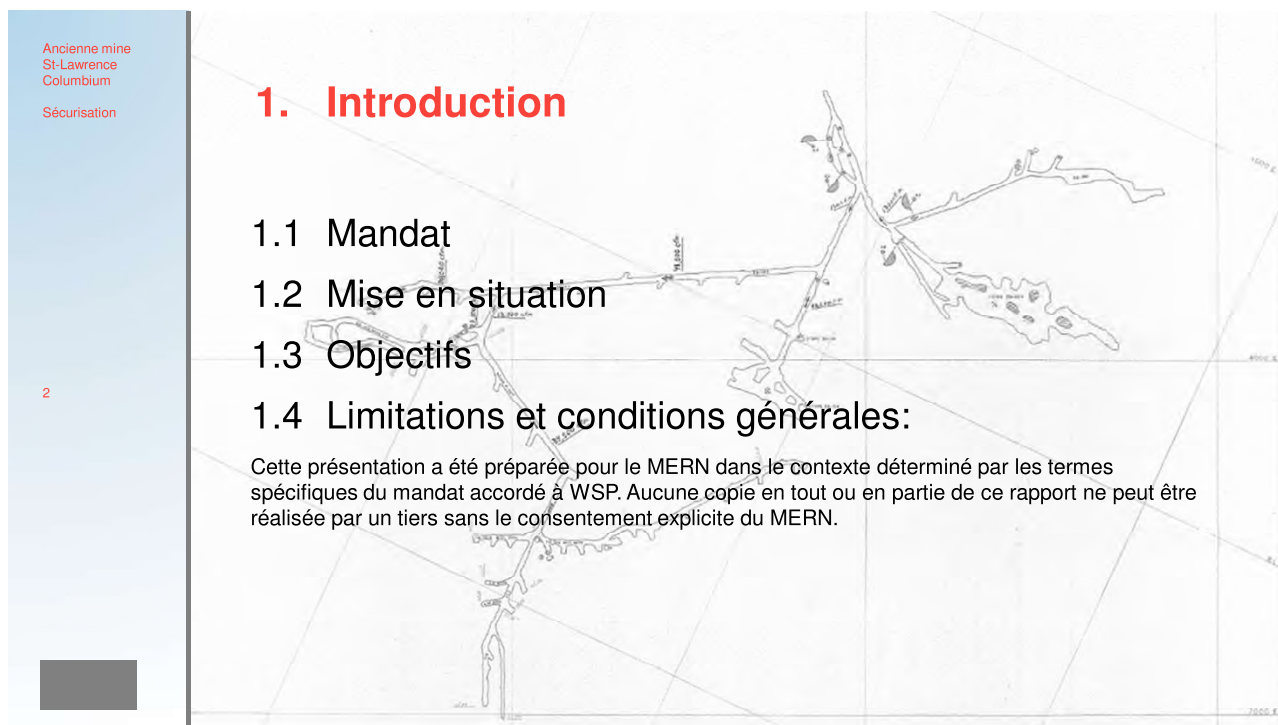




1



2

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

3

3

1. Introduction

1.1 Mandat

- Services d'ingénierie pour la réhabilitation environnementale et la restauration du site minier
- Sécurisation :
 - Stabilité des piliers de surface
 - Stabilité des pentes des deux fosses
 - Cheminées de ventilation
- Aucune étude géotechnique du roc (étude géomécanique) antérieure

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

4

4

1. Introduction

1.2 Mise en situation

- Situé sur le territoire de la municipalité d'Oka, à environ 32 km à l'ouest de Montréal
- Exploitée pour son minerai de niobium (anciennement colombium) de 1961 à 1976
 - < 1967 : exploitation à ciel ouvert
 - > 1967 : exploitation souterraine
- Propriétaire : St. Lawrence Columbium and Metals Corporation
- Bâtiments démantelés : fondations et structures des anciennes installations minières toujours présentes
- Présentement, le public a facilement accès au site, malgré la présence de deux enceintes clôturées autour des fosses à ciel ouvert

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

5

5

1. Introduction

1.3 Objectifs

- Étude de niveau conceptuelle : carte préliminaire des classes de stabilité des piliers de surface afin de proposer les investigations géomécaniques nécessaires lors de la prochaine phase des travaux.
 - Revue initiale de l'information disponible
 - Visite de site
 - Définition de paramètres géotechniques conceptuels avec information disponible
 - Évaluation conceptuelle de la stabilité des piliers de surface
 - Étude géomorphologique pour déterminer la nature et l'épaisseur des dépôts de surface sur la totalité du site
 - Étude de photo-interprétation pour identifier des mouvements potentiels
 - Relevés géophysiques pour évaluer la dimension des chantiers et pour détecter d'autres ouvertures possibles (galeries, cheminées, etc.)
 - Relevés bathymétriques multifaisceaux
 - Tranchées d'exploration dans le secteur de l'ancien puits / chevauement
 - Élaboration d'une carte préliminaire des classes de stabilité associées aux piliers de surface
 - Proposition des investigations géomécaniques nécessaires lors de la prochaine phase des travaux

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

6

6

2. Contexte général

- 2.1 Localisation et accès au site
- 2.2 Système de coordonnées
- 2.3 Hydrologie et hydrogéologie
- 2.4 Contexte géologique
- 2.5 Historique
- 2.6 Infrastructures existantes
- 2.7 Analyse de conséquences



Source - photo : M. Bienvenu

Ancienne Mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

7

2. Contexte général

2.1 Localisation et accès au site

- L'ancien site minier St-Lawrence Columbium est situé sur le territoire de la municipalité d'Oka, à environ 32 km à l'ouest de Montréal, Québec (sud du lot 5 699 936). Il est accessible via le chemin d'Oka et le rang Sainte-Sophie

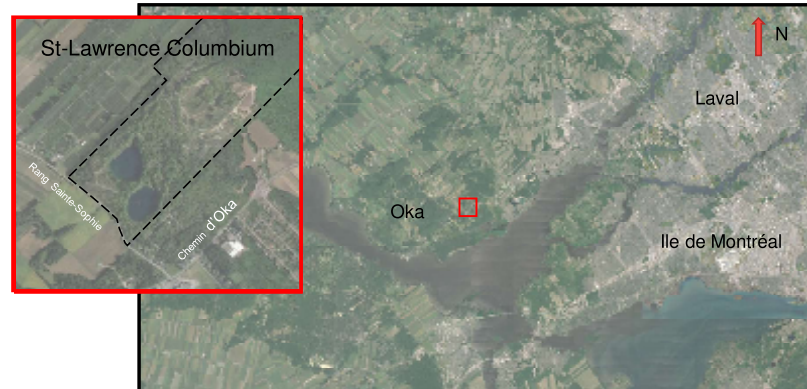


Figure 1 : Localisation du site provenant du modèle QGIS de WSP

7

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

8

2. Contexte général

2.2 Système de coordonnées

- Systèmes de coordonnées miniers locaux, de surface et souterrain
- WSP Arpentage a développé des formules mathématiques afin de localiser les plans miniers dans un système de coordonnées géodésique NAD83 (SCRS) fuseau 9 :
 - Développées en déterminant des points de concordance entre des plans miniers et une photo aérienne géoréférencée du site datant de 1975 (WSP, 2020a)
 - Important : les plans disponibles ne présentaient pas de références d'altitude. Il a donc été impossible de déterminer la constante mathématique pour l'élévation

8

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

9

2. Contexte général

2.3 Hydrologie et hydrogéologie

- Eaux de surface susceptibles de s'infiltrer directement dans les sols étant donné l'absence de surfaces imperméables sur le site
- Sens d'écoulement :
 - Portion ouest : vers un fossé longeant la limite nord-ouest du site et se prolongeant à l'ouest du rang Sainte-Sophie
 - Portion est : drainées par un cours d'eau intermittent sans nom (dénommé « effluent Saint-Pierre » sur un plan de 1974) qui s'écoule vers le sud-est. Un autre fossé est présent tout le long de la limite sud-est du site à l'étude (WSP, 2018)
- Eau souterraine - socle rocheux :
 - Libre ou semi-captive et son altitude irait d'environ 85 m à la limite nord-ouest du site à l'étude à 65 m à la limite sud-est du site à l'étude.
 - Sens d'écoulement : vers le sud-est, en direction du lac des Deux Montagnes
- Eau souterraine - dépôts meubles :
 - Sens d'écoulement : en partie vers le sud-est (le long de l'effluent Saint-Pierre) et en partie vers le sud-ouest (vers le ruisseau Rousse) (WSP, 2018)
 - Une mise à jour sera fait avec les résultats de la campagne de 2020

9

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

10

2. Contexte général

2.4 Contexte géologique – Géologie régionale

- Situé dans la province géologique de la Plate-forme du Saint-Laurent, sous-province de la Plate-forme des basses-terres du Saint-Laurent (SIGÉOM)
- Situé dans le complexe carbonatitique de la Colline d'Oka (Monterégienne)
 - Intrusions alcalines comprenant neuf collines (les Mont-Royal, Saint-Bruno, Saint-Hilaire, Saint-Grégoire, Rougemont, Shefford, Yamaska, Brome et Mégantic), deux dépressions (Saint-André et Oka), de nombreuses cheminées et des milliers de dykes et sills (Bédard, P., 2000).

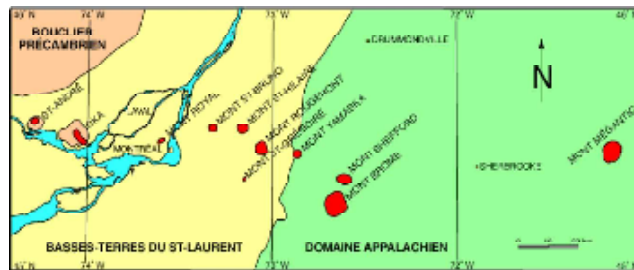


Figure 2 : La suite des Monterégiennes (Bédard, P., 2020).

10

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

13

13

2. Contexte général

2.4 Contexte géologique – Dépôts meubles

- Liés à la dernière glaciation (wisconsinien)
- L'inlandsis laurentidien recouvrait tout le secteur à l'étude : dépôts d'origines glaciaires associés au till
- Après la fonte de l'inlandsis -> mer de Champlain : présence de sédiments marins d'eau peu profonde et des dépôts littoraux dans le secteur (WSP, 2020b)
- Épaisseur très variable, mais habituellement inférieure à 10 m
- Sols naturels composés de sable, de silt sableux, de sable graveleux et de gravier

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

14

14

2. Contexte général

2.5 Historique – Historique d'exploitation

- Exploitation de 1961 à 1976
- 1961 – 1964 : deux opérations à ciel ouvert; production journalière de 500 tonnes
- 1965 – 1975 :
 - Exploitation par des galeries à flanc de coteau à partir de la fosse A-1
 - > 1967 : extraction du minerai par un puits vertical
 - La production journalière atteint 3000 tonnes en 1975 (MRN, 1974)
- 1976 : Fermeture
 - Grève
 - Baisse de la demande du concentré de niobium
- Bilan :
 - 6 156 000 tonnes de minerai à 0,306 % Nb₂O₅
 - 17 808 t de Nb₂O₅ (métal) produit
 - Des concentrés de magnétite et de carbonate de calcium ont été traités et vendus comme sous-produits

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

15

2. Contexte général

2.5 Historique – Méthode d'exploitation en surface

- Selon Gold et al. 1976 : exploitation à ciel ouvert en banc de 30 pieds (10 m). Géométrie incertaine
- Exploitation souterraine : aucune section transversale disponible, seulement les plans de niveau des galeries (tunnels)
- >1965 (Gold et al., 1969) :
 - Réseau de galeries à flanc de coteau à partir de la fosse 2 pour accéder aux blocs et lentilles de minerai près des parois de la fosse.
 - Système de rampes par galeries à flanc de coteau pour desservir les niveaux inférieurs sous la fosse 1, de même que les niveaux inférieurs de la fosse 2
- Plan de l'exploitation de surface présenté à la diapositive suivante (Plans_mines_oct.2016_P00075). Plusieurs lignes pointillées dessinées au droit des fosses représentent potentiellement une partie des galeries souterraines situées sous les fosses.

15

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

16

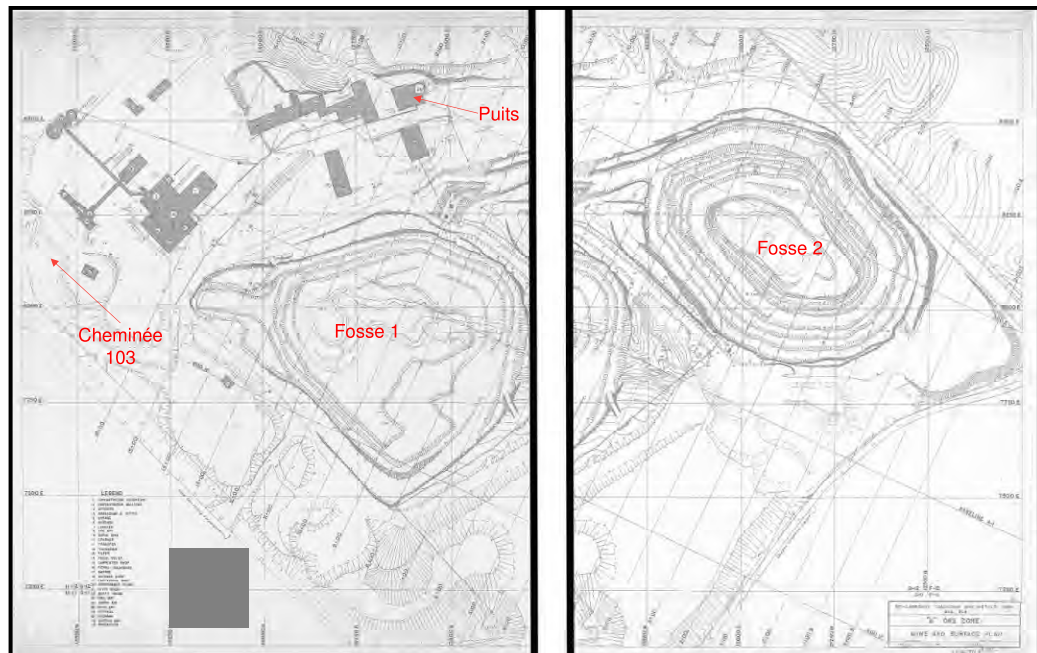


Figure 5a : Plan de l'exploitation en surface - 1974

16

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

17

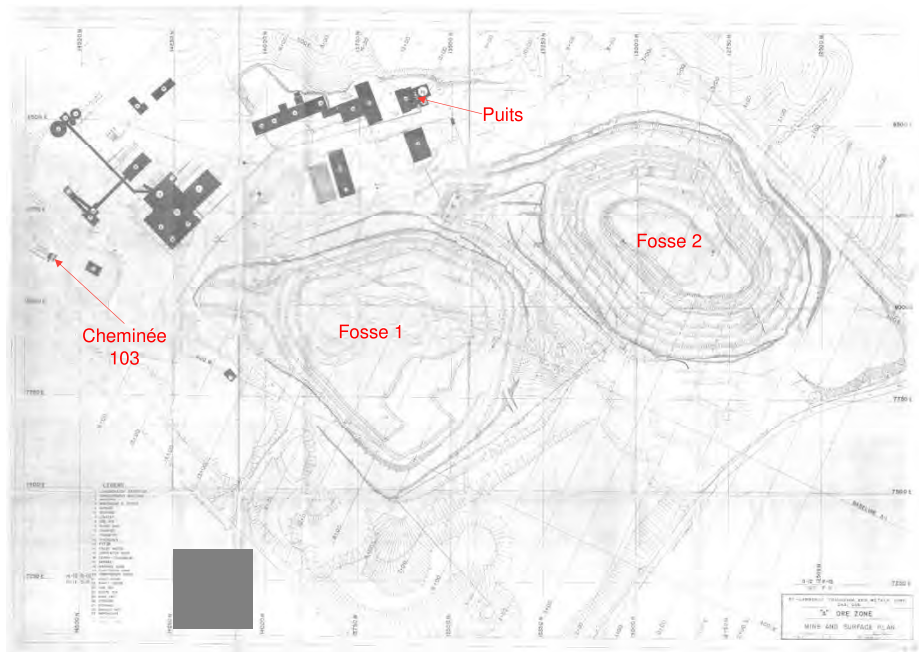


Figure 5b : Plan de l'exploitation en surface - 1975

17

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

18

2. Contexte général

2.5 Historique – Méthode d'exploitation souterraine

- Les chantiers souterrains ainsi que les plans miniers disponibles ont été identifiés sur la longitudinale (Plans_mines_oct.2016_P00069) présentée à la diapositive suivante
- Selon l'information retrouvée :
 - L'abattage des chantiers s'opérait par méthode long trou avec sous-niveaux à chaque 100 pieds d'élévation
 - Il était mentionné que le comportement mécanique des roches carbonatées dans les chantiers actuels se traduisait par une grande stabilité et qu'aucun remblai n'était nécessaire (MRN, 1974)
- Selon les plans miniers disponibles :
 - Le chantier 5800 du secteur 103 aurait été exploité selon la méthode coupe et remblai
 - Le chantier 1 du secteur fosse 2 aurait été exploité à flanc de coteau

18

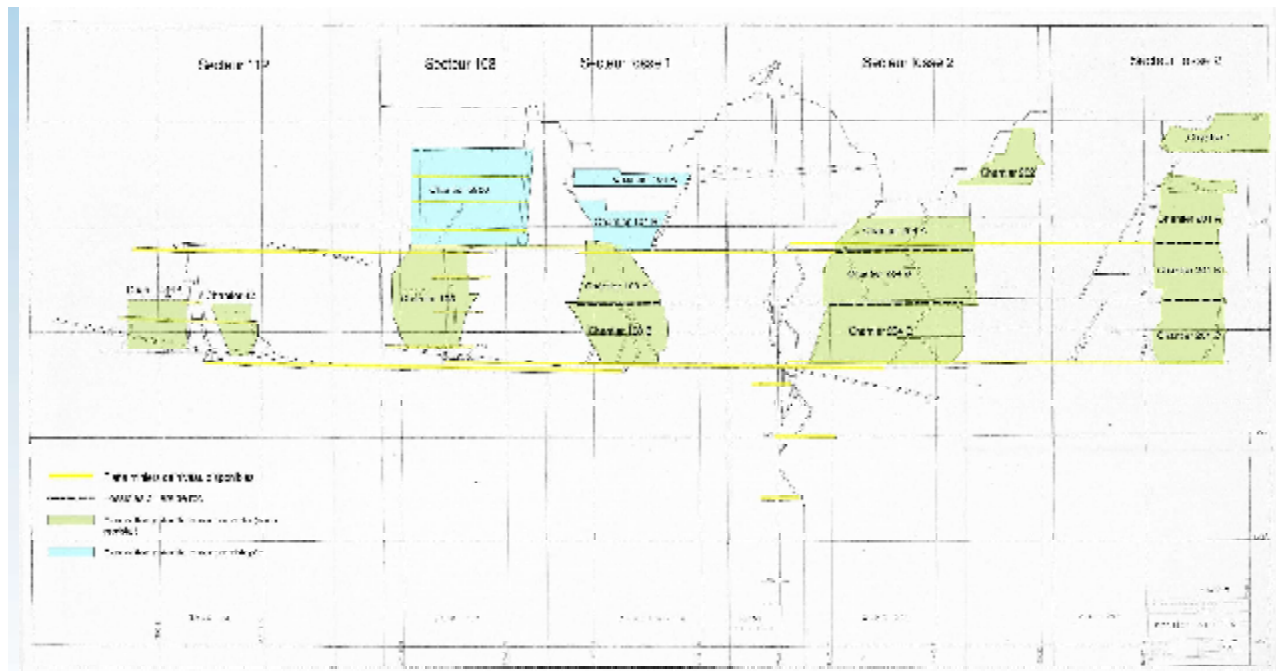


Figure 6 : Section identifiant les plans miniers disponibles et les possibles excavations ouvertes (Plans_mines_oct.2016_P00069)

19

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

20

2. Contexte général

2.5 Historique – Entrevue 53-54

- Présence au site : août 1975 – février 1977
- Responsabilités : ingénieur minier – mine souterraine (ST) seulement
- Interactions fosses – mine souterraine
 - Plusieurs accès à la mine ST à partir des fosses
 - Zone minéralisée dans le talus d'une des fosses : chantiers ouverts à la surface
 - Le plancher (fond) de la fosse 2 (Nord) a été dynamité sur deux bancs de plus que le profil « normal » et le minerai a été soutiré par la mine souterraine
- Ouvertures souterraines
 - Plans juillet 1974 semblent à jour
 - Galeries principales étaient développées pour des camions-bennes, planchers bétonnés
 - Points de soutirage étaient plus élevés (≈ 6 m) pour verser le minerai dans les camions situés plus bas
- Géologie et géomécanique
 - Peu, voire pas de différence visuelle entre minerai et stérile : tout est dans la carbonatite, basé sur la teneur
 - Qualité du roc : peu à moyennement fracturé
 - Altération de la carbonatite observée dans les fosses (p. ex. WSP 2018 et 2020) : non observée sous terre

20

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

21

21

2. Contexte général

2.5 Historique – Entrevue 53-54

- Méthodes d'abattage: Coupe et remblai (les plus anciens)
 - « Chantier 5800 » (au-dessus du chantier 103) : possible présence de chantiers de type coupes et remblai datant des premières années d'exploitation souterraine
 - Chantier 104A et B sous la fosse : probablement de type coupes et remblai
- Méthodes d'abattage : Longs trous (les plus récents)
 - Chantiers 103, 108, 204, 201, 42, 112
 - Chantiers « à flanc de coteau »: 202, L-201 et « 1 »
 - Sans remblai ni pilier de minerai laissé en place de façon permanente
 - Séquence probablement de type « primaire – secondaire »
 - Pilier de sole (sill pillar) laissé sous chaque niveau temporaire, puis abattu plus tard
 - Peu de dilution additionnelle, aucune instabilité observée
- Soutènement du roc
 - Galerie principale : boulons mécaniques au toit et murs, treillis au toit seulement
 - Galerie temporaire : idem
 - Aucune instabilité observée

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

22

22

2. Contexte général

2.6 Méthode d'exploitation à Niobec - Analogies possibles?

- Méthodes d'abattage :
 - Chantier longs trous sans remblai, avec pilier permanent
 - Chantier longs trous avec remblai, sans pilier (chantiers primaires et secondaires)
- Dimensions des chantiers:
 - 45 m de longueur (strike) par 25m de largeur et 75 à 90 m de hauteur

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

23

2. Contexte général

2.6 Infrastructures existantes – Surface

- Plusieurs vestiges des anciennes infrastructures minières, principalement des fondations ou des dalles de béton de bâtiments, ont été identifiés dans le secteur industriel du site (WSP, 2018).

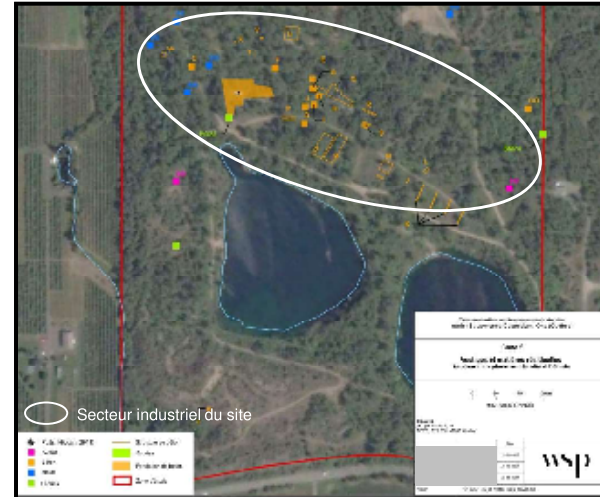


Figure 7 : Carte des vestiges toujours en place (WSP, 2018)

23

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

24

2. Contexte général

2.6 Infrastructures existantes – Souterraines

- Quatre secteurs de chantiers / piliers potentiels : 112, 103, fosse 1 (chantiers 104 et 108) et fosse 2 (chantiers 202, 201, L-201 et « 1 »)
- Deux cheminées et un puits connectés à la surface possibles (à l'extérieur des fosses).

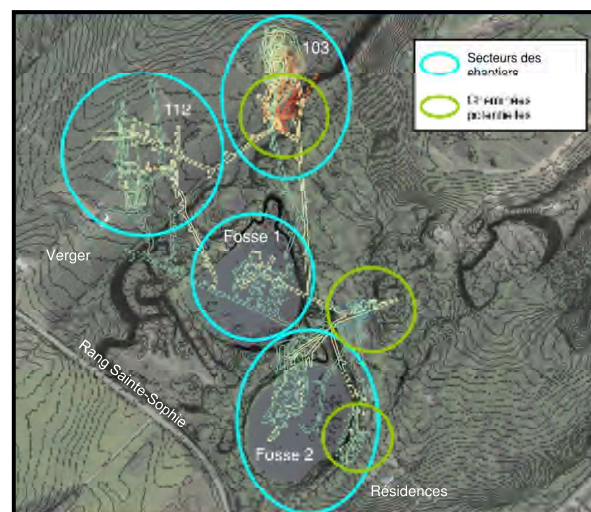


Figure 8 : Localisation des secteurs de chantiers et des cheminées de la mine St-Lawrence Columbium, image provenant du modèle QGIS de WSP

24

Ancienne mine
St-Lawrence
Columblum

Sécurisation

25

2. Contexte général

2.7 Analyse de conséquences

- Plusieurs ouvertures souterraines à de faibles profondeurs
- Accessibilité du public :
 - Piliers de surface relativement près des chemins d'accès public
 - Plusieurs sentiers de VTT, motocross et/ou de motoneige en surface
 - Site régulièrement visité par des randonneurs (en toute saison) et baigneurs (dans la fosse 1)
 - **Le public pourrait donc se trouver au-dessus des piliers de surface identifiés ou encore à proximité de l'empreinte desdits piliers**
- Mine souterraine fermée (de façon permanente) : aucune conséquence sur les opérations minières
- Obligation de mettre en place une berme, un muret de blocs de roc, de béton, etc. au pourtour de la fosse (guide de restauration)

25

Ancienne mine
St-Lawrence
Columblum

Sécurisation

26

2. Contexte général

2.7 Analyse de conséquences

Directives proposées pour l'évaluation et la conception des piliers de surface (adapté de Carter et al. 2008)

Classe	Probabilité de rupture (%)	Confiance (%)	FdeS min.	Critère de conception pour une probabilité de rupture acceptable				
				Durée de vie utile du pilier de couronne (année)		Accès public	Attitude des autorités en fermeture de mine	Surveillance active requise
A	≥50	<50	<1	Effectivement zéro	0,5	Interdit	Totalement inacceptable	Inefficace
B	20 - 50	50 - 80	1	Extrêmement court terme (opération temporaire de minage seulement - risque intenable de rupture pour les excavations temporaires à usage civil)	≈ 1,0	Empêché par la force (clôture)	Non acceptable	Monitoring sophistiqué en continu
C	10 - 20	80 - 90	1,2	Très court terme (pilier de couronne quasi-temporaire - risque non souhaitable de rupture pour les excavations temporaires à usage civil)	2 - 5	Activement empêché	Très préoccupées	Monitoring en continu avec des instruments
D	5 - 10	90 - 95	1,5	Court terme (pilier de couronne semi-temporaire, i.e. sous des infrastructures minières non sensibles)	5 - 10	Empêché	Préoccupées	Monitoring en continu simple
E	1,5 - 5	95 - 98,5	1,8	Long terme (pilier de couronne semi-permanent, possiblement sous des infrastructures)	15 - 20	Découragé	Quelque peu préoccupées	Monitoring consciencieux
F	0,5 - 1,5	98,5 - 99,5	2	Long terme (pilier de couronne quasi permanent, portails à usage civil, tunnels d'égoût près de la surface)	50 - 100	Permis	Préoccupation limitée	Monitoring accessoire
G	<0,5	≥99,5	>> 2	Très long terme (pilier de couronne permanent, au-dessus de tunnels à usage civil)	> 100	Libre	Aucune préoccupation	Monitoring non requis

Ancien Site Minier

Verger, chemins publics et résidences

26



27

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

28

3. Travaux réalisés			
3.1 Sommaire des travaux réalisés			
Tableau 1 Sommaire de l'évaluation conceptuelle de la stabilité des piliers de surfaces			
TÂCHE	DESCRIPTION	DÉBUT	FIN
Revue des données ^a	→ Effectuer une revue des données géologiques et historiques du site et des environs	2020-04-26	2020-07-01
Visite de site	→ Observer des signes d'instabilité des piliers de surface → Observer la géologie sur les affleurements rocheux accessibles → Observer les accès aux sites et aux différents secteurs dans le but de planifier une investigation géotechnique	2020-06-04	
Vidéo par drone	→ Observer la géologie sur les affleurements rocheux accessibles en drone	2020-06-25	
Étude géomorphologique (WSP, 2020b)	→ Identifier la nature et les épaisseurs des dépôts meubles dans les secteurs de chantiers situés à proximité de la surface → Évaluer l'évolution des indices d'affaissement et/ou de mouvement souterrain dans le temps par photographie aérienne	2020-08-01	2020-08-31
Tranchées d'exploration	→ Tranchées / puits d'exploration dans le secteur de l'ancien puits et du bâtiment du chevalement → Relevé d'arpentage des vestiges exposés	2020-11-30	2020-12-03

Notes:
a) La revue des données a commencé lors de la phase initiale du projet visant à établir la problématique du programme de travail.

28

3.1 Sommaire des travaux réalisés (suite)

Tableau 1 Sommaire de l'évaluation conceptuelle de la stabilité des piliers de surfaces (suite)

TÂCHE	DESCRIPTION	DÉBUT	FIN
Localisation des chantiers (dessins disponibles) ^b (WSP, 2020a)	→ Déterminer des formules de corrélation entre les systèmes de coordonnées minières (surface et souterrain) avec le système géodésique NAD83 (SCRS) fuseau 9	2020-07-01	2020-08-31
	→ Numériser les plans miniers disponibles ^b en format vectoriel (c.-à-d. AutoCAD®)		
	→ Transférer et compiler les plans miniers disponibles ^b vers le système géodésique NAD83 (SCRS) fuseau 9		
Localisation des excavations souterraines (géophysique) ^c	→ Effectuer des relevés géophysiques afin de confirmer/préciser la localisation des excavations souterraines près de la surface	2020-09-08	En cours.
	→ Tomographie de résistivité électrique (ERT) et relevé électromagnétique (EM31)		
Relevé bathymétrique Multi-faisceaux	→ Relevé effectué dans chacune des fosses	2020-11-06	2020-11-16
Évaluation des risques	→ Effectuer une analyse empirique de stabilité des piliers de surface par la méthode de la portée ajustée de Carter	2020-08-15	2020-11-27
	→ Évaluation des infrastructures à sécuriser		

Notes:

- b) Les plans miniers disponibles sont identifiés en jaune sur la section présentée à la diapositive 19.
c) Travaux ajoutés à la suite de la revue des données, considérant le peu d'informations et de dessins disponibles près de la surface.

Questions sur les
sections précédentes

Réhabilitation de l'ancienne mine St-Lawrence Columbium
Oka, Québec
Volet Sécurisation

4. Modèle géomécanique conceptuel

- 4.1 Généralités
- 4.2 Les ouvertures minières existantes
- 4.3 Unités et structures géologiques
- 4.4 Données géomécaniques
- 4.5 Domaines géotechniques
- 4.6 Affaissements / subsidences existants
- 4.7 Infrastructures en surface et souterraines
- 4.8 Bathymétrie des fosses

Source : photo : WSP

31

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.1 Généralités

- Les éléments suivants forment la base du modèle géomécanique conceptuel (MGC) :
 - Identifier et délimiter les ouvertures minières existantes
 - Délimiter les unités géologiques sur le site à l'étude
 - Définir et orienter des structures géologiques principales
 - Délimiter les domaines géotechniques du massif rocheux présentant des valeurs de classifications géomécaniques (Q et/ou RMR) similaires
- L'information disponible ainsi que les hypothèses qui ont dû être formulées lors de la phase conceptuelle sont présentées dans les diapositives suivantes.

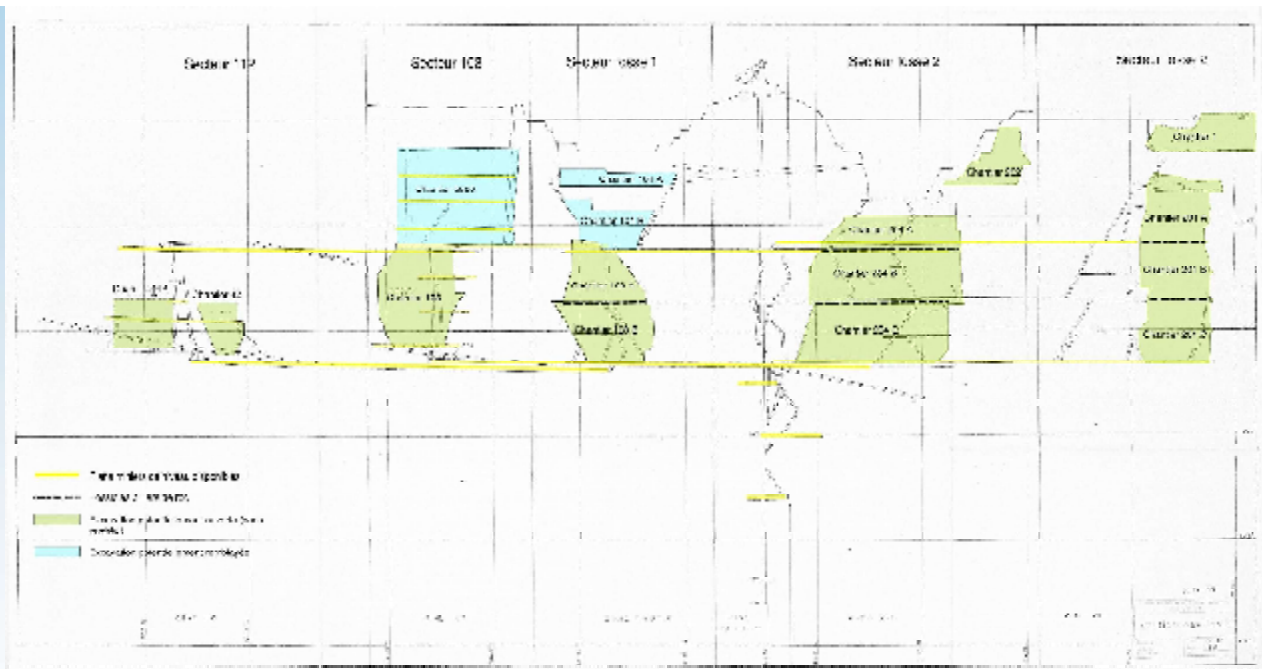
32

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.2 Les ouvertures minières existantes

- Afin d'identifier et de délimiter les ouvertures minières existantes, les plans miniers disponibles ont été vectorisés (géoréférencés et redessinés) et compilés dans le logiciel QGIS
- La longitudinale (Plans_mines_oct.2016_P00069) de la diapositive suivante présente (surligné en jaune) les plans disponibles qui ont été vectorisés. Les chantiers miniers potentiellement non remblayés (ouverts) sont identifiés en vert
- Étant donné le nombre de plans disponibles ainsi que leur précision, certaines simplifications ont été nécessaires. Par exemple, en comparant la mesure horizontale des ouvertures minières (chantiers) sur la longitudinale (Plans_mines_oct.2016_P00069) avec les mesures effectuées sur des plans miniers (Plans_mines_oct.2016_P00073 et 74), l'hypothèse suivante a été formulée :
 - La mesure horizontale d'un chantier sur la longitudinale (Plans_mines_oct.2016_P00069) représente la longueur dans le sens de l'axe du chantier
- Notez que les plans disponibles ne présentaient pas de références d'altitude. Pour cette raison, le modèle conceptuel utilise des élévations (Z) en référence au sol naturel dessiné sur la longitudinale (Plans_mines_oct.2016_P00069) et non par rapport à l'élévation du niveau de la mer
- Bien que des hypothèses aient été formulées à cette étape, considérant que peu de plans miniers sont disponibles dans les niveaux supérieurs de la mine, il existe beaucoup d'incertitudes par rapport à la localisation et la dimension des chantiers près de la surface

33



34

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

35

35

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.2 Les ouvertures minières existantes – Dimensions

Chantier	Longueur (m)	Hauteur verticale (m)	Largeur (épaisseur) (m)
104 Supérieur (A)	110	15	?
104 inférieur (B)	80	45	?
108 Supérieur (A)	80	70	?
108 Inférieur (B)	100	65	?
204 Supérieur (A)	125 - 170	35	?
204 médian (B)	174	60	?
204 inférieur (C)	170	70	?
202	70	65	?
1	60	25	?
201 Supérieur (A)	78	70	?
201 Médian (B)	80	65	?
201 Inférieur (C)	73	70	?
42	100	110	?

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

36

36

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.3 Unités et structures géologiques

- À l'échelle du site, la carte géologique de surface de Gold, D.P. 1967 présente trois unités géologiques (carbonatite, carbonatite minéralisée et ijolite) (voir diapositive 12)
- Mis à part les travaux de Gold, D.P., il n'a pas été possible de retrouver des cartes à l'échelle du site et/ou un modèle géologique
- Lors de la visite de site effectuée en juin par WSP, seule de la carbonatite indifférenciée a pu être identifiée : seules les portions supérieures des fosses présentent du massif rocheux
- La roche était altérée (oxydée) et modérément à fortement fracturée, probablement due à l'effet du dynamitage durant les opérations minières ainsi qu'à l'action du gel-dégel
- Selon le système d'information géominière du Québec (SIGÉOM), un pli (anticlinal d'Oka-Beauharnois) traverse la propriété
- Bien que des données structurales aient été récoltées lors de la visite de site, la revue de données et la visite de site n'ont pas permis d'obtenir de plus amples informations sur la présence de structures majeures pour l'ensemble des secteurs d'intérêt

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

37

37

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.4 Données géomécaniques

- Lors de la visite de site, le 4 juin 2020, WSP a effectué des classifications géomécaniques (cote Q) afin de caractériser le massif rocheux
- Selon les résultats obtenus pour la carbonatite indifférenciée, la qualité du massif rocheux peut être qualifiée de mauvaise ($1 < Q < 4$). Considérant que le massif rocheux a subi des dommages (dynamitage et gel-dégel), il est probable que cette valeur ne soit pas représentative des conditions dans les chantiers
- WSP a comparé la classification géomécanique aux dimensions observées des chantiers, dont les plus grands atteignent 170 m x 70 m, sans remblai. La qualité du massif rocheux serait probablement de qualité « bonne » ($10 < Q < 40$)
- Notez que la revue de données n'a pas permis d'obtenir de données géomécaniques quantitatives à l'échelle du site

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

38

38

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.5 Domaines géotechniques

- L'objectif derrière la définition des domaines géotechniques est de former des zones (domaines) pour lesquelles le roc aurait des propriétés géomécaniques similaires. Ces domaines sont généralement définis en considérant les unités géologiques, les structures géologiques et les données géomécaniques
 - **Unités géologiques** : Lors de la visite de site effectuée en juin par WSP, une seule unité géologique a été identifiée, soit une carbonatite indifférenciée. De plus, selon la carte géologique de surface de Gold, D.P. 1967, la majorité de la surface du site est constituée de carbonatite et de carbonatite minéralisée (voir diapositive 12)
 - **Structures géologiques** : La revue de données n'a pas permis de définir des domaines structuraux distincts à l'échelle du site
 - **Données géomécaniques** : Lors de la visite de site, des classifications géomécaniques (cote Q) ont été faites, mais la revue de données n'a pas permis d'obtenir de données géomécaniques quantitatives à l'échelle du site
- À l'étape conceptuelle, selon les informations disponibles, un seul domaine géotechnique a été défini pour tous les secteurs de l'ancienne mine, soit une carbonatite indifférenciée

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

39

39

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.6 Affaissements / subsidences existantes

- Afin de compléter l'évaluation conceptuelle des piliers de surface, une étude géomorphologique et historique par caractérisation stéréoscopique des photos aériennes a été réalisée par WSP dans l'objectif d'identifier des changements physiques (dépôts de surface, topographie, signes d'affaissement, etc.) à la surface de la mine (WSP, 2020)
- Les photographies aériennes historiques utilisées lors de l'étude ont été choisies en fonction de leur qualité d'image et de manière à couvrir la plus grande période de temps, à intervalles réguliers. Ainsi, quatre séries de photographies ont été utilisées dans le cadre de ce projet, permettant de couvrir une période de 54 ans (1964 à 2018)
- Les photographies aériennes les plus anciennes datent de 1964 et proviennent de la base de données La Géomathèque, tout comme la série de photographies aériennes de 1975, 1983 et celle de 2018.
- À la suite de l'analyse multidates, plusieurs variations physiques ont été observées en surface au fil des années sur le site de la mine St-Lawrence Colombium. Toutefois, il s'agit principalement de changements liés à l'exploitation de la mine. Aucun signe d'affaissement n'est perceptible sur les photographies aériennes de 1964, 1975, 1983 et 2018 (WSP, 2020)

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

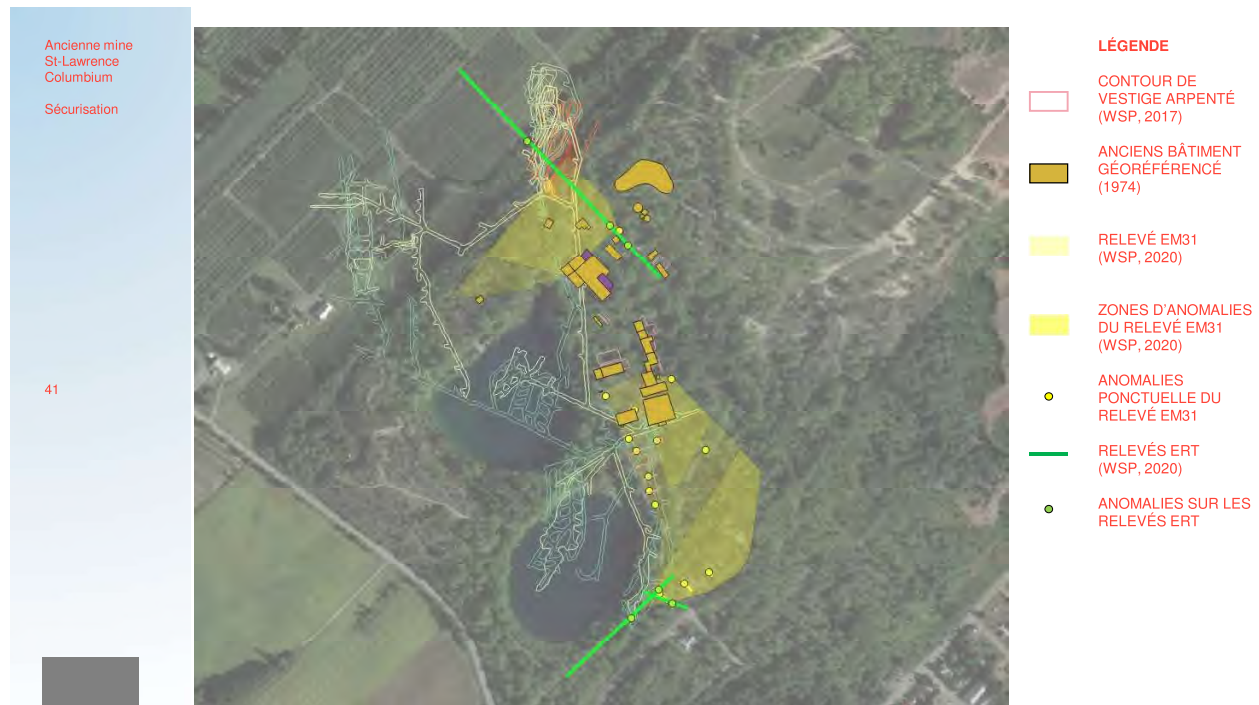
40

40

4. Modèle géomécanique conceptuel

4.7 Infrastructures en surface et indices d'infrastructures souterraines

- Les relevés de tomographie de résistivité électrique (ERT) ont permis d'identifier :
 - une anomalie à environ 20 m au nord de la propriété (dans le verger), à 30 m de profondeur
 - deux anomalies, respectivement à 10 m et 15 m sous le fond de la Fosse 2
 - trois anomalies respectivement à 6 m, 8 m et 30 m de profondeur au pourtour de la Fosse 2
 - Les relevés sous la fosse 1 n'ont pas été concluants en raison de la présence probable d'importantes masses métalliques
- Les relevés électromagnétiques (EM31) ont permis d'identifier :
 - des anomalies potentiellement associées à des structures de béton enfouies : trois pourraient être associées à des dalles de cheminées, mais aucune infrastructure souterraine (tunnels ou autre) ne le justifie.
- Les tranchées / puits d'exploration dans le secteur de l'ancien chevalement ont permis d'identifier :
 - la localisation de l'ancienne dalle du puits avec une bonne certitude
 - l'élévation géoréférencée de puits afin de permettre une modélisation des infrastructures souterraines (niveaux, chantiers, cheminées, etc.)



41



42

4. Modèle géomécanique conceptuel

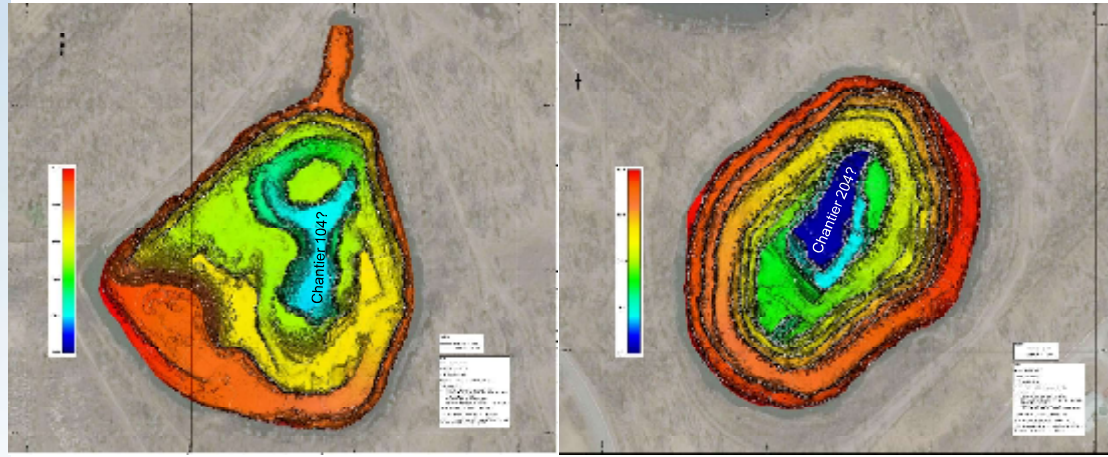
4.8 Bathymétrie des fosses

- Fosse 1 (nord) :
 - Élévation du fond : ≈ 60 m n.m.m
 - Profondeur ennoyée (2020-11-25) : ≈ 40 m
 - Banquette à l'est (visible sur la longitudinale) à l'élévation ≈ 96 m n.m.m
 - La profondeur du pilier du chantier 104 semble être conforme à la longitudinale (1974)
 - La forme de la partie profonde s'apparente au développement de chantiers observés sur le plan de niveau
- Fosse 2 (sud) :
 - Élévation du fond : ≈ 0 m n.m.m
 - Profondeur ennoyée (2020-11-25) : ≈ 100 m
 - La profondeur du pilier du chantier 204 semble être conforme à la longitudinale (1974)
 - La forme de la partie profonde s'apparente au développement de chantiers observés sur le plan de niveau

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

43



Fosse 1

Fosse 2

43

Questions sur les sections précédentes

44

*Réhabilitation de l'ancienne mine St-Lawrence Columbium
Oka, Québec
Volet Sécurisation*

44

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

- 5.1 Hypothèse des modes de ruptures
- 5.2 Analyse de la portée proportionnelle critique
- 5.3 Paramètres d'entrée et hypothèses
- 5.4 Résultats de l'analyse
- 5.5 Infrastructures à sécuriser

Source - photo : WSP

45

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.1 Hypothèse des modes de ruptures

- À l'étape conceptuelle, compte tenu du peu d'informations disponibles, il n'a pas été possible d'identifier avec certitude les modes de rupture potentiels pour chacun des piliers
- La stabilité des piliers de surface a donc été évaluée par la méthode empirique de la portée effective pour tous les secteurs où l'abattage des chantiers a été effectué par méthode long trou
- Notez que plusieurs approches existent afin d'évaluer la stabilité de piliers de surface :
 - Analyses empiriques
 - Analyses cinématiques
 - Analyses numériques
- Lors des phases subséquentes du projet, la méthode d'analyse de stabilité devra être revue et adaptée selon la géométrie des ouvertures minières existantes, les unités géologiques et les structures géologiques rencontrées et les propriétés du massif rocheux.

46

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.2 Analyse de la portée proportionnelle critique

- La stabilité des piliers de surface a été évaluée par la méthode empirique de la portée effective. Dans cette méthode, la portée proportionnelle (C_s), qui est habituellement la largeur, est comparée à la portée critique (Sc) obtenue à partir de la classification du massif rocheux (Carter, 1992 et Carter et al. 2008). Sous des conditions données, si la portée proportionnelle (C_s) est inférieure à la portée critique (Sc), le pilier de surface peut être considéré stable à long terme. Toutefois, si la portée proportionnelle (C_s) est supérieure à la portée critique (Sc) alors, pour les conditions actuelles, le pilier de surface est considéré instable (Carter et al. 2008)
- La portée effective (C_s) est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$C_s = S \left\{ \frac{Y}{P(1 + S_R \times 1 - 0,4 \cos \theta)} \right\}^{0,8}$$

- Où: S : portée du pilier (largeur du chantier) (m); θ : pendage du minerai ou du chantier (°);
 P : épaisseur du pilier de surface (ou pilier de couronne) (m), incluant le mort terrain; S_R : ratio S/L (portée du pilier divisée par sa longueur dans le sens de l'axe du chantier).
 Y : densité spécifique du massif rocheux;

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.2 Analyse de la portée proportionnelle critique (suite)

- La portée critique (Sc), pour un pilier ayant une probabilité de rupture (PR) d'environ 50 % et un facteur de sécurité (FS) d'environ 1, est estimée selon (d'après Carter, 1992) :

$$Sc = \frac{Q}{PR \times FS}$$

- Où: Sc : Portée critique (effective) maximale pour un pilier donné avant rupture Q : Qualité du massif rocheux selon le système développé par Barton et al. (1974)
- La portée critique (Sc) dépend de la qualité du massif rocheux ainsi que de la probabilité de rupture (PR) et le facteur de sécurité (FS) jugés acceptables selon les directives et critères d'évaluation et de conception des piliers de surface, comme présenté à la diapositive suivante (Carter et al. 2008)

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

49

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.2 Analyse de la portée proportionnelle critique (suite)

Tableau 3 Directives proposées pour l'évaluation et la conception des piliers de surface (adapté de Carter et al. 2008)

Classe	Probabilité de rupture (%)	Confiance (%)	FdeS min.	Critère de conception pour une probabilité de rupture acceptable				
				Durée de vie utile du pilier de couronne (année)		Accès public	Attitude des autorités en	Surveillance active requise
A	≥50	<50	<1	Effectivement zéro	0,5	Interdit	Totalement inacceptable	Inefficace
B	20 - 50	50 - 80	1	Extrêmement court terme (opération temporaire de minage seulement - risque intenable de rupture pour les excavations temporaires à usage civil	≈ 1,0	Empêché par la force (clôture)	Non acceptable	Monitoring sophistiqué en continu
C	10 - 20	80 - 90	1,2	Très court terme (pilier de couronne quasi-temporaire - risque non souhaitable de rupture pour les excavations temporaires à usage civil	2 - 5	Activement empêché	Très préoccupées	Monitoring en continu avec des instruments
D	5 - 10	90 - 95	1,5	Court terme (pilier de couronne semi-temporaire, i.e. sous des infrastructures minières non	5 - 10	Empêché	Préoccupées	Monitoring en continu simple
E	1,5 - 5	95 - 98,5	1,8	Long terme (pilier de couronne semi-permanent, possiblement sous des infrastructures)	15 - 20	Découragé	Quelque peu préoccupées	Monitoring consciencieux
F	0,5 - 1,5	98,5 - 99,5	2	Long terme (pilier de couronne quasi-permanent, portails à usage civil, tunnels d'égout près de la surface)	50 - 100	Permis	Préoccupation limité	Monitoring accessoire
G	<0,5	≥99,5	>> 2	Très long terme (pilier de couronne permanent, au-dessus de tunnels à usage civil)	> 100	Libre	Aucune préoccupation	Monitoring non requis

Ancien Site Minier
Verger, chemins publics et résidences

a) Les classes de stabilité visées dans le cadre de ce mandat sont celles supérieures à F.

49

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

50

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.3 Paramètres d'entrée et hypothèses

Tableau 4 Sommaire des paramètres d'entrée et des hypothèses

PARAMÈTRE	VALEUR	UNITÉ	DESCRIPTION / HYPOTHÈSES
S Portée du pilier (largeur du chantier)	Selon le cas	m	→ Valeurs estimée à partir des plans de niveau
L Longueur dans le sens de l'axe du chantier	Selon le cas	m	→ Valeurs estimées à partir de la longitudinale (Plans_mines_oct.2016_P00069) et des plans de niveau 5500 et 5060 (Plans_mines_oct.2016_P00073 et ..._P00074)
P Épaisseur du pilier de surface (ou pilier de couronne), incluant le mort terrain	Selon le cas	m	→ Estimées à partir du plan de l'exploitation en surface (Plans_mines_oct.2016_P00075) en considérant que la valeur compte l'épaisseur de mort-terrain
M Épaisseur du mort-terrain, soit la portion de sol et/ou de remblai au dessus du roc.	Selon le cas	m	→ Valeurs provenant des résultats de l'étude géomorphologique (WSP, 2020b) et historique de la mine St-Lawrence Colombium
Y _r Densité spécifique du massif rocheux	2.8	T/m ³	→ Estimée à partir de l'étude de Gold, D.P. 1967
Y _o Densité spécifique du mort-terrain	1.9	T/m ³	→ Estimée sur la base d'analogies de site ou d'études antérieures similaires
θ Pendage du minerai ou du chantier	80	°	→ Pendage du minerai provenant des travaux de Gold., et al., 1967 ⁴
Q Qualité du massif rocheux selon le système développé par Barton et al. (1974)	10 - 40	n.a.	→ Hypothèse reposant sur les données provenant de la visite de site et de la revue des données (voir la diapositive 37) et les résultats de l'étude géomorphologique (WSP, 2020b)

50

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.4 Résultats de l'analyse

- La stabilité des piliers de surface a été évaluée par la méthode empirique de la portée proportionnelle (Scale Span Approach, Carter, 2002) pour tous les chantiers identifiés (voir diapositive 34) qui ont potentiellement été exploités par la méthode d'exploitation long trou
- Le chantier 5800 a potentiellement été exploité par la méthode d'exploitation coupe et remblai : dans l'éventualité où le remblayage ne serait pas complet (*tight to the back*), une analyse empirique a également été effectuée
- Selon l'observation de la longitudinale, il est possible que le chantier 112 n'ait jamais été exploité
- Le chantier 1 a potentiellement été exploité par une méthode à flanc de coteau : l'évaluation de sa stabilité devra être combinée à l'évaluation de stabilité de la fosse 2
- Les analyses ont été réalisées sur neuf piliers de surface (incluant le chantier 5800)
- Une carte préliminaire des classes de stabilité associées aux piliers des chantiers est disponible à la diapositive 53
- Les résultats présentés utilisent une qualité de roc « Bonne » ($10 < NGI-Q < 40$) avec une valeur typique $Q \ll Q_{TYP}$ de 20

51

Critère :
« Classe G »Critère :
« Classe F »*

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.4 Résultats de l'analyse

Tableau 5 Évaluation de la stabilité et de la probabilité de rupture de chaque pilier de chantier

Cas	Secteur	Chantier	θ (°)	Géométrie (m)				γR (T/m ³)			Sr (S/L)	Cs	Qualité	Sc	FdeS	PdR (%)	CLASSES
				S	L	P	M	γR	γO	γT			Q_{TYP}	Q_{TYP}	Q_{TYP}	Q_{TYP}	Q_{TYP}
1	112	42	80	20	50	227	4	2,8	2,1	2,8	0,40	1,96	20	12,34	6,3	0,6	F
2		112	80	20	50	224	4	2,8	2,1	2,8	0,40	1,97	20	12,34	6,3	0,6	F
3	103	5800	80	30	140	42	4	2,8	2,1	3,0	0,21	7,54	20	12,34	1,6	6,6	D
4		103	80	40	100	161	4	2,8	2,1	2,9	0,40	4,66	20	12,34	2,6	1,9	E
5	fosse 1	104 A	80	35	110	22	1	2,8	2,1	2,9	0,32	11,46	20	12,34	1,1	30	B
6		108 A	80	100	80	108	1	2,8	2,1	2,8	1,25	11,17	20	12,34	1,1	27	B
7	fosse 2	108 A-O	80	43	40	105	1	2,8	2,1	2,8	1,08	5,07	20	12,34	2,4	2,2	E
8		204 A	80	55	180	22	1	2,8	2,1	2,9	0,31	18,10	20	12,34	0,7	90	A
9	fosse 2	202	80	16	70	70	3	2,8	2,1	2,9	0,23	3,04	20	12,34	4,1	0,9	F
10		201 A	80	30	78	60	3	2,8	2,1	2,9	0,38	5,82	20	12,34	2,1	3,1	E

- Piliers assujettis au critère « Classe G » (Cf. Tableau 3, diapositive 49):
 - 42 et 103 : non atteint.
 - 112 : non atteint mais possiblement non exploité
 - 5800 : non atteint mais probablement remblayé
- Piliers assujettis au critère « Classe F » (Cf. Tableau 3, diapositive 49) :
 - Seul le pilier 202 atteint le critère : sa localisation implique de considérer une autre approche d'analyse de stabilité
 - Les piliers se trouvent sous les fosses et leur interaction sur la stabilité des fosses devra être considérée.

* L'interaction entre certains piliers et la (les) fosse(s) pourrait avoir un impact sur le critère de stabilité

52

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

53

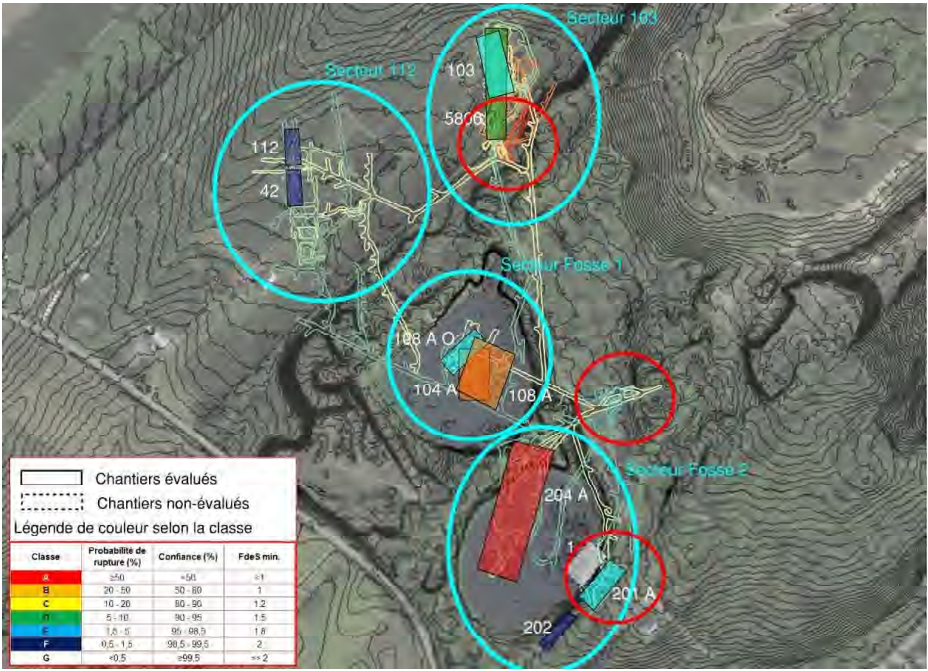


Figure 10 : Carte préliminaire des classes de stabilité associées aux piliers des chantiers, image provenant du modèle QGIS de WSP.

53

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

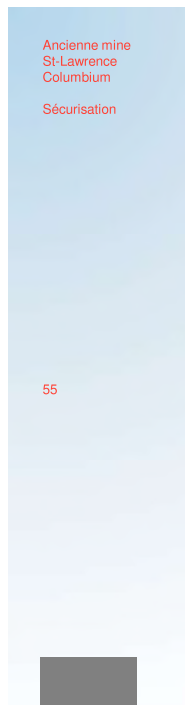
54

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.5 Discussions

- Géologie et qualité du massif rocheux :
 - Peu de données disponibles, tant pour la géologie que la qualité du massif rocheux des chantiers
 - Utilisation d'analogies et de données anecdotiques concernant le « très bon comportement » du massif rocheux dans les chantiers
 - L'épaisseur des dépôts meubles et des remblais est très variable et des simplifications ont dû être faites pour les évaluations de stabilité
- Géométrie des chantiers / piliers :
 - Seule une section transversale géologique disponible (produite avant le début de l'exploitation : aucune section de chaque chantier disponible)
 - La longitudinale est probablement « idéalisée » et pourrait montrer des dimensions apparentes différentes des dimensions réelles des chantiers
 - Les vues de niveaux ne montrent pas les limites de minéralisation / de chantier
 - Les relevés bathymétriques des fosses semblent confirmer la profondeur des piliers 104-A et 204-A

54

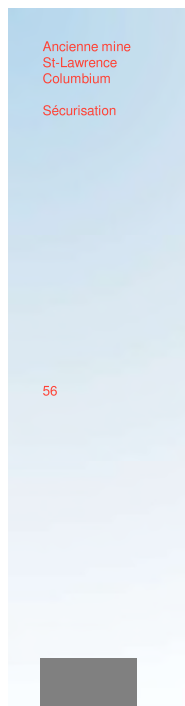


55

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.5 Discussions (suite)

- Interaction des piliers avec les fosses
 - L'incertitude quant à la géométrie des chantiers rend difficile l'évaluation de stabilité des fosses
- Subsidences potentielles
 - Il sera pertinent d'évaluer le potentiel d'auto-remplissage des chantiers potentiellement instables pour identifier les probabilité de former une subsidence à la surface



56

5. Évaluation conceptuelle de la stabilité

5.6 Infrastructures à sécuriser

- Puits :
 - Les tranchées d'exploration réalisées on permit d'exposé presque la totalité de la dalle de plancher de l'ancien chevalement et de la dalle d'obturation du puits
 - Le dessus de la dalle du puits est à l'élévation $\approx 118,85$ m (n.m.m.)
 - Aucune fissure apparente
 - Sa conception / construction devra être investiguée (ex.: fouille, géoradar, carottage, etc.)
- Cheminée 103 :
 - La bâtiment semble avoir deux niveau: le niveau inférieur aurait été une sortie de secours
 - La niveau inférieur se situ à l'élévation 110,158 m (n.m.m.)
 - Sa conception / construction devra être investiguée (ex.: fouille, géoradar, carottage, etc.)

57

Questions sur les sections précédentes

*Réhabilitation de l'ancienne mine St-Lawrence Columbium
Oka, Québec
Volet Sécurisation*

57

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

58

6. Conclusion et recommandations

6.1 Conclusion

6.2 Recommandations préliminaires

Études nécessaires

Programme de travail – Étude de préfaisabilité

Source - photo : WSP

58

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

59

59

6. Conclusion et recommandations

6.1 Conclusion

- Au total, 9 des 10 piliers n'atteignent pas le critère recherché (Classes F ou G selon le cas)
- Toutefois, l'étude géomorphologique et l'historique indiquent qu'aucun signe d'affaissement n'est perceptible sur les photographies aériennes de 1964, 1975, 1983 et 2018 (WSP, 2020).
- Les piliers sous les fosses ou à proximité des murs de fosses pourraient avoir un impact sur la stabilité de ces dernières
- Il sera pertinent d'évaluer le potentiel d'auto-remplissage des chantiers potentiellement instables pour identifier les probabilités de former une subsidence à la surface
- Il existe plusieurs incertitudes sur le plan géologique / géomécanique et sur la géométrie des piliers
- L'évaluation de stabilité des fosses sera nécessaire et devra tenir compte de l'interaction des chantiers sous et à proximité des celles-ci
- Ancienne cheminée 103 et ancien puits : leur position a été identifiée / confirmée mais aucune donnée n'est disponible sur leur conception / construction

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

60

60

6. Conclusion et recommandations

6.2 Recommandations

- Pour améliorer l'ensemble de données (Data set), il sera nécessaire :
 - De confirmer la localisation et la géométrie des ouvertures minières existantes
 - D'identifier la géologie (lithologies et structures) près des ouvertures minières
 - De caractériser le massif rocheux à proximité des chantiers et des fosses
- Pour confirmer la stabilité des piliers de surface il sera nécessaire :
 - D'évaluer leur stabilité à la suite d'une caractérisation en bonne et due forme de leur géométrie, de la géologie et du massif rocheux
 - D'évaluer la stabilité des épontes / murs des chantiers afin d'évaluer l'impact d'une potentielle instabilité sur la stabilité à long terme des piliers (p. ex. dégradation des épontes et/ou du toit modifiant la géométrie du pilier)
- Stabilité des fosses :
 - Évaluer la stabilité afin de déterminer la possible ligne de rupture et ainsi positionner la berme (ou rangée de gros blocs) de protection en périphérie (section 4.5.2 du Guide)
 - Considérer l'interaction des chantiers sous les fosses et dans les murs (p. ex. fosse 2)

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

61

61

6. Conclusion et recommandations

6.2 Recommandations

- Cheminée 103 :
 - La construction de la dalle demeure inconnue
 - Lors des travaux de restauration : excavation jusqu'à la fondation originale ou jusqu'au roc
 - Construction d'une nouvelle dalle respectant les normes et réglementation d'usages
- Puits :
 - Résultats des tranchées d'exploration à venir...
 - Travaux possibles durant la restauration:
 - Excavation jusqu'au roc possible
 - Construction d'une nouvelle dalle respectant les normes et réglementation d'usages possible

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium
Sécurisation

62

62

6. Conclusion et recommandations

6.2 Recommandations - Études nécessaires

- Approche en deux étapes :
 1. Étude de niveau préféabilité
 2. Étude de niveau faisabilité
- Étude préféabilité – Printemps 2021 :
 - Pour l'ensemble des ouvertures à sécuriser
 - Confirmer l'emplacement des piliers de surface
 - Confirmer / identifier les anomalies détectés lors de la campagne géophysique
 - Confirmer la géométrie des chantiers
 - Définir les propriétés géologiques et géomécaniques du massif rocheux
- Étude faisabilité – Automne 2021 :
 - Cibler les piliers à risques plus élevés (p. ex. piliers situés à proximité d'infrastructures publiques)
 - Améliorer l'information sur la géométrie et la géomécanique des piliers

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

63

6. Conclusion et recommandations

6.2 Recommandations - Études nécessaires

— Étude de préfaçabilité – printemps 2020 :

- 13 forages, environ 1740 m total (1540 m de roc); description géomécanique RMR et NGI, géocaméra optique, relevés gamma spectral, essais Lugeon (Packer), mesure de l'indice de double poinçonnement. Inclut 2 forages (verticaux) sur barge dans les fosses, 200 m total (50 m de roc)
- Essais de laboratoire sur le roc intact
- Confirmer la présence /absence de piliers de surface pour l'ensemble des chantiers ciblés
- Évaluation de stabilité empirique des piliers (Carter) et des murs des chantiers (Matthews-Potvin)
- Évaluation de stabilité 2D des fosses avec l'interaction des chantiers à proximité (p. ex. chantiers à flanc-de-coteau)
- Relevés sonar complet ou partiel des chantiers
- Caractérisation des fondations / dalles de béton du puits et de la cheminée 103

— Étude de faisabilité – automne 2021 :

- Au besoin: relevé sonar complets des chantiers à risque plus élevé
- Au besoin: forages géomécaniques additionnels pour les chantiers à risque plus élevé
- Au besoin: analyse par modélisation numérique 3D des fosses avec l'interaction des chantiers à proximité (p. ex. chantiers à flanc-de-coteau)

63

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

64

6. Conclusion et recommandations

6.2 Recommandations - Programme niveau préfaçabilité

Chantier / Secteur	Forage	Azimut (°)	Plongée (°)	Profondeur (m)			Classe de stabilité	Justifications
				Total	MT / Remblai	Roc carotté		
Piliers de surface								
42	20F-31	270	80	232	6	227	F	Pilier très épais: validation de la qualité du massif rocheux
112	20F-31	-	-	-	-	-	F	Utilisation des données du(des) forage(s) 20F-31
103	20F-32	070	80	162	5	157	D	Stabilité long terme insuffisante: analyse complète requise
5800	20F-33	000	90	45	6	39	E	Anomalie dans le relevé ERT-31; possiblement une galerie à 10m sous la surface: longitudinale indiquait >40 m sous la surface: vérifier la présence de remblai dans le chantier
104 A	20F-34	060	60	105	3	102	B	Stabilité long terme insuffisante: analyse complète requise
108 A	20F-35	250	70	117	3	114	B	Stabilité long terme insuffisante: analyse complète requise
108 A O	20F-36	135	60	179	3	176	E	Pilier très épais: validation de la qualité du massif rocheux
204 A	20F-37	150	70	183	3	180	A	Stabilité long terme insuffisante: analyse complète requise
202	20F-38	315	60	146	5	141	F	Stabilité long terme insuffisante: analyse complète requise
201 A	20F-39	315	60	71	5	66	E	Stabilité long terme insuffisante: analyse complète requise
104 A	20F-42	000	90	75	0	25	B	Forage sur barge: percer le toit du pilier (sous 50m d'eau)
204 A	20F-43	000	90	125	0	25	A	Forage sur barge: percer le toit du pilier (sous 100m d'eau)
Sous-total - Piliers de surface				11 forages	1 441	39	1 252	
Stabilité de fosse afin d'établir le périmètre pour la levée ou le muret de bloc								
Fosse 2 - Mur SE	20F-38 et 20F-39	-	-	-	-	-	n.a.	Utilisation des données du(des) forage(s) 20F-38 et 20F-39
Fosse 2 - Mur SO	20F-40	060	60	149	4	145	n.a.	
Fosse 2 - Mur NO	20F-37	-	-	-	-	-	n.a.	Utilisation des données du(des) forage(s) 20F-37
Fosse 2 - Mur NE et Chantier 1	20F-41	270	60	149	4	145	n.a.	
Fosse 1 - Mur SE	20F-37	-	-	-	-	-	n.a.	Utilisation des données du(des) forage(s) 20F-37
Fosse 1 - Mur NO	20F-36	-	-	-	-	-	n.a.	Utilisation des données du(des) forage(s) 20F-36
Sous-total - Stabilité de fosse				2 forages	298	8	290	
TOTAL				13 forages	1 739	47	1 542	

64

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

65

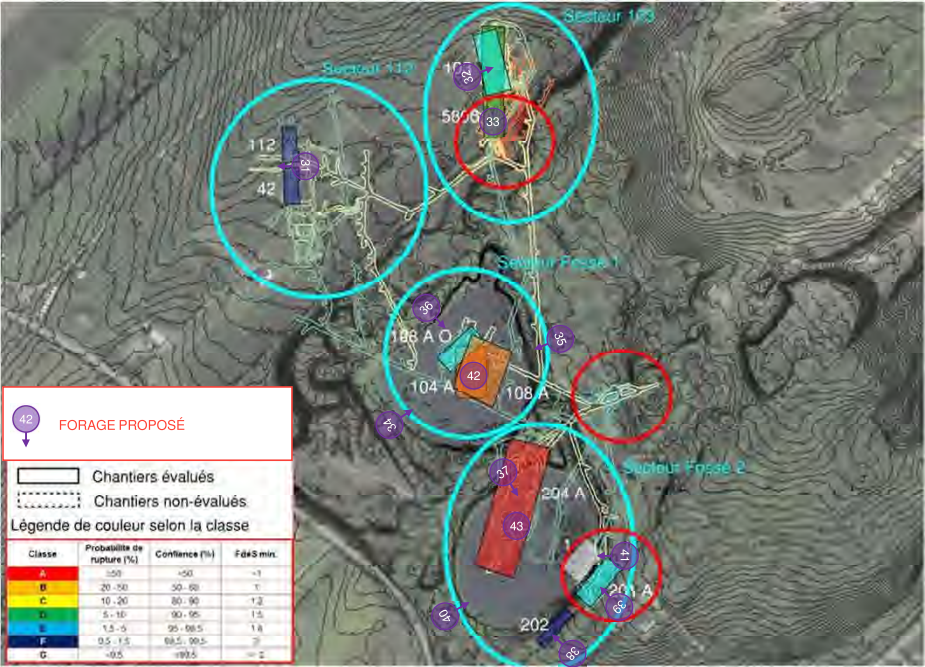


Figure 10 : Carte préliminaire des classes de stabilité associés aux piliers des chantiers, image provenant du modèle QGIS de WSP.

65

66

Questions sur les sections précédentes

Réhabilitation de l'ancienne mine St-Lawrence Columbium
Oka, Québec
Volet Sécurisation

66

Ancienne mine
St-Lawrence
Columbium

Sécurisation

67

Références

- Bédard, P. 2000. Les collines montérégiennes en 3D, site internet : [UQAM](http://www.uqam.ca), consulté le 30 août 2020.
- Barton, N.R., Lien, R., et Lunde, J., 1974. "Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support", Rock Mechanics, 6 (4): pp 189-239,
- Carter, T.G., Cottrell, B.E., Carvalho, J.L. et Steed, C.M., 2008. « Logistic Regression Improvements to the Scaled Span Method for dimensioning Surface Crown Pillars over Civil and Mining Openings, » Travaux de conférence : 42th US Rock Mechanics Symposium and 2nd US-Canada Rock mechanics Symposium, San Francisco.
- Gold, D.P. 1967. Alkaline ultrabasic rocks in the Montreal area, Quebec. Dans, P. J. Wyllie, Ed., Ultramafic and Related Rocks. John Wiley and Sons, Inc., New York, 288-302 p.
- Gold, D.P., Vallée, M., 1969. Excursion géologique dans la région d'Oka. Gouvernement du Québec, Ministère des Richesses Naturelles, SIGÉOM réf. S-101, 41p.
- Gold, 1976. Economic Geology and Geophysics of the Oka Alkaline Complex, Québec, Annual General Meeting, Québec City, April, 1966. Transactions, Volume LXX, 1967, pp.245-258.
- LAJOIE, P.-L. 2002 Caractérisation du massif de carbonatite de la mine Niobec sous le niveau 1000 et analyse de la stabilité du pilier de niveau, UQAC, Mémoire, 381p.
- MRN, 1974. La géologie - les réserves et l'exploitation souterraine de SLC, Gouvernement du Québec, Ministère des Richesses Naturelles, SIGÉOM réf. GM 29886, 35p.
- WSP, 2018. Caractérisation environnementale du site minier St-Lawrence Columbium, Oka, Québec. Réf. WSP : 171-03521-00 720p.
- WSP, 2020a. Formules mathématiques à appliquer, St-Lawrence Columbium. WSP Géomécanique et environnement minier, réf. WSP : 201-00652-00 9p.
- WSP, 2020b. Étude géomorphologique et historique de la mine St-Lawrence Colombium, Oka, Québec. Réf. WSP : 171-03521-00 21p.