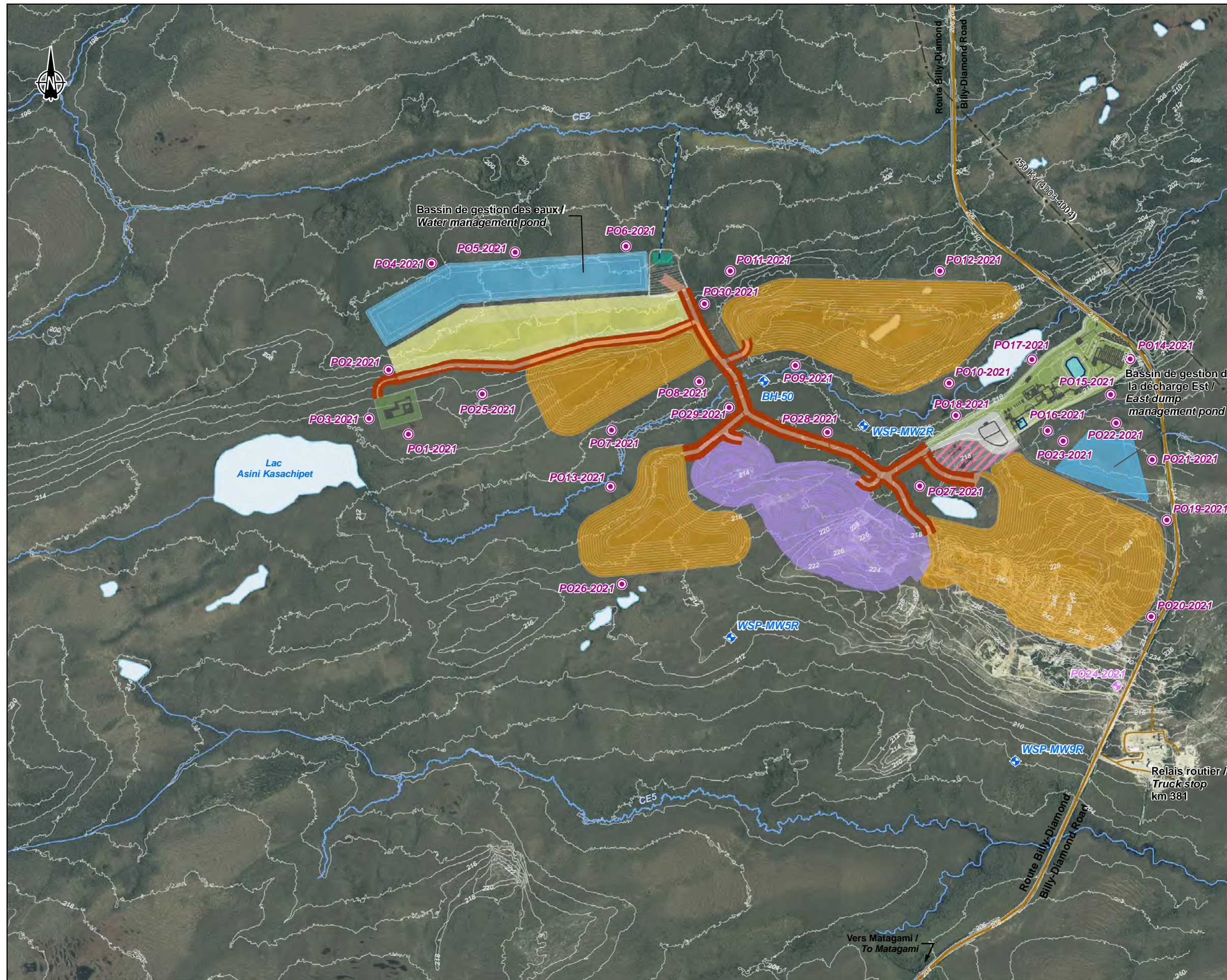
La géomembrane agira comme mesure d'étanchéité pour les eaux souterraines. Le débit journalier de percolation sous le seuil recommandé par la D019 de 3,3 L/m<sup>2</sup>/jour sera respecté. Une membrane PEBDL est dite imperméable, aucun taux d'infiltration n'est inscrit dans les fiches techniques (voir le standard GRI-GM17 en annexe). Dans la littérature, nous avons trouvé une valeur de conductivité hydraulique équivalente de  $3,5 \times 10^{-15}$  m/s pour une géomembrane PEBDL de 0,75 mm d'épaisseur (Giroud, 1989).

Les eaux de surface seront collectées et dirigées par gravité et par pompage (selon les secteurs) vers le bassin de rétention d'eau nord (le bassin principal), puis vers l'UTE et contrôlées pour respecter les critères de la D019 et les normes du REMMMD en plus de tendre vers le respect des OER avant leur rejet dans le CE2.

Il est à noter que pendant le premier mois de construction, les eaux de drainage seront dirigées vers les fossés en construction et une barrière à sédiments sera installée pour protéger le CE3. À la fin du premier mois, il y aura trois sites de décharges des eaux, soit le lieu pour la construction de l'usine de traitement des eaux, le lieu de la halde à mort terrain et le lieu du bassin du site industriel. GLCI estime que ces eaux ne sont pas encore un effluent minier; aucun dynamitage n'aura eu lieu, seulement du mouvement de matériaux meubles. Ces travaux servent à faire le chemin pour l'installation de l'usine de traitement des eaux laquelle sera fonctionnelle avant le 6<sup>e</sup> mois de construction et dès que l'effluent du site atteindra un débit de 50 m<sup>3</sup>/jour.

Des puits d'échantillonnage seront installés le long des routes pour le suivi de la qualité des eaux souterraines. L'échantillonnage des eaux souterraines des aménagements à risque (carte 2) se fera comme demandé par la section 2.3 de la D019 et comparé aux critères de résurgence.

Il est vraisemblable de penser qu'avec le temps des trous apparaîtront dans la géomembrane et qu'une certaine quantité d'eau pourrait s'y infiltrer (même les sites d'enfouissement présumant toujours un certain nombre de trous à l'hectare). En revanche, l'infiltration sera minime puisque pour avoir une infiltration il doit y avoir une différence de charge d'eau entre les deux côtés de la géomembrane, ce qui est peu probable dans le cas de ces routes. De plus, les chemins et les fossés seront construits avec des pentes de 2 % à partir du centre, lesquelles favoriseront l'écoulement des eaux vers les fossés, puis leur direction vers le bassin de collecte nord. Avec ou sans géomembrane, la majorité de l'eau des précipitations ruissellera toujours dans les fossés et vers les points de pompage. Advenant qu'une partie de l'eau de précipitation ne serait pas collectée dans les fossés et qu'elle se serait infiltrée sous la route, elle sera contrôlée par les puits d'échantillonnage. S'il advenait un dépassement des critères applicables dans un puits, la recherche de la cause pourrait mener à des réparations de la géomembrane ou à du pompage local vers le bassin de rétention nord pour un éventuel traitement. Par expérience, les bris de géomembrane sont très locaux; l'envergure de la contamination est mesurée par un suivi rigoureux des puits avoisinants. Galaxy pourrait réaliser du pompage dans ces puits de suivi afin d'aspirer la contamination jusqu'au retour du respect des critères environnementaux. Ce scénario est comparable à des cas de fuite autour des digues de parc à résidus conventionnel où le pompage local est une méthode démontrée efficace.



- Suivi des niveaux des eaux / Water level monitoring**
- Existing well
  - New well
- Suivi de la qualité de l'eau / Water quality monitoring**
- New well
- Infrastructures / Infrastructure**
- Main road
  - Access road
  - Transmission line
  - Truck stop
- Hydrographie / Hydrography**
- Stream number
  - Stream
  - Intermittent or diffused flow stream
  - Waterbody
- Composantes du projet / Project Component**
- Mine effluent
  - Road
  - Water treatment plant
  - Administrative and industrial sector
  - Pit
  - ROM pad
  - Waste rock stockpile
  - Overburden and peat storage facility
  - Explosives magazine
  - Dry storage area

**GALAXY**  
 Mine de lithium Baie-James / James Bay Lithium Mine

**Carte / Map 2**  
**Suivi des eaux souterraines /**  
**Groundwater Monitoring**

Sources:  
 Orthoimage : Galaxy, août / august 2017  
 General Arrangement, 2020  
 Données du projet / Project data : Galaxy 2021

0 200 400 m  
 UTM, fuseau 18, NAD83

**Mars / March 2022**

Dessin : A. Masson  
 Approuvé : C. Martineau  
 201-12362-00\_c2\_suivi\_eaux\_sout\_wsp\_220329.mxd

**wsp**

Le suivi rigoureux est la meilleure méthode de prévention, elle permet de détecter les situations non désirées avant qu'elles ne deviennent importantes.

## IMPACTS SUR LE PROJET

Le bilan d'eau déjà présenté demeure le même et n'a pas à être modifié, tout comme la modélisation des eaux de surface qui n'a pas à être modifiée. En effet, dans le design précédent, les précipitations sur les routes étaient déjà dirigées vers les fossés pour atteindre le bassin principal et l'UTE. La portion percolant dans les eaux souterraines avait été jugée non significative. L'ajout de la géomembrane est une protection supplémentaire; le volume de percolation restera non significatif.

La halde à mort-terrain aura un volume pouvant atteindre environ 4,1 Mm<sup>3</sup>, elle comprendra de la tourbe (1,2 Mm<sup>3</sup>), du silt/sable/gravier (2,6 Mm<sup>3</sup>) et de l'argile (0,4 Mm<sup>3</sup>). L'utilisation de 425 000 m<sup>3</sup> de silt/sable/gravier réduira effectivement le volume entreposé, mais cette halde gardera la même empreinte, seule sa configuration (pente et élévation) sera modifiée. Elle gagnera en stabilité même si la stabilité n'était pas problématique.

Le plan de restauration a été modifié (version qui sera déposée au MERN au début avril 2022) de façon à revoir les coûts pour ramener les couches supérieures des routes (couches d'infrastructure et de roulement) sur les haldes à stériles et prévoir l'élimination de la géomembrane dans un lieu d'enfouissement autorisé. Les matériaux meubles ayant servi à l'assise de routes seront caractérisés avant leur réutilisation pour la restauration du site. Si une portion s'avérait contaminée par le lixiviat des stériles, elle serait transportée vers les haldes à stériles, si une portion s'avérait contaminée par des hydrocarbures, elle serait transportée vers un site autorisé à cet effet.

Les étapes de construction sont modifiées ainsi que la gestion de l'eau pendant la construction. Les principales activités sont décrites plus bas. Les cartes 4-8 à 4-10 de l'EIE (WSP, 2021) ont également été modifiées en conséquence. Elles sont présentées en annexe.

Outre les émissions indirectes liées au transport de la membrane vers le site, l'évaluation des GES ne sera pas modifiée, ce calcul a été fait sur la base de la consommation de carburant qui n'a pas été modifiée.

Il est à noter que la modification des routes n'entraînera pas de modification à l'étude de faisabilité 43-101.

## ÉTAPES DE CONSTRUCTION

### — Premier mois (carte 4-8 révisée) :

- Faire les chemins de pénétration avec du mort-terrain provenant du site de la fosse (zone verte).
- Initier la construction de l'assise des routes de halage avec des matériaux meubles provenant du site de la fosse (zone verte).
- Ouvrir la zone qui sera dédiée au site industriel et débiter le nivellement.
- À la traverse du CE-3, installer le ponceau et mettre en place des barrières à sédiments. L'installation du ponceau créera un dos-d'âne sur la route.

— **Mois 2 à 6 (carte 4-9 révisée) :**

- Terminer le nivellement du site industriel; le volume de mort-terrain en excès sera gardé pour compléter les assises des chemins.
- Compléter la construction de l'assise de tous les chemins à construire sur le sol naturel. Le mort-terrain proviendra de l'empreinte de la fosse, du site industriel, de l'empreinte du bassin nord et, si nécessaire, de l'empreinte du bassin est.
- Le matériel fin de protection sera un sable fin tamisé sur place.
- Installer l'usine de traitement des eaux de construction.
- Créer le bassin de collecte des eaux à contrôler et traiter avant leur rejet vers le CE2.
- Préparer le site d'extraction des stériles :
  - Installer les bermes latérales pour diriger les eaux vers le bassin de collecte.
  - Créer les bassins de collecte des eaux de drainage.
  - Installer les pompes et les conduites vers le bassin de gestion des eaux nord et l'UTE.
- Installer la géomembrane sur l'assise des routes. Cette opération est difficilement faite en hiver. Selon le mois de début des travaux, il est possible qu'il y ait un arrêt pour que les conditions climatiques soient propices aux travaux de construction et à l'installation de la géomembrane.

— **Mois 7-12 (carte 4-10 révisée) :**

- Installer l'usine de béton temporaire.
- Couler les fondations sur le site industriel.
- Sur les routes de halage, installer la couche de matériaux fins sur la géomembrane.
- Dynamiter les stériles dans l'empreinte de la fosse, autorisée comme carrière.
- Mettre la couche d'infrastructure sur les routes avec le matériel de calibre 0-300 mm qui aura été trié directement dans la zone dynamitée, sans concassage.
- Mettre la couche de roulement avec concassage sur la route. Le concasseur sera déplacé au fur et à mesure de l'avancement des travaux de construction sur la route. Les eaux de drainage seront collectées par les fossés et dirigées vers l'UTE.

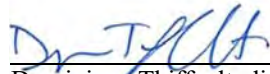
— **Mois 12-18 :**

- La construction des routes sera complétée.
- Il n'y aura aucun changement dans la gestion de l'eau sur le site.
- Construction des bâtiments.

La carte 4-7 de l'Étude d'impact sur l'environnement, version 2 (WSP, 2021), qui présente la gestion de l'eau en phase d'exploitation, a également été revue et est présentée en annexe.


En se basant sur les informations présentées, l'évaluation des impacts en phases de construction, d'exploitation et de restauration présentée dans l'Étude d'impact sur l'environnement, version 2 (WSP, 2021), demeure inchangée.

Préparé par :



---

Dominique Thiffault, directrice de projet,  
WSP



---

Gail Amyot, ing. M.Sc.  
Galaxy Lithium



---

Patrick Gince, ing.  
Galaxy Lithium

DT/GA/PG/cg

p. j. Annexe 1 : Plans des routes  
Annexe 2 : Cartes 4-7 à 4-10  
Annexe 3 : Standard GRI-GM17

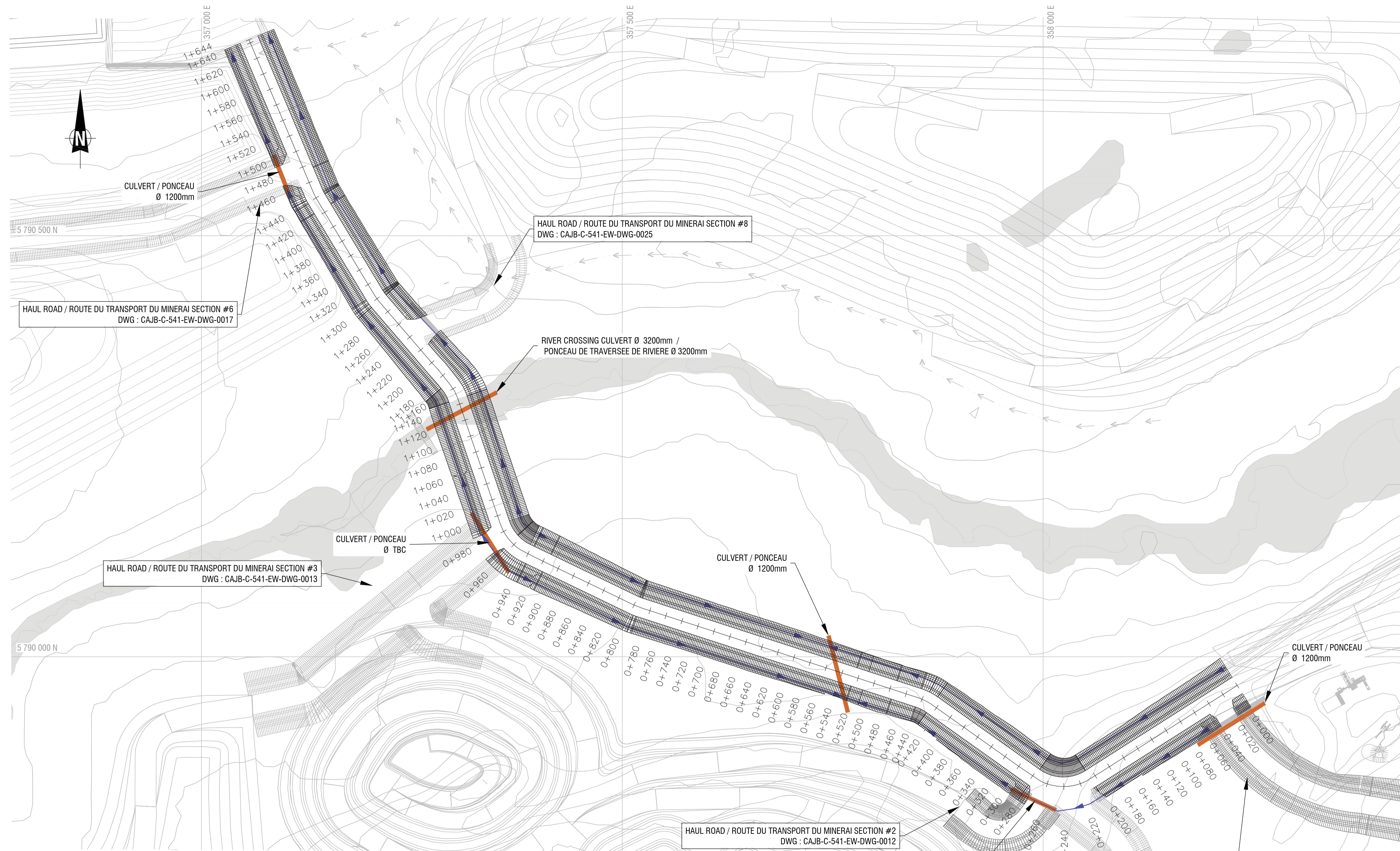
## RÉFÉRENCES :

- SNC-Lavalin, Conformity Memo – Fine and coarse concrete aggregates, Sources from km381 and 394 of the Billy-Diamond Highway, July14, 2021, Report no. 673356-EG-L03-00
- SNC-Lavalin, Technical Report, James Bay Lithium Project Detailed Geotechnical Investigation – Phases 2 and 3, August 2021, Report no. 673356-EG-L02-01
- K. Renken, D.M. Mchaina, E.K. Yanful, Use of Geosynthetics in the mitigation of acid rock drainage, Sea to Sky Geotechnique 2006, p 1062-1069
- Esford, F., Bedell' P., Lamontagne, E. Case study — tailings dam construction in an arctic climate, Mine Waste 2010 — A.B. Fourie and R.J. Jewell (eds), 2010 Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-0-9806154-2-5
- Koerner, Robert M., Designing with Geosynthetics – 6th Edition, Xlibris Corporation, 2012, ISBN 1462882900, 9781462882908, 526 pages
- J. P. Giroud & R. Bonaparte. 1989. Leakage through Liners Constructed with Geomebranes – Part I. Geomembrane Liners. GeoServices Inc. Consulting Engineers, 1200 South Federal Highway, Suite 204 Boynton Beach, Florida 33435, USA From Geotextiles and Geomembranes Vol. 8 (1989) 27-67.

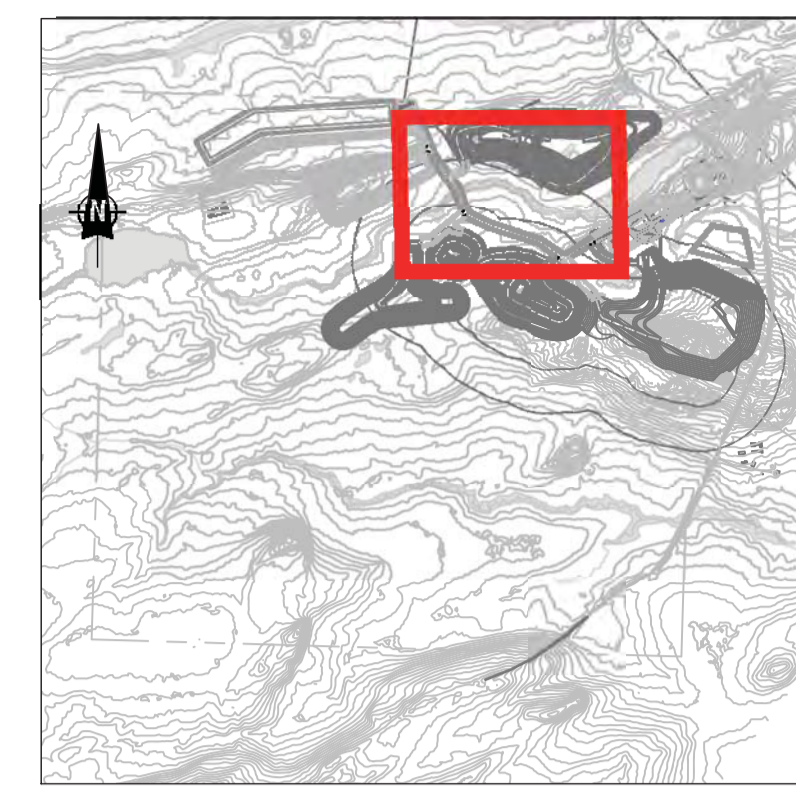


# **ANNEXE 1**

## **PLANS DES ROUTES**



1 PLAN VIEW  
1:2 500  
VUE EN PLAN



KEY PLAN / PLAN PRINCIPAL

ISSUED FOR PERMITTING  
ÉMIS POUR DEMANDE DE PERMIS

FEASIBILITY STUDY  
ÉTUDE DE FAISABILITÉ

REV	DESCRIPTION	BY	ENG PAR	ING	DATE
C1	ISSUED FOR PERMITTING ÉMIS POUR PERMIS	Y.B.	E.S.		21-11-17
C	FEASIBILITY STUDY ÉTUDE DE FAISABILITÉ	P.P.	E.S.		21-07-15
B	ISSUED FOR REVIEW POUR COMMENTAIRE	P.P.	E.S.		21-05-04
A	INTERNAL REVIEW REVISION INTERNE	P.P.	E.S.		21-04-13



DESIGN / CONCEPTEUR :	P. GAUTHIER	21-07-28
DRAWN / DESSINATEUR :	P. HERRISE	21-07-28
CHECKED / VÉRIFIÉ PAR :	Y. BERGER	21-07-28
ENGINEER / INGÉNIEUR :	E. SHAMMA	21-07-28
SCALE / ÉCHELLE :	AS SHOWN	DATE

PROJECT / PROJET:  
**BAIE-JAMES**

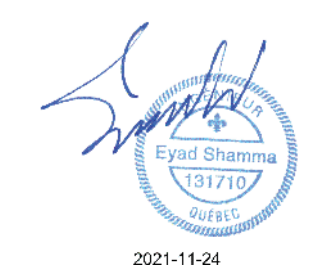
PHASE:  
FEASIBILITY STUDY  
ÉTUDE DE FAISABILITÉ

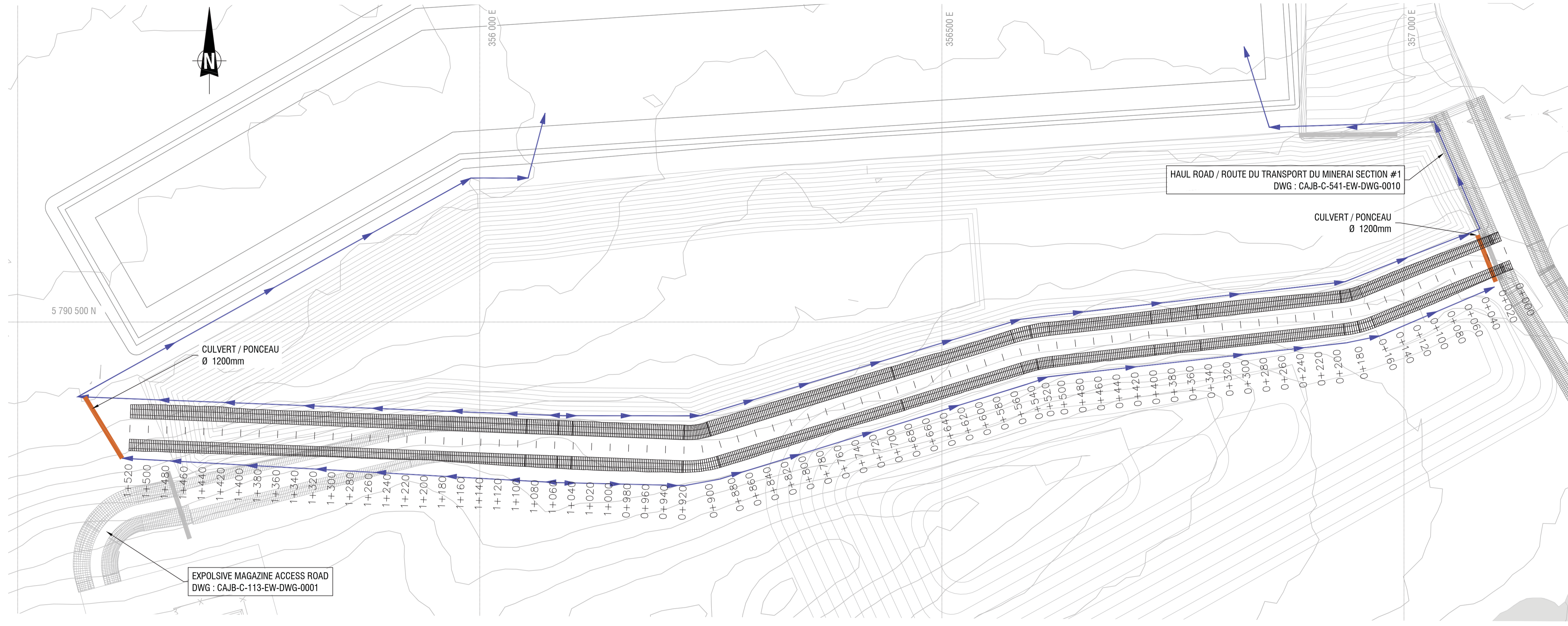
TITLE:  
HAUL ROAD  
EARTHWORKS  
PLAN VIEW  
SECTION #1

TITRE:  
ROUTE DU TRANSPORT DU MINERAI  
TERRASSEMENT  
VUE EN PLAN  
SECTION #1

DRAWING NO.: CAJB - C -  
DESSIN NUM.: 541 - EW - DWG - 0010 - C1

AREA DISC. TYPE SEQ. NO. REV.

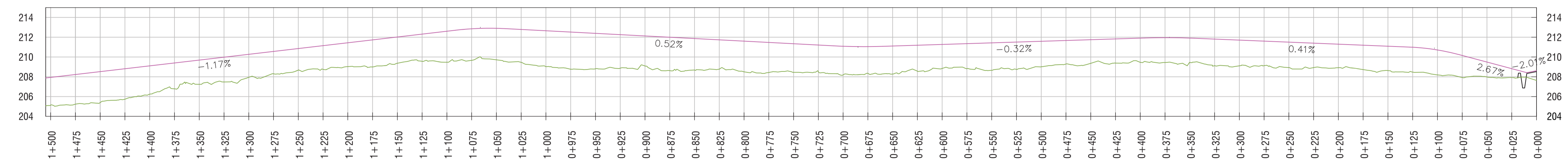




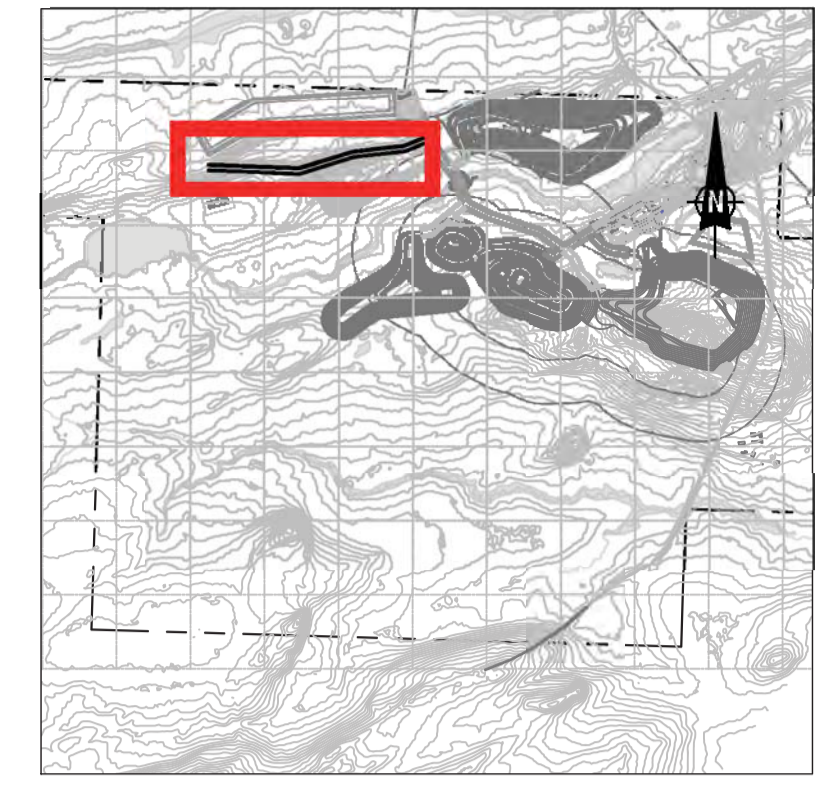
1 PLAN VIEW  
1:2 500 VUE EN PLAN

LEGEND / LEGENDE

- NATIVE GROUND / TERRAIN NATUREL
- ROAD INFRASTRUCTURE / INFRASTRUCTURE DE LA ROUTE



2 ROAD PROFILE  
V=10:H=1 PROFIL DE LA ROUTE



KEY PLAN / PLAN PRINCIPAL

ISSUED FOR PERMITTING  
ÉMIS POUR DEMANDE DE PERMIS

FEASIBILITY STUDY  
ÉTUDE DE FAISABILITÉ

REV	DESCRIPTION	BY	ENG PAR	ING	DATE
C1	ISSUED FOR PERMITTING ÉMIS POUR PERMIS	Y.B.	E.S.		21-11-17
C	FEASIBILITY STUDY ÉTUDE DE FAISABILITÉ	P.P.	E.S.		21-07-15
B	ISSUED FOR REVIEW POUR COMMENTAIRE	P.P.	E.S.		21-05-04
A	INTERNAL REVIEW REVISION INTERNE	P.P.	E.S.		21-04-13



DESIGN / CONCEPTEUR : P. GAUTHIER	21-04-13
DRAWN / DESSINATEUR : P. PAQUETTE	21-04-13
CHECKED / VÉRIFIÉ PAR : Y. BERGER	21-04-13
ENGINEER / INGÉNIEUR : E. SHAMMA	21-04-13
SCALE / ÉCHELLE : AS SHOWN	DATE

PROJECT / PROJET:  
**BAIE-JAMES**

PHASE:  
FEASIBILITY STUDY  
ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITLE:  
HAUL ROAD  
EARTHWORKS  
PLAN VIEW & ELEVATION  
SECTION #6

TITRE:  
ROUTE DU TRANSPORT DU MINERAI  
TERRASSEMENT  
VUE EN PLAN & ELEVATION  
SECTION #6

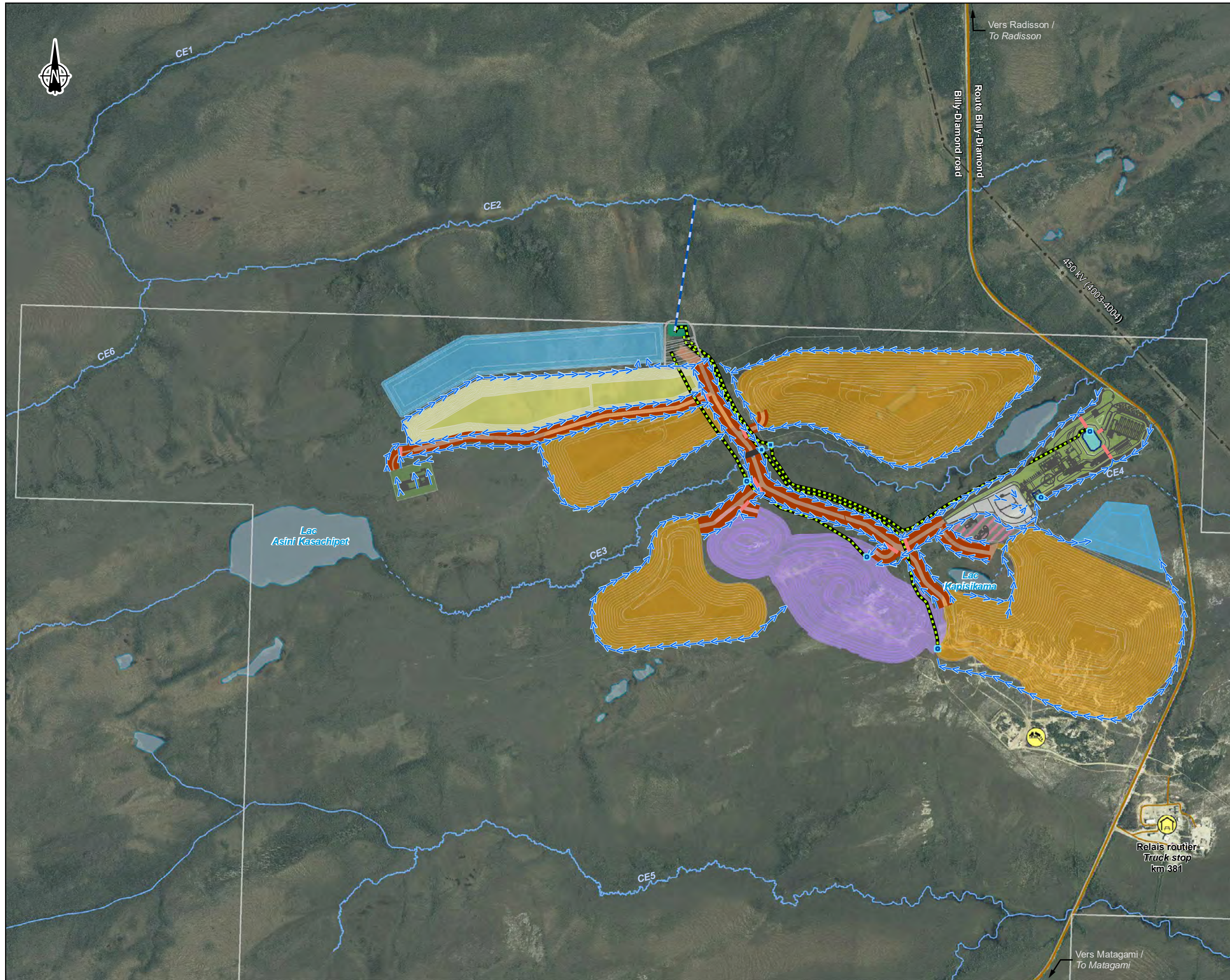
DRAWING NO.: CAJB - C -  
DESSIN NUM.: 541 - EW - DWG - 0017 - C1

AREA DISC. TYPE SEQ. NO. REV.



## **ANNEXE 2**

### **CARTES 4-7 À 4-10**



- Limite de propriété / Property limit
- Composantes du projet / Project Component**
- Route / Road
- Effluent minier / Mine effluent
- Usine de traitement de l'eau / Water treatment plant
- Secteur administratif et industriel / Administrative and industrial sector
- Fosse / Pit
- Halde à minerai / ROM pad
- Halde à stériles / Waste rock stockpile
- Halde à matières organiques et dépôts meubles / Overburden and peat storage facility
- Entrepôt à explosifs / Explosives magazine
- Aire d'entreposage / Dry storage area
- Usine à béton (temporaire) / Concrete batch plant (temporary)
- Bassin de rétention d'eau / Water retention basin
- Ponceau de drainage / Drainage culvert
- Ponceau / Culvert
- Tuyau de collecte des eaux de ruissellement / Stormwater collection pipe
- Station de pompe temporaire / Temporary pump station
- Sens d'écoulement des eaux / Direction of water flow
- Infrastructures / Infrastructure**
- Route principale / Main road
- Route d'accès / Access road
- Ligne de transport d'énergie / Transmission line
- Relais routier / Truck stop
- Lieu d'enfouissement technique isolé / Isolated technical landfill
- Hydrographie / Hydrography**
- CE3 Numéro de cours d'eau / Stream number
- Cours d'eau permanent / Permanent stream
- Cours d'eau à écoulement diffus ou intermittent / Intermittent or diffused flow stream
- Plan d'eau / Waterbody

**GALAXY**  
 Mine de lithium Baie-James / James Bay Lithium Mine

**Carte / Map 4-7 REV**  
 Gestion des eaux en phase d'exploitation /  
 Water management during the operation phase

Sources :  
 Orthoimage : Microsoft Bing (ESRI, 2017)  
 Gestim : MNRNF Québec, 210315  
 Données du projet / Project data : Galaxy 2020

0 150 300 m  
 UTM, fuseau 18, NAD83

**Mars / March 2022**

Dessin : A. Masson  
 Approuvé : D. Thibault  
 201-12362-00\_c4-7\_REV\_wspT304\_gest\_eau\_220329.mxd

**wsp**

Vers Radisson / To Radisson

Billy-Diamond road

Route Billy-Diamond

450 KV (4003-4004)

Vers Matagami / To Matagami

Relais routier / Truck stop km 381

CE1

CE2

CE6

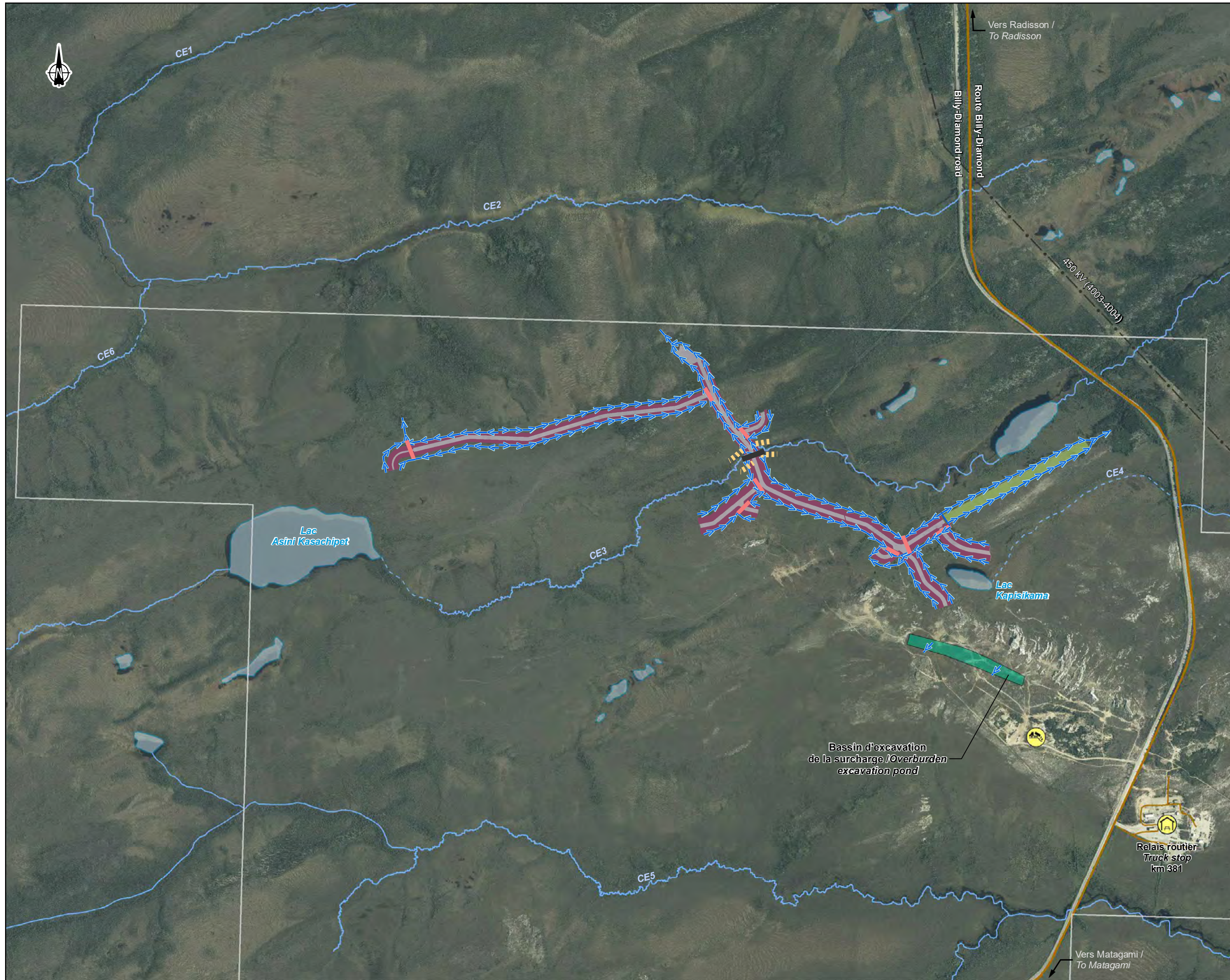
Lac Asini Kasachipot

CE3

Lac Kepiskama

CE4

CE5



**Limite de propriété / Property limit**

**Composantes du projet / Project Component**

- Assise de route / Road foundation
- Secteur administratif et industriel / Administrative and industrial sector
- Ponceau de drainage / Drainage culvert
- Ponceau / Culvert
- Barrière à sédiments / Sediment barrier
- Sens d'écoulement des eaux / Direction of water flow

**Infrastructures / Infrastructure**

- Route principale / Main road
- Route d'accès / Access road
- Ligne de transport d'énergie / Transmission line
- Relais routier / Truck stop
- Lieu d'enfouissement technique isolé / Isolated technical landfill

**Hydrographie / Hydrography**

- CE3 Numéro de cours d'eau / Stream number
- Cours d'eau permanent / Permanent stream
- Cours d'eau à écoulement diffus ou intermittent / Intermittent or diffused flow stream
- Plan d'eau / Waterbody

**GALAXY**  
 Mine de lithium Baie-James / James Bay Lithium Mine

**Carte / Map 4-8 REV**  
**Gestion des eaux en phase de construction – Mois 1 /**  
**Water management during the construction phase – Month 1**

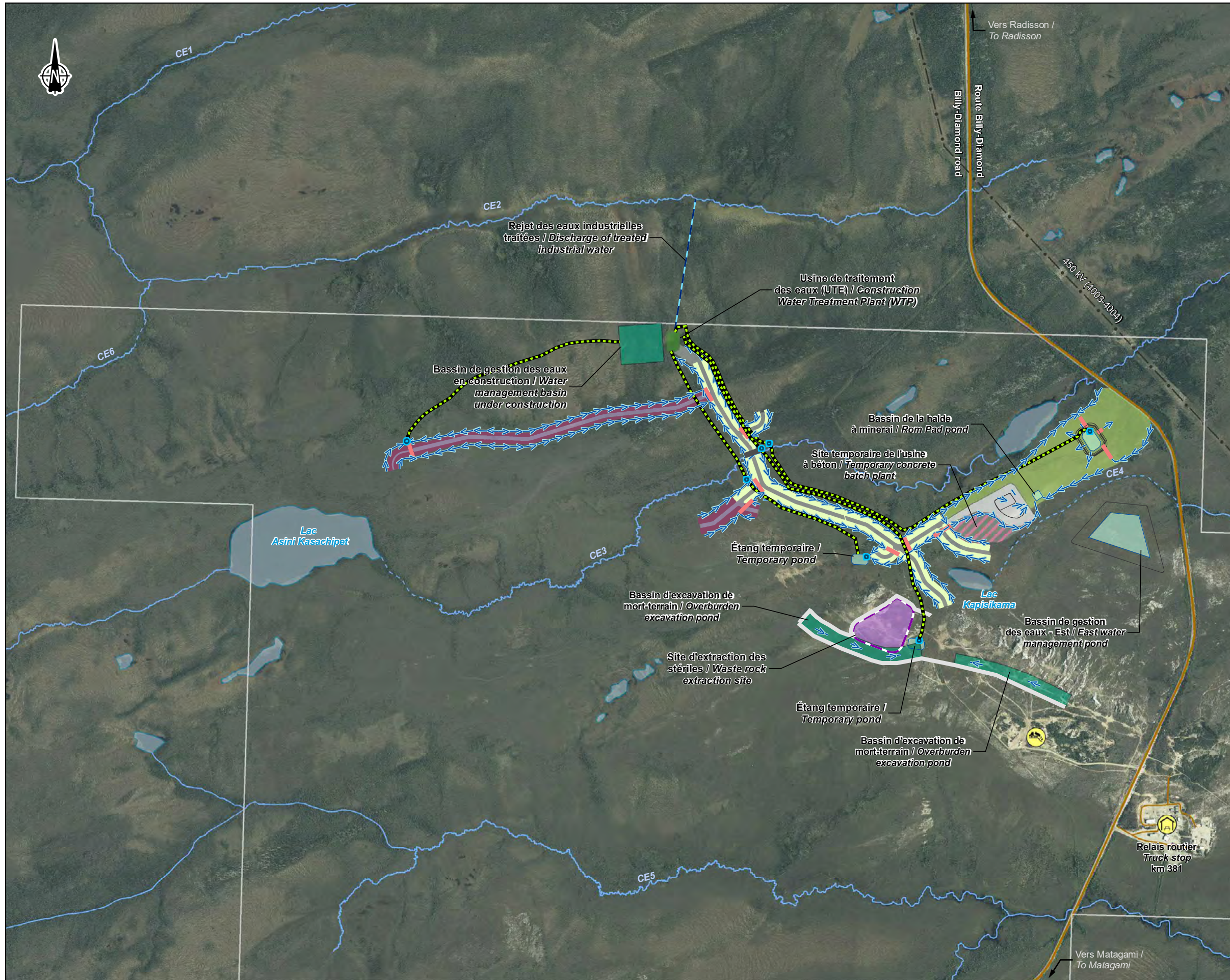
Sources :  
 Orthoimage : Microsoft Bing (ESRI, 2017)  
 Gestim : MRMF Québec, 210315  
 Données du projet / Project data : Galaxy 2021

0 185 370 m  
 UTM, fuseau 18, NAD83

**Mars / March 2022**

Dessin : A. Messon  
 Approuvé : D. Thibault  
 201-12362-00\_c4-8\_REV\_wsp1380\_ges1\_eau\_mois1\_220329.mxd

**wsp**



**Limite de propriété / Property limit**

**Composantes du projet / Project Component**

- Assise de route / Road foundation
- Route (membrane installée) / Road (membrane installed)
- Secteur administratif et industriel / Administrative and industrial sector
- Halde à minerai / ROM pad
- Aire d'entreposage / Dry storage area
- Bassin / Basin
- Ponceau / Culvert
- Effluent minier / Mine effluent
- Tuyau de collecte des eaux de ruissellement / Stormwater collection pipe
- Station de pompage temporaire / Temporary pump station
- Sens d'écoulement des eaux / Direction of water flow

**Infrastructures / Infrastructure**

- Route principale / Main road
- Route d'accès / Access road
- Ligne de transport d'énergie / Transmission line
- Relais routier / Truck stop
- Lieu d'enfouissement technique isolé / Isolated technical landfill

**Hydrographie / Hydrography**

- CE3 Numéro de cours d'eau / Stream number
- Cours d'eau permanent / Permanent stream
- Cours d'eau à écoulement diffus ou intermittent / Intermittent or diffused flow stream
- Plan d'eau / Waterbody

**GALAXY**  
 Mine de lithium Baie-James / James Bay Lithium Mine

**Carte / Map 4-9 REV**  
**Gestion des eaux en phase de construction – Mois 6 /**  
**Water management during the construction phase – Month 6**

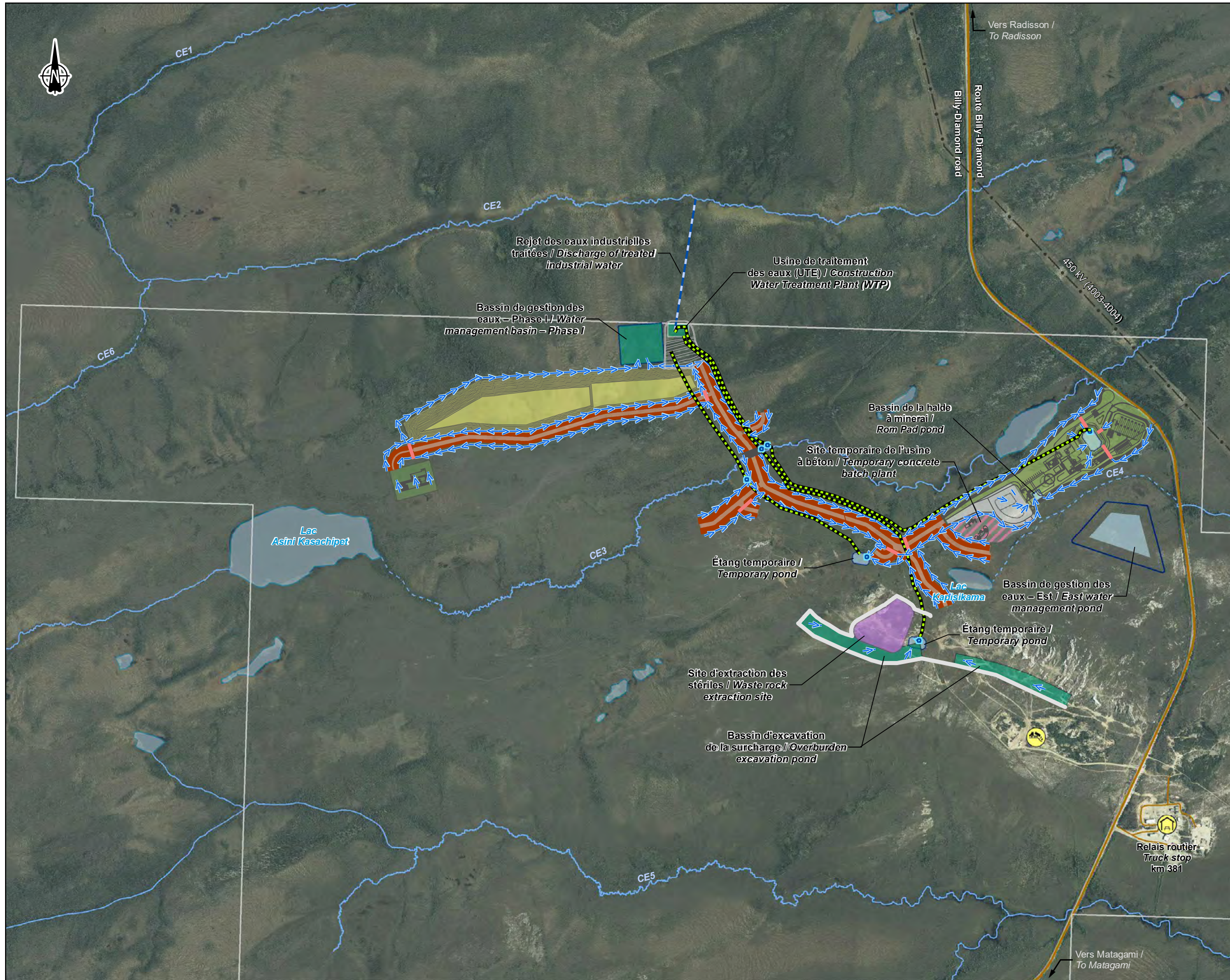
*Sources :*  
 Orlhoimage - Galaxy, août 2017  
 Gestim - MRMF Québec, 210315  
 Données du projet / Project data - Galaxy 2021

0 185 370 m  
 UTM, fuseau 18, NAD83

**Mars / March 2022**

*Dessin : A. Masson*  
*Approbation : D. Thiffault*  
 201-12362-00\_c4-9\_REV\_usp1381\_ges\_eau\_mois6\_220331.mxd

**WSP**

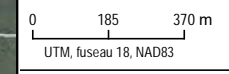


- Limite de propriété / Property limit
- Composantes du projet / Project Component**
- Route complétée / Completed road
- Effluent minier / Mine effluent
- Usine de traitement de l'eau / Water treatment plant
- Secteur administratif et industriel / Administrative and industrial sector
- Fosse / Pit
- Entrepôt à explosifs / Explosives magazine
- Aire d'entreposage / Dry storage area
- Bassin / Basin
- Ponceau / Culvert
- Tuyau de collecte des eaux de ruissellement / Stormwater collection pipe
- Station de pompe temporaire / Temporary pump station
- Sens d'écoulement des eaux / Direction of water flow
- Infrastructures / Infrastructure**
- Route principale / Main road
- Route d'accès / Access road
- Ligne de transport d'énergie / Transmission line
- Relais routier / Truck stop
- Lieu d'enfouissement technique isolé / Isolated technical landfill
- Hydrographie / Hydrography**
- CE3 Numéro de cours d'eau / Stream number
- Cours d'eau permanent / Permanent stream
- Cours d'eau à écoulement diffus ou intermittent / Intermittent or diffused flow stream
- Plan d'eau / Waterbody

**GALAXY**  
 Mine de lithium Baie-James / James Bay Lithium Mine

**Carte / Map 4-10**  
**Gestion des eaux en phase de construction – Mois 12 /**  
**Water management during the construction phase – Month 12**

*Sources :*  
 Originaire : Galaxy, août 2017  
 Gestim : MRMF Québec, 210315  
 Données du projet / Project data : Galaxy, 2021



**Mars / March 2022**

*Dessin : A. Masson*  
*Approbation : D. Thiffault*  
 201-12362-02\_c4-10\_REV\_wspT382\_gest\_eau\_mois12\_220329.mxd



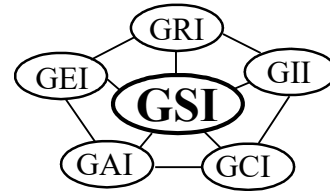


# **ANNEXE 3**

## **STANDARD GRI-GM17**

# ***Geosynthetic Institute***

475 Kedron Avenue  
Folsom, PA 19033-1208 USA  
TEL (610) 522-8440  
FAX (610) 522-8441



Revision 14: March 17, 2021  
Revision schedule on pg. 12

## **GRI - GM17 Standard Specification\***

Standard Specification for

“Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for  
Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Smooth and Textured Geomembranes”<sup>SM</sup>

This specification was developed by the Geosynthetic Research Institute (GRI), with the cooperation of the member organizations for general use by the public. It is completely optional in this regard and can be superseded by other existing or new specifications on the subject matter in whole or in part. Neither GRI, the Geosynthetic Institute, nor any of its related institutes, warrant or indemnifies any materials produced according to this specification either at this time or in the future.

### 1. Scope

- 1.1 This specification covers linear low density polyethylene (LLDPE) geomembranes with a formulated sheet density of 0.939 g/ml, or lower, in the thickness range of 0.50 mm (20 mils) to 3.0 mm (120 mils). Both smooth and textured geomembrane surfaces are included.
- 1.2 This specification sets forth a set of minimum, maximum, or range of physical, mechanical and endurance properties that must be met, or exceeded by the geomembrane being manufactured.
- 1.3 In the context of quality systems and management, this specification represents manufacturing quality control (MQC).

Note 1: Manufacturing quality control represents those actions taken by a manufacturer to ensure that the product represents the stated objective and properties set forth in this specification.

---

\*This GRI standard specification is developed by the Geosynthetic Research Institute through consultation and review by the member organizations. This specification will be reviewed at least every 2-years, or on an as-required basis. In this regard it is subject to change at any time. The most recent revision date is the effective version and it is kept current on the Institute’s Website <<geosynthetic-institute.org>>.

- 1.4 This standard specification is intended to ensure good uniform quality LLDPE geomembranes for use in general applications.

Note 2: Additional tests, or more restrictive values for the tests indicated, may be necessary under conditions of a particular application. In this situation, interactions with the manufacturers are required.

Note 3: For information on installation techniques, users of this standard are referred to the geosynthetics literature, which is abundant on the subject.

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards

- D 792 Specific Gravity (Relative Density) and Density of Plastics by Displacement
- D 1004 Test Method for Initial Tear Resistance of Plastics Film and Sheeting
- D 1238 Test Method for Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer
- D 1505 Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique
- D 1603 Test Method for Carbon Black in Olefin Plastics
- D 4218 Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds by the Muffle-Furnace Technique
- D 4833 Test Method for Index Puncture Resistance of Geotextiles, Geomembranes and Related Products
- D 5199 Test Method for Measuring Nominal Thickness of Geotextiles and Geomembranes
- D 5323 Practice for Determination of 2% Secant Modulus for Polyethylene Geomembranes
- D 5596 Test Method for Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics
- D 5617 Test Method for Multi-Axial Tension Test for Geosynthetics
- D 5721 Practice for Air-Oven Aging of Polyolefin Geomembranes
- D 5885 Test method for Oxidative Induction Time of Polyolefin Geosynthetics by High Pressure Differential Scanning Calorimetry
- D 5994 Test Method for Measuring the Core Thickness of Textured Geomembranes
- D 6370 Standard Test Method for Rubber-Compositional Analysis by Thermogravimetry (TGA)
- D 6693 Test Method for Determining Tensile Properties of Nonreinforced Polyethylene and Nonreinforced Flexible Polypropylene Geomembranes
- D 7238 Test Method for Effect of Exposure of Unreinforced Polyolefin Geomembrane Using Fluorescent Condensation Device
- D 7466 Test Method for Measuring the Asperity Height of Textured Geomembranes

D 8117 Standard Test Method for Oxidative Induction Time of Polyolefin Geosynthetics by Differential Scanning Calorimetry

- 2.2 U. S. Environmental Protection Agency Technical Guidance Document "Quality Control Assurance and Quality Control for Waste Containment Facilities," EPA/600/R-93/182, September 1993, 305 pgs.

3. Definitions

Manufacturing Quality Control (MQC) - A planned system of inspections that is used to directly monitor and control the manufacture of a material which is factory originated. MQC is normally performed by the manufacturer of geosynthetic materials and is necessary to ensure minimum (or maximum) specified values in the manufactured product. MQC refers to measures taken by the manufacturer to determine compliance with the requirements for materials and workmanship as stated in certification documents and contract specifications.

ref. EPA/600/R-93/182

Manufacturing Quality Assurance (MQA) - A planned system of activities that provides assurance that the materials were constructed as specified in the certification documents and contract specifications. MQA includes manufacturing facility inspections, verifications, audits and evaluation of the raw materials (resins and additives) and geosynthetic products to assess the quality of the manufactured materials. MQA refers to measures taken by the MQA organization to determine if the manufacturer is in compliance with the product certification and contract specifications for the project.

ref. EPA/600/R-93/182

Linear Low Density Polyethylene (LLDPE), n – A ethylene/ $\alpha$ -olefin copolymer having a linear molecular structure. The comonomers used to produce the resin can include 1-butene, 1-hexene, 1-octene or 4-methyl-1-pentene. LLDPE resins have a natural density in the range of 0.915 to 0.926 g/ml (ref. Pate, T. J. Chapter 29 in Handbook of Plastic Materials and Technology, I.I. Rubin Ed., Wiley, 1990).

Formulation - The mixture of a unique combination of ingredients identified by type, properties and quantity. For linear low density polyethylene geomembranes, a formulation is defined as the exact percentages and types of resin(s), additives and carbon black.

Nominal - Representative value of a measurable property determined under a set of conditions, by which a product may be described. Abbreviated as nom. in Tables 1 and 2.

4. Material Classification and Formulation

- 4.1 This specification covers linear low density polyethylene geomembranes with a formulated sheet density of 0.939 g/ml, or lower. Density can be measured by ASTM D1505 or ASTM D792. If the latter, Method B is recommended.

- 4.2 The polyethylene resin from which the geomembrane is made will generally be in the density range of 0.926 g/ml or lower, and have a melt index value per ASTM D1238 of less than 1.0 g/10 min. This refers to the natural, i.e., nonformulated, resin.
- 4.3 The resin shall be virgin material with no more than 10% rework. If rework is used, it must be of the same formulation (or other approved formulation) as the parent material.
- 4.4 No post consumer resin (PCR) of any type shall be added to the formulation.

## 5. Physical, Mechanical and Chemical Property Requirements

- 5.1 The geomembrane shall conform to the test property requirements prescribed in Tables 1 and 2. Table 1 is for smooth LLDPE geomembranes and Table 2 is for single and double sided textured LLDPE geomembranes. Each of the tables are given in English and SI (metric) units. The conversion from English to SI (metric) is “soft”. It is to be understood that the tables refer to the latest revision of the referenced test methods and practices.

Note 4: The tensile strength properties in this specification were originally based on ASTM D 638 which uses a laboratory testing temperature of  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Since ASTM Committee D35 on Geosynthetics adopted ASTM D 6693 (in place of D 638), this GRI Specification followed accordingly. The difference is that D 6693 uses a testing temperature of  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . The numeric values of strength and elongation were not changed in this specification. If a dispute arises in this regard, the original temperature of  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  should be utilized for testing purposes.

Note 5: There are several tests sometimes included in other LLDPE geomembrane specifications which are omitted from this standard because they are outdated, irrelevant or generate information that is not necessary to evaluate on a routine MQC basis. The following tests have been purposely omitted:

- Volatile Loss
- Dimensional Stability
- Coeff. of Linear Expansion
- Resistance to Soil Burial
- Low Temperature Impact
- ESCR Test (D 1693 and D 5397)
- Wide Width Tensile
- Water Vapor Transmission
- Solvent Vapor Transmission
- Water Absorption
- Ozone Resistance
- Hydrostatic Resistance
- Tensile Impact
- Small Scale Burst
- Various Toxicity Tests
- Field Seam Strength

Note 6: There are several tests which are included in this standard (that are not customarily required in other LLDPE geomembrane specifications) because they are relevant and important in the context of current manufacturing processes. The following tests have been purposely added:

- Oxidative Induction Time
- Oven Aging
- Ultraviolet Resistance
- Asperity Height of Textured Sheet

Note 7: There are other tests in this standard, focused on a particular property, which are updated to current standards. The following are in this category:

- Thickness of Textured Sheet
- Tensile Properties, incl. 2% Secant Modulus
- Puncture Resistance
- Axi-Symmetric Break Resistance Strain
- Carbon Black Dispersion (In the viewing and subsequent quantitative interpretation of ASTM D 5596 only near spherical agglomerates shall be included in the assessment).

Note 8: The minimum average value of asperity height does not represent an expected value of interface shear strength. Shear strength associated with geomembranes is both site-specific and product-specific and should be determined by direct shear testing using ASTM D5321/ASTM D6243 as prescribed. This testing should be included in the particular site's CQA conformance testing protocol for the geosynthetic materials involved, or formally waived by the Design Engineer, with concurrence from the Owner prior to the deployment of the geosynthetic materials.

5.2 The values listed in the tables of this specification are to be interpreted according to the designated test method. In this respect they are neither minimum average roll values (MARV) nor maximum average roll values (MaxARV).

5.3 The various properties of the LLDPE geomembrane shall be tested at the minimum frequencies shown in Tables 1 and 2. If the specific manufacturer's quality control guide is more stringent, it must be followed in like manner.

Note 9: This specification is focused on manufacturing quality control (MQC). Conformance testing and manufacturing quality assurance (MQA) testing are at the discretion of the purchaser and/or quality

assurance engineer, respectively. Communication and interaction with the manufacturer is strongly suggested.

## 6. Workmanship and Appearance

- 6.1 Smooth geomembrane shall have good appearance qualities. It shall be free from such defects that would affect the specified properties and hydraulic integrity of the geomembrane.
- 6.2 Textured geomembrane shall generally have uniform texturing appearance. It shall be free from such defects that would affect the specified properties and hydraulic integrity of the geomembrane.
- 6.3 General manufacturing procedures shall be performed in accordance with the manufacturer's internal quality control guide and/or documents.

## 7. MQC Sampling

- 7.1 Sampling shall be in accordance with the specific test methods listed in Tables 1 and 2. If no sampling protocol is stipulated in the particular test method, then test specimens shall be taken evenly spaced across the entire roll width.
- 7.2 The number of tests shall be in accordance with the appropriate test methods listed in Tables 1 and 2.
- 7.3 The average of the test results should be calculated per the particular standard cited and compared to the minimum value listed in these tables, hence the values listed are the minimum average values and are designated as "min. ave."

## 8. MQC Retest and Rejection

- 8.1 If the results of any test do not conform to the requirements of this specification, retesting to determine conformance or rejection should be done in accordance with the manufacturing protocol as set forth in the manufacturer's quality manual.

## 9. Packaging and Marketing

- 9.1 The geomembrane shall be rolled onto a substantial core or core segments and held firm by dedicated straps/slings, or other suitable means. The rolls must be adequate for safe transportation to the point of delivery, unless otherwise specified in the contract or order.
- 9.2 Marking of the geomembrane rolls shall be done in accordance with the manufacturers accepted procedure as set forth in their quality manual.

10. Certification

- 10.1 Upon request of the purchaser in the contract or order, a manufacturer's certification that the material was manufactured and tested in accordance with this specification, together with a report of the test results, shall be furnished at the time of shipment.

**Table 1(a) – Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Geomembrane  
(SMOOTH)**

Properties	Test Method	Test Value								Testing Frequency (minimum)	
		20 mils	30 mils	40 mils	50 mils	60 mils	80 mils	100 mils	120 mils		
Thickness - (min. ave.) - mils • lowest individual of 10 values - %	D5199	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	per roll
Formulated Density (max.) - g/cc	D 1505/D 792	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	200,00 lb
Tensile Properties (1) (min. ave.) • break strength - lb/in. • break elongation - %	D 6693 Type IV	76 800	114 800	152 800	190 800	228 800	304 800	380 800	456 800	800	20,000 lb
2% Modulus (max.) - lb/in.	D 5323	1200	1800	2400	3000	3600	4800	6000	7200		per formulation
Tear Resistance (min. ave.) - lb	D 1004	11	16	22	27	33	44	55	66		45,000 lb
Puncture Resistance (min. ave.) - lb	D 4833	28	42	56	70	84	112	140	168		45,000 lb
Axi-Symmetric Break Resistance Strain (min.) - %	D 5617	30	30	30	30	30	30	30	30	30	per formulation
Carbon Black Content (range) - %	D 4218 (2)	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	45,000 lb
Carbon Black Dispersion	D 5596	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	45,000 lb
Oxidative Induction Time (OIT) (min. ave.) (4) (a) Standard OIT - min. — or — (b) High Pressure OIT - min.	D 8117 D 5885	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	200,000 lb
Oven Aging at 85°C (5) (a) Standard OIT (min. ave.) - % retained after 90 days — or — (b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 90 days	D 5721 D 8117 D 5885	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	per formulation
UV Resistance (6) (a) Standard OIT (min. ave.) — or — (b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 1600 hrs (8)	D 7238 D 8117 D 5885	N. R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	per formulation

- (1) Machine direction (MD) and cross machine direction (XMD) average values should be on the basis of 5 test specimens each direction.
  - Break elongation is calculated using a gage length of 2.0 in. at 2.0 in./min.
- (2) Other methods such as D 1603 (tube furnace) or D 6370 (TGA) are acceptable if an appropriate correlation to D 4218 (muffle furnace) can be established.
- (3) Carbon black dispersion (only near spherical agglomerates) for 10 different views:
  - 9 in Categories 1 or 2 and 1 in Category 3
- (4) The manufacturer has the option to select either one of the OIT methods listed to evaluate the antioxidant content in the geomembrane.
- (5) It is also recommended to evaluate samples at 30 and 60 days to compare with the 90 day response.
- (6) The condition of the test should be 20 hr. UV cycle at 75°C followed by 4 hr. condensation at 60°C.
- (7) Not recommended since the high temperature of the Std-OIT test produces an unrealistic result for some of the antioxidants in the UV exposed samples.
- (8) UV resistance is based on percent retained value regardless of the original HP-OIT value.

**Table 1(b) – Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Geomembrane  
(SMOOTH)**

Properties	Test Method	Test Value								Testing Frequency (minimum)	
		0.50 mm	0.75 mm	1.00 mm	1.25 mm	1.50 mm	2.00 mm	2.50 mm	3.00 mm		
Thickness - (min. ave.) - mm • lowest individual of 10 values - %	D5199	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	nom. -10	per roll
Formulated Density (max.) - g/cc	D 1505/D 792	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	90,000 kg
Tensile Properties (1) (min. ave.) • break strength - N/mm • break elongation - %	D 6693 Type IV	13 800	20 800	27 800	33 800	40 800	53 800	66 800	80 800	80 800	9,000 kg
2% Modulus (max.) - N/mm	D 5323	210	315	420	520	630	840	1050	1260		per formulation
Tear Resistance (min. ave.) - N	D 1004	50	70	100	120	150	200	250	300		20,000 kg
Puncture Resistance (min. ave.) - N	D 4833	120	190	250	310	370	500	620	750		20,000 kg
Axi-Symmetric Break Resistance Strain - % (min.)	D 5617	30	30	30	30	30	30	30	30	30	per formulation
Carbon Black Content (range) - %	D 4218 (3)	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	20,000 kg
Carbon Black Dispersion	D 5596	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	note (3)	20,000 kg
Oxidative Induction Time (OIT) (min. ave.) (4) (c) Standard OIT - min. — or — (d) High Pressure OIT - min.	D 8117 D 5885	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	90,000 kg
Oven Aging at 85°C (5) (a) Standard OIT (min. ave.) - % retained after 90 days — or — (b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 90 days	D 5721 D 8117 D 5885	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	35 60	per formulation
UV Resistance (6) (a) Standard OIT (min. ave.) — or — (b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 1600 hrs (8)	D 7238 D 8117 D 5885	N. R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	N.R. (7) 35	per formulation

- (1) Machine direction (MD) and cross machine direction (XMD) average values should be on the basis of 5 test specimens each direction.
  - Break elongation is calculated using a gage length of 50 mm at 50 mm/min.
- (2) Other methods such as D 1603 (tube furnace) or D 6370 (TGA) are acceptable if an appropriate correlation to D 4218 (muffle furnace) can be established.
- (3) Carbon black dispersion (only near spherical agglomerates) for 10 different views:
  - 9 in Categories 1 or 2 and 1 in Category 3
- (4) The manufacturer has the option to select either one of the OIT methods listed to evaluate the antioxidant content in the geomembrane.
- (5) It is also recommended to evaluate samples at 30 and 60 days to compare with the 90 day response.
- (6) The condition of the test should be 20 hr. UV cycle at 75°C followed by 4 hr. condensation at 60°C.
- (7) Not recommended since the high temperature of the Std-OIT test produces an unrealistic result for some of the antioxidants in the UV exposed samples.
- (8) UV resistance is based on percent retained value regardless of the original HP-OIT value.

**Table 2(a) – Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Geomembrane  
(TEXTURED)**

Properties	Test Method	Test Value								Testing Frequency (minimum)	
		20 mils	30 mils	40 mils	50 mils	60 mils	80 mils	100 mils	120 mils		
Thickness (min. ave.) - mils • lowest individual for 8 out of 10 values - % • lowest individual for any of the 10 values - %	D 5994	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	per roll
Asperity Height (min. ave.) - mils	D 7466	16	16	16	16	16	16	16	16	16	Every 2 <sup>nd</sup> roll (1)
Formulated Density (max.) - g/cc	D 1505/D 792	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	200,000 lb
Tensile Properties (2) (min. ave.) • break strength - lb/in. • break elongation - %	D 6693 Type IV	30 250	45 250	60 250	75 250	90 250	120 250	150 250	180 250	250	20,000 lb
2% Modulus – lb/in. (max.)	D 5323	1200	1800	2400	3000	3600	4800	6000	7200		per formulation
Tear Resistance (min. ave.) - lb	D 1004	11	16	22	27	33	44	55	66		45,000 lb
Puncture Resistance (min. ave.) - lb	D 4833	22	33	44	55	66	88	110	132		45,000 lb
Axi-Symmetric Break Resistance Strain (min.) - %	D 5617	30	30	30	30	30	30	30	30	30	per formulation
Carbon Black Content - %	D 4218 (3)	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	45,000 lb
Carbon Black Dispersion	D 5596	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	45,000 lb
Oxidative Induction Time (OIT) (min. ave.) (5) (e) Standard OIT - min. — or — (f) High Pressure OIT - min.	D 8117 D 5885	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	100 400	200,000 lb
Oven Aging at 85°C (6) (a) Standard OIT (min. ave.) - % retained after 90 days — or — (b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 90 days	D 5721 D 8117 D 5885	35 35 60	35 35 60	35 35 60	35 35 60	35 35 60	35 35 60	35 35 60	35 35 60	35 35 60	per formulation
UV Resistance (7) (a) Standard OIT (min. ave.) — or — (b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 1600 hrs (9)	D 7238 D 8117 D 5885	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	N. R. (8) N. R. (8) 35	per formulation

- (1) Alternate the measurement side for double sided textured sheet
- (2) Machine direction (MD) and cross machine direction (XMD) average values should be on the basis of 5 test specimens each direction.
  - Break elongation is calculated using a gage length of 2.0 in. at 2.0 in./min.
- (3) Other methods such as D 1603 (tube furnace) or D 6370 (TGA) are acceptable if an appropriate correlation to D 4218 (muffle furnace) can be established.
- (4) Carbon black dispersion (only near spherical agglomerates) for 10 different views:
  - 9 in Categories 1 or 2 and 1 in Category 3
- (5) The manufacturer has the option to select either one of the OIT methods listed to evaluate the antioxidant content in the geomembrane.
- (6) It is also recommended to evaluate samples at 30 and 60 days to compare with the 90 day response.
- (7) The condition of the test should be 20 hr. UV cycle at 75°C followed by 4 hr. condensation at 60°C.
- (8) Not recommended since the high temperature of the Std-OIT test produces an unrealistic result for some of the antioxidants in the UV exposed samples.
- (9) UV resistance is based on percent retained value regardless of the original HP-OIT value.

**Table 2(b) – Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Geomembrane  
(TEXTURED)**

Properties	Test Method	Test Value								Testing Frequency (minimum)
		0.50 mm	0.75 mm	1.00 mm	1.25 mm	1.50 mm	2.00 mm	2.50 mm	3.00 mm	
Thickness (min. ave.) - mm • lowest individual for 8 out of 10 values • lowest individual for any of the 10 values	D 5994	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. (5%) -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	nom. -5% -10 -15	per roll
Asperity Height mm (min. ave.)	D 7466	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	Every 2 <sup>nd</sup> roll (1)
Formulated Density (max.) - g/cc	D 1505/D 792	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	90,000 kg
Tensile Properties (2) (min. ave.) • break strength - N/mm • break elongation - %	D 6693 Type IV	5 250	9 250	11 250	13 250	16 250	21 250	26 250	31 250	9,000 kg
2% Modulus (max.) - N/mm	D 5323	210	315	420	520	630	840	1050	1260	per formulation
Tear Resistance (min. ave.) - N	D 1004	50	70	100	120	150	200	250	300	20,000 kg
Puncture Resistance – (min. ave.) - N	D 4833	100	150	200	250	300	400	500	600	20,000 kg
Axi-Symmetric Break Resistance Strain (min.) - %	D 5617	30	30	30	30	30	30	30	30	per formulation
Carbon Black Content (range) - %	D 4218 (3)	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	20,000 kg
Carbon Black Dispersion	D 5596	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	20,000 kg
Oxidative Induction Time (OIT) (min. ave.) (5) (g) Standard OIT - min. — or —	D 8117	100	100	100	100	100	100	100	100	90,000 kg
(h) High Pressure OIT - min.	D 5885	400	400	400	400	400	400	400	400	
Oven Aging at 85°C (6) (a) Standard OIT (min. ave.) - % retained after 90 days — or —	D 5721 D 8117	35	35	35	35	35	35	35	35	per formulation
(b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 90 days	D 5885	60	60	60	60	60	60	60	60	
UV Resistance (7) (a) Standard OIT (min. ave.) — or —	D 7238 D 8117	N. R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	per formulation
(b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 1600 hrs (9)	D 5885	35	35	35	35	35	35	35	35	

- (1) Alternate the measurement side for double sided textured sheet
- (2) Machine direction (MD) and cross machine direction (XMD) average values should be on the basis of 5 test specimens each direction.
  - Break elongation is calculated using a gage length of 50 mm at 50 mm/min.
- (3) Other methods such as D 1603 (tube furnace) or D 6370 (TGA) are acceptable if an appropriate correlation to D 4218 (muffle furnace) can be established.
- (4) Carbon black dispersion (only near spherical agglomerates) for 10 different views:
  - 9 in Categories 1 or 2 and 1 in Category 3
- (5) The manufacturer has the option to select either one of the OIT methods listed to evaluate the antioxidant content in the geomembrane.
- (6) It is also recommended to evaluate samples at 30 and 60 days to compare with the 90 day response.
- (7) The condition of the test should be 20 hr. UV cycle at 75°C followed by 4 hr. condensation at 60°C.
- (8) Not recommended since the high temperature of the Std-OIT test produces an unrealistic result for some of the antioxidants in the UV exposed samples.
- (9) UV resistance is based on percent retained value regardless of the original HP-OIT value.

**Adoption and Revision Schedule  
for  
GRI Test Method GM17**

“Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Smooth and Textured Geomembranes”

- Adopted: April 3, 2000
- Revision 1: June 28, 2000: added a new Section 5.2 that the numeric tables values are neither MARV nor MaxARV. They are to be interpreted per the designated test method. Also, corrected typographical error of textured sheet thickness test method designation from D5199 to D5994.
- Revision 2: December 13, 2000: added one Category 3 is allowed for carbon black dispersion. Also, unified terminology to “strength” and “elongation”.
- Revision 3: June 23, 2003: Adopted ASTM D 6693, in place of ASTM D 638, for tensile strength testing. Also, added Note 4.
- Revision 4: February 20, 2006: Added Note 9 on Asperity Height clarification with respect to shear strength.
- Revision 5: Removed recommended warranty from specification.
- Revision 6: June 1, 2009: Replaced GRI-GM12 test method for asperity height of textured geomembranes with ASTM D 7466.
- Revision 7: April 11, 2011: Added alternative carbon black test methods.
- Revision 8: October 3, 2011: Expanded types of comonomers in the definition of LLDPE.
- Revision 9: December 14, 2012: Replaced GRI-GM12 with the equivalent ASTM D7238.
- Revision 10: November 14, 2014: Increased asperity height of textured sheet from 10 to 16 mils (0.25 to 0.40 mm).
- Revision 11: April 13, 2015: Unit conversion error was corrected for 0.75 mm (30 mil) thickness for the property of 2% modulus. The test value was changed from 370 N/mm to 315 N/mm in the SI (Metric) units tables to agree with the English units tables.
- Revision 12: November 4, 2015: Removed Footnote (1) on asperity height from tables.
- Revision 13: September 9, 2019: Editorial update to harmonize tables.
- Revision 14: March 17, 2021: Updated Standard OIT Test from ASTM D3895 to D8117.