Québec, le 10 février 2021

Monsieur Marc Croteau
Sous-ministre et Administrateur provincial de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois
Direction de l'évaluation environnementale des projets miniers et nordiques, et de l'évaluation environnementale stratégique
Ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques
675, boulevard René-Lévesque, 6e étage, boîte 83
Québec (Québec) G1R 5V7

V/Réf. : 3215-14-007

Objet : Demande de modification du certificat d'autorisation pour le Projet Nunavik Nickel, Canadian Royalties Inc. (CRI)

Gestion des résidus miniers à la mine Expo

Monsieur,

Nous vous soumettons la présente demande de modification du certificat d'autorisation (CA) *Projet Minier Nunavik Nickel* (V/Réf. : 3215-14-007) en vertu de l'article 201 du Chapitre II de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) pour la modification du plan de gestion des résidus miniers à la mine Expo.

La compagnie minière Canadian Royalties Inc. (CRI) exploite depuis 2008 le projet Nunavik Nickel (PNNi) au Nunavik dans l'extrême Nord québécois. Le projet PNNi a fait l'objet d'une première étude d'impact sur l'environnement et le milieu social en 2007, ce qui a conduit à l'obtention du CA relatif à l'ensemble du PNNi le 20 mars 2008 en vertu de l'article 201 de la LQE.

La condition 4.5 du CA Global, stipule que CRI doit présenter à l'Administrateur les modalités encadrant l'utilisation de la fosse Expo pour la gestion des résidus ainsi que le suivi de l'évolution du niveau d'eau dans la fosse permettant de s'assurer que l'ennoiement des résidus miniers sera une mesure efficace à court et à long terme pour contrer le drainage minier acide (DMA), cette demande de modification s'inscrit dans ce processus.

1. Contexte

Objet de la demande

Le PNNI consiste à l'exploitation de gisements polymétalliques dont les principaux métaux d'intérêt sont le nickel (Ni) et le cuivre (Cu). Un complexe portuaire à Baie Déception ainsi qu'un complexe industriel au

site Expo ont été aménagés à la fin des années 2000. La mine possède une série de gisements de minerais (Expo, Mesamax, Allammaq, Méquillon, Ivakkak et Puimajuq) qui s'étendent sur 60 km.

La réserve totale de minerai des six gisements autorisés actuellement est d'environ 14,90 Mt plus un potentiel de 2,02 Mt additionnels. Le minerai provenant de chaque gisement est acheminé par camion vers le site Expo pour y être traité. Le minerai est traité à un taux nominal de 4 500 t/j. Le site industriel Expo possède deux cellules d'élimination des résidus doublées d'une géomembrane (cellules 1 et 2) et une cellule d'élimination des stériles.

Compte tenu de l'ensemble des gisements autorisés ainsi qu'à la suite à la dernière mise à jour des ressources et de la durée de vie de production des résidus, la capacité des deux cellules du parc à résidus (PAR) sera dépassée plus tôt que prévu. CRI désire donc modifier le plan de gestion des résidus prévu durant la phase d'exploitation du projet afin de permettre le dépôt de ces résidus supplémentaires dans la fosse Expo dès 2022, et ce jusqu'en 2024. La présente demande vise à répondre aux exigences de l'article 201 de la LQE.

Nous tenons à préciser que cette demande n'adresse pas la production de résidus qui seraient issus de l'exploitation de futurs gisements pas encore autorisés au projet. Ceux-ci seront adressés dans une demande de modification ultérieure. La capacité de la fosse Expo est amplement suffisante puisque celle-ci pourrait en théorie accueillir des résidus jusqu'en 2028.

Cadre législatif et historique des permis, attestations et autorisations délivrées

La propriété est localisée sur le territoire visé par la procédure d'évaluation et d'examen des impacts en milieu nordique au nord du 55e parallèle comme défini au chapitre ll de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE). Lors de l'étude d'impact sur l'environnement et le milieu social (avril 2007, section 3.2), deux variantes d'emplacement ont été analysées pour le parc à résidus miniers et à stériles, la première située au nord de la fosse Expo et la deuxième au sud. La première variante a été retenue et intégrée au concept minier préliminaire notamment pour réduire les coûts et les émissions atmosphériques de polluants liés au transport, mais aussi, car cet emplacement offrait l'avantage de pouvoir disposer des résidus miniers dans la fosse Expo, limitant ainsi l'empreinte au sol en utilisant la fosse existante pour entreposer les résidus.

Le concept retenu et présenté dans l'EIES en vue de l'obtention du CA Global impliquait qu'à la fin de l'exploitation du gisement Expo, la fosse servirait à recueillir les résidus miniers de l'exploitation du gisement Méquillon. Par la suite, le dépôt des résidus dans la fosse a été précisé dans la demande de certificat d'autorisation pour les activités d'exploitation minière en vertu de l'article 22 soumise au mois de novembre 2010 (section 5.6.7.1) et obtenu par le MELCC le 20 juillet 2011. Le plan gestion des résidus prévoyait alors leur dépôt dans la fosse à la huitième année d'exploitation, suite au remplissage des cellules existantes.

Depuis, plusieurs addendas à l'étude d'impact ont été réalisés et diverses modifications au CA global ont été émises notamment pour l'ajout des gisements Allammaq, Puimajuq et Expo Ouest, l'augmentation du taux de traitement de minerai à 4 500 tonnes par jour, l'élargissement des routes, le déplacement du bassin collecteur et du point de rejet de la mine satellite Méquillon et l'exploitation de différentes carrières et sablières. Tout dépôt additionnel relié à de nouveaux gisements, s'il-y-a lieu, sera intégré à une demande de modification qui sera soumise à cet effet.

Identification du requérant

Canadian Royalties Inc.

Correspondance

Siège social
800, boul. René-Lévesque Ouest, bureau 410
Montréal (Québec) H3B 1X9
Téléphone : (514) 879-1688
Télécopieur : (514) 879-1795
Courriel : info@canadianroyalties.com

Personne responsable

M. Stéphane Twigg
Surintendant Environnement
Téléphone : (514) 629-7952
Courriel : stephane.twigg@canadianroyalties.com

Une copie de la résolution du conseil d'administration de la Société minière Canadian Royalties Inc. autorisant monsieur Stéphane Twigg à prendre les engagements nécessaires pour l'obtention des certificats d'autorisation et à présenter la demande, est jointe à l'annexe 1. De plus, une copie du formulaire « Déclaration du demandeur ou du titulaire » dûment signé, est jointe à l'annexe 2.

2. Demande de modification au certificat d'autorisation 3215-14-007

Localisation

Le PNNi se situe à l'extrême nord de la province de Québec, au Nunavik. Plus précisément, le PNNi, englobant actuellement six gisements (Expo, Mesamax, Méquillon, Ivakkak, Allammaq et Puimajuq), est situé à environ 80 km à l'ouest de Kangiqsujuaq, 140 km au sud-est de Salluit et à environ 20 km au sud de Katinniq. Le complexe minier est situé au nord du parc National des Pingualuit. Vous trouverez, à l'annexe 3 la localisation de la fosse Expo.

Le projet se trouve dans le bassin versant de la rivière Puvirnituq et il se situe sur des terres de catégorie III, soit des terres assujetties à la Convention de la Baie-James et du Nord québécois où l'exploitation de ressources minières est permise.

Les coordonnées géographiques centrales (Degrés, NAD 83) de la fosse Expo sont les suivantes :

- Latitude 61° 33' 19.75''
- Longitude 73° 26' 57.44''

Justification des modifications proposées pour la gestion des résidus

La durée de vie de production de résidus miniers est dorénavant estimée à environ 10 Mm3, soit environ 14,90 Mt au total pour une opération jusqu'en octobre 2024.

La capacité totale de stockage des cellules d'élimination des résidus actuelles 1 et 2 est d'environ 8.10 Mm3. En date du 26 août 2019, le volume d'occupation des cellules était de 4,92 Mm3. La capacité de stockage résiduelle dans les cellules est donc d'environ 3,18 Mm3 (4,72 Mt).

Basée sur la production de minerais anticipée, la capacité de stockage des cellules 1 et 2 sera atteinte en juillet 2022. Également, lorsque les cellules seront près du remplissage complet, il est envisagé de devoir

arrêter le déchargement dans ces cellules pour terminer le pompage de l'eau résiduelle avant de pouvoir reprendre le déchargement dans les cellules jusqu'à remplissage complet. Cette flexibilité opérationnelle permet d'optimiser le remplissage des deux cellules fait en sorte de devoir anticiper un début du dépôt de résidus dans la fosse Expo dès le début du mois de mai 2022.

Le rapport de conception du parc à résidus du site Expo, (Golder, septembre 2020) décrit le projet et les justifications. Ce rapport est présenté à l'annexe 4.

Selon la réserve de minerai avérée actuellement, soit pour une durée de vie de production jusqu'en 2024, la production de minerais générera un surplus de résidus estimé à 1,96 Mm3 (2,91 Mt). CRI souhaite donc gérer ce surplus de résidus en les déposant dans la fosse Expo adjacente. La production projetée de résidus provenant de gisements autorisés est présentée au tableau ci-dessous.

Tableau : Production annuelle de résidus

Année	Minerais	Résidus		Résidus déposés dans les cellules 1 et 2		Résidus déposés dans la fosse Expo	
	(t)	(t)	(m^3)	(t)	(m^3)	(t)	(m^3)
2019	686 320	624 252	445 894	686 320	445 894	0	0
2020	1 647 000	1 498 052	1 070 037	1 647 000	1 070 037	0	0
2021	1 642 500	1 493 959	1 067 114	1 642 500	1 067 114	0	0
2022	1 642 500	1 493 959	1 067 114	746 980	533 557	746 980	533 557
2023	1 642 500	1 493 959	1 067 114	0	0	1 642 500	1 067 114
2024	1 388 524	1 262 952	902 108	0	0	1 388 524	902 108
Total	**8 649 344**	**7 867 134**	**5 619 381**	**4 722 800**	**3 116 602**	**3 778 004**	**2 502 779**

Options envisagées et option choisie

Tel que mentionné plus haut, le concept retenu et présenté précédemment dans l'EIES en vue de l'obtention du CA Global (avril 2007) et le plan gestion des résidus prévu dans la demande de certificat d'autorisation pour les activités d'exploitation minière en vertu de l'article 22 (obtenu le 20 juillet 2011) prévoyaient le dépôt de résidus dans la fosse à un certain point dans l'échéancier des opérations.

L'option alternative serait l'ajout d'une autre cellule au parc à résidus existant. Elle impliquerait :

- Une empreinte d'occupation du sol supplémentaire permanente.
- Une construction de structure plus complexe, nécessitant l'installation de digue en stériles importées des gisements satellites ou la production de matériel concassé dans une carrière autorisée ainsi que l'installation d'un système de géomembrane et d'un exutoire.
- L'émission de GES et contaminants atmosphériques supplémentaires pour la construction et notamment pour le transport des stériles vers le site Expo.
- Aucun gain sur la restauration et la stabilisation de la fosse expo.

La gestion des résidus miniers supplémentaires dans la fosse du gisement Expo s'est donc présentée comme étant la solution la plus avantageuse, puisqu'il s'agit de celle qui minimise le plus les impacts environnementaux tout en étant la moins coûteuse.

Propriété de la fosse

Selon le rapport de Golder (2020), la fosse Expo a une longueur d'environ 930 m, une largeur d'environ 380 m et une profondeur d'environ 110 m. Le fond de la fosse est situé à une élévation de 460 m tandis que l'élévation la plus basse le long du rebord de la fosse est de 535.4 m.

CRI estime que les murs de la fosse seront formés à 57 % de Métasédiments, à 32 % de Péridotite et à 11 % de sulfure. Il est à noter que les unités lithologiques des Métasediments et de la Péridotite sont toutes deux considérées comme ayant un potentiel de génération d'acide et de lixiviation des métaux.

Propriété des résidus

Les résidus miniers qui seront entreposés dans la fosse présentent également un potentiel de génération d'acide et de lixiviation des métaux. L'eau de contact est acide et contient des concentrations élevées de sulfate et de divers métaux. Bien que les résidus rejetés de l'usine de traitement du minerai devraient être neutres (à cause de l'ajout de chaux), l'eau contrôlée du bassin de résidus est acide en raison de processus géochimiques dans l'étang. Les résidus déposés dans la fosse Expo pourraient donc également générer de l'acidité. La sous-section suivante (Méthode de remplissage et de restauration) ainsi que la section 4 (Mesure d'atténuation, surveillance et suivi) présentent les méthodes qui seront utilisées pour contrer le DMA.

Méthode de remplissage et de restauration

Actuellement, les résidus sont pompés dans les cellules subaériennes 1 et 2. Le dépôt des résidus sera réalisé dans la fosse Expo similairement à ce qui est présentement autorisé pour les cellules. En effet, les résidus devraient être déchargés à deux points d'embouchure situés aux extrémités ouest et est de la fosse à ciel ouvert. Les résidus seront cependant déposés sous l'eau, car la fosse servira de stockage pour les eaux résiduaires des cellules 1 et 2 avant le début du dépôt de résidus en 2022. La fosse sera ensuite remplie de résidus jusqu'à une élévation d'environ 484 m, soit sur une épaisseur d'environ 35 m comptant pour plus de 1,96 Mm^3 (2,91 Mt).

À la fin de l'exploitation, le surnageant au-dessus des résidus sera traité par l'unité de traitement des eaux présente au complexe industriel Expo. Par la suite, les résidus de la fosse seront immergés par 50 m d'eau en provenance du lac Bombardier pour atteindre une élévation d'environ 535 m au total soit la plus basse élévation le long du bord de la fosse.

Cette méthode d'ennoiement des résidus permet de réduire considérablement le potentiel d'oxydation des résidus et la lixiviation des métaux. La couverture en eau réduit la quantité d'oxygène disponible pour les minéraux sulfurés des résidus. La méthode repose sur une faible solubilité de l'oxygène dans l'eau comparée à celle de l'air.

Puisque les mesures de restaurations doivent être revues par le MERN, une mise-à-jour du plan de restauration adressant les considérations relatives à la fermeture de la fosse suite à la présente modification du mode de gestion des résidus a été soumis au MERN parallèlement à cette demande. Suivant le processus usuel, le MERN demandera alors l'avis du MELCC sur le document avant qu'une approbation finale du plan ne soit donnée. À titre indicatif, un résumé des points saillants concernant les mesures de restauration prévues pour la fosse Expo est présenté à l'Annexe 8. Des détails sont également disponibles dans le rapport de conception de l'annexe 4.

Stabilité des parois de la fosse

Des analyses de stabilité des parois de la fosse durant diverses phases de déposition des résidus ont été réalisées (Golder, 2020). Les analyses considèrent différents stages du remplissage de la fosse en assumant que les conditions des roches ultramafiques et des métasédiments sont complètement saturées.

Les modes de ruptures circulaires et non-circulaires ont tous deux été analysés. Les ruptures non-circulaires ont produit les résultats les plus bas, surtout dans les cas où les ruptures se produiraient le long de la strate des métasédiments. Le facteur de sécurité calculé de 1,2 se maintient au-dessus du facteur minimum requis, ce qui confirme la stabilité de la fosse. Le facteur de sécurité le plus bas a été obtenu avant le début du remplissage de la fosse avec les résidus miniers, et augmente au fur et à mesure que la fosse se remplit. En effet, la présence de ceux-ci augmente la stabilité générale des parois de la fosse. Les résultats détaillés de cette analyse de la stabilité des parois de la fosse Expo se trouvent à l'Annexe F du rapport de Golder (2020).

Considérations par rapport au climat du milieu

Hydrogéologie

L'étude d'impact de 2007 (Génivar) démontrait que les températures froides maintiennent un pergélisol froid et continu dans cette région. L'écoulement des eaux souterraines en milieu de pergélisol est très différent de celui observé dans les régions sans pergélisol. Étant donné que le pergélisol constitue une couche imperméable, le mouvement des eaux souterraines est restreint exclusivement aux zones de taliks durant l'année ou à l'intérieur du mollisol non gelé durant l'été. L'eau interstitielle présente dans les fissures du roc et dans les dépôts de surface est gelée toute l'année sauf en période de dégel saisonnier, pour une épaisseur du mollisol se limitant aux 2 à 3 premiers mètres. L'écoulement de l'eau à l'intérieur du mollisol se fait préférentiellement en direction de la pente en suivant la microtopologie que forme le front de dégel lors de sa progression dans le sol durant la saison estivale.

L'étude de Golder (2020) inclut aussi une analyse et modélisation thermique des résidus miniers pour évaluer les effets de leur déposition dans la fosse Expo sur le pergélisol autour et sous la fosse. Des modèles transitoires bidimensionnels ont été réalisés pour le fonctionnement et les conditions post-fermeture en tenant compte du changement climatique sur une période de 100 ans.

Les résultats du modèle montrent que le dépôt de résidus à l'intérieur de la fosse et leur immersion par le remplissage de la fosse avec de l'eau entraînera le dégel du pergélisol jusqu'à une profondeur d'environ 22 m sous la base de la fosse. Les modèles ont également montré que le sol entre la fosse Expo et les cellules de résidus restera principalement gelé, ce qui empêcherait l'écoulement des eaux souterraines entre la fosse Expo et les zones de résidus. Bien que le pergélisol se réchauffe progressivement à long terme, les modèles ont montré que l'étendue de cette zone non gelée n'augmenterait pas significativement sur une période de 100 ans. Les figures présentant la modélisation du pergélisol sont présentées à l'annexe E du rapport de conception.

Précipitations

Toujours selon le rapport de Golder (2020), la moyenne de précipitations annuelles pour le site de 1981 à 2019, incluant la pluie et l'équivalent en neige, est estimée à 600 mm, avec un maximum de précipitations moyennes de 103 mm atteint au mois de juillet. Il a été estimé dans l'étude d'impact que l'effet des changements climatiques pourrait faire augmenter les précipitations annuelles d'environ 10 % dans le nord du Québec (Génivar, 2007);

3. Identification et évaluation des impacts

Dans le cadre des travaux visés par la présente demande d'autorisation, aucun impact supplémentaire sur le milieu naturel n'est envisagé. Le plan de gestion des résidus dans la fosse à ciel ouvert et l'ennoiement des résidus est l'option minimisant le plus les impacts sur l'environnement. Au niveau des résidus, seule la destination finale des résidus miniers sera modifiée. Les résidus miniers sont présentement accumulés dans un parc à résidus et seront aussi accumulés dans la fosse Expo existante. Le procédé acheminant les résidus miniers restera le même, seules de nouvelles conduites sur les milieux déjà impactés seront mises en place. Ainsi, aucun effet supplémentaire sur le milieu naturel n'est anticipé. L'ajout des résidus dans la fosse a un effet positif la stabilité de parois de la fosse. De plus, les risques reliés à la migration de l'eau souterraine sont limités par la présence de pergélisol qui isole la fosse de son milieu. Ce mode de gestion a des effets limités sur les émissions atmosphériques et les GES de CRI.

4. Mesure d'atténuation, surveillance et suivi

CRI mettra en place des mesures de mitigation, de surveillance et de suivi pour s'assurer que le mode de gestion des résidus dans la fosse et son ennoiement est efficace et qu'elle le demeure pour contrer le drainage minier acide (DMA).

Mesure d'atténuation

Lors de l'élaboration du mode de gestion des résidus dans la fosse, CRI a procédé à des modélisations pour s'assurer de contrôler le DMA et respecter les critères applicables. En effet, la modélisation a démontré que le maintien d'une dureté de l'eau de la fosse à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ permet de limiter le DMA et assure que le rejet du trop-plein vers l'affluent de la rivière Puvirnituq respecte les critères applicables. Le maintien de la dureté se fera par ajout d'amendement chimique (e.i. : chlorure de calcium) à la fosse.

Il est à noter qu'un plan de restauration fait présentement l'objet d'une révision afin d'inclure la gestion des résidus dans la fosse.

Surveillance du parc à résidus

La surveillance sera effectuée conformément à la « procédure de surveillance des installations minières, et de gestion des résidus, des stériles et des eaux (PRO-NMIN-1505-01a-F, annexe 5).

Programme de suivi

Pendant la période d'exploitation, soit la période de remplissage de la fosse le suivi du DMA se poursuivra tel que précisé dans le suivi 27 du Plan de Suivi Environnemental de CRI (annexe 6). En post-opération CRI mettra en place un suivi environnemental pour s'assurer que bon fonctionnement des mesures en place.

5. Communications avec les partenaires

Comité Nunavik Nickel

Le PNNi comporte une entente spécifique sur les répercussions et les avantages pour les Inuits (plus connue sous l'acronyme IBA pour *Impact and Benefit Agreement*), la *Nunavik Nickel Agreement*, entre la Société Makivik, la corporation foncière Nunaturlik du village nordique de Kangiqsujuaq, la corporation foncière

Qarqalik du village nordique de Salluit, le village nordique de Puvirnituq et Canadian Royalties Inc. Elle adresse notamment le volet communications du projet tout au long de sa durée de vie. Ainsi le *Comité Nunavik Nickel* (CNN) composé des membres signataires (4 membres des parties Inuits et 4 membres de CRI) se réunit sur une base bisannuelle afin de discuter des nombreux enjeux reliés aux PNNi. De plus, un agent de liaison Inuit employé par CRI assure le suivi des communications avec les communautés. En 2019, le CNN s'est rencontré le 3 mai ainsi que le 4 novembre au site du PNNi. Des aspects sociaux, environnementaux et techniques reliés aux opérations et à l'administration de l'Entente y ont été discutés. Les modifications au plan de gestion des résidus miniers ont été présentées lors de la rencontre du 11 décembre 2020 (annexe 7).

Programme de communication et de suivi avec les communautés

Un programme de communication et de suivi avec les communautés a été mis en place dans le cadre des conditions émises par notre CA global et les deux suivis qui découlent de ces conditions sont intégrés à notre programme de suivi environnemental. Les résultats de ces suivis sont présentés annuellement dans le cadre du rapport de suivi du PNNi, soumis aux parties prenantes.

En 2019, le département de l'environnement, de concert avec l'agent de liaison Inuit, a repris l'organisation de visites au sein des communautés visées par l'Entente. Une visite a eu lieu le 22 janvier 2020 entre le village nordique de Puvirnituq et Canadian Royalties Inc. Lors de cette visite, deux membres du département de l'Environnement (dont une est Inuit) ont présenté une synthèse du PNNi, soit les projets en cours, ceux en développement, et ceux à venir, ainsi que les suivis environnementaux des bilans en matière d'environnement. Il est à noter que les activités prévues lors de ces visites sont discutées lors des réunions du comité Nunavik Nickel et le rapport annuel des suivis environnementaux est transmis aux membres de ce même comité. Aussi, le surintendant environnement a été présent lors du Kuujjuaq Mining Workshop tenu au printemps 2019. Ce forum est une occasion de rencontrer, sur une base informelle, plusieurs membres des communautés visées par l'Entente et d'établir des liens. Les visites qui étaient prévues à Salluit et Wakeham n'ont malheureusement pas pu être effectuées en raison de la pandémie Covid-19 en cours.

Le transfert d'informations entre CRI, les parties prenantes et les communautés visées, via le comité Nunavik Nickel, est en processus d'amélioration continue. CRI maintient une approche ouverte et transparente, non seulement en ce qui a trait aux questions environnementales, mais aussi concernant les futurs projets en développement. Nous souhaitons que l'embauche en 2017 de l'agent de liaison Inuit favorise le maintien d'un dialogue ouvert et transparent entre les parties prenantes et améliore la communication et la rétroaction avec les communautés. CRI souhaite la satisfaction des membres Inuits face aux communications de nos résultats et conséquemment, est ouvert à toute proposition pour en améliorer le mécanisme de diffusion.

En espérant le tout conforme, je vous prie de recevoir, Monsieur, nos salutations distinguées.

Stéphane Twigg
Surintendant Environnement

c.c. (correspondance électronique) :
Mme Marie-Michelle Vézina – MELCC

Liste des annexes en pièces-jointes

Annexe 1 : Copie de la Résolution du conseil d'administration de CRI, 11 septembre 2019

Annexe 2 : Copie de la Déclaration du demandeur ou du titulaire, 12 septembre 2019

Annexe 3 : Carte 1 – Localisation du projet (Golder), 22 décembre 2020

Annexe 4 : Rapport de conception du parc à résidus du site Expo (Golder), 22 décembre 2020

Annexe 5 : Procédure de surveillance des installations minières, de gestion des résidus, des stériles et des eaux (CRI), 2020

Annexe 6 : Programme de suivi environnemental version 4 – Suivis 27 (WSP), juin 2015

Annexe 7 : Réunion du comité NNC (IBA), 11 décembre 2020

Annexe 8 : Points saillants de la restauration projetée pour la fosse Expo

ANNEXE 1

Copie de la Résolution du conseil d'administration de CRI, 11 septembre 2019

(En pièce-jointe)

CANADIAN ROYALTIES INC.

The undersigned, being the sole shareholder of CANADIAN ROYALTIES INC. (the "**Corporation**"), hereby consents to the following resolution:

AUTHORIZATION TO SIGN DOCUMENTS PURSUANT TO EACH OF THE ENVIRONMENT QUALITY ACT (CQLR C. Q-2) AND THE MINING ACT (CQLR C. M-13.1) AND ALL FEDERAL LAWS REGARDING ENVIRONMENTAL MATTERS

WHEREAS it is desirable that the Corporation adopt a resolution authorizing the Superintendent-Environment of the Corporation to sign on its behalf documents pursuant to each of the *Environment Quality Act* (CQLR C. Q-2), as amended, and the *Mining Act* (CQLR C. M-13.1), as amended, and all federal laws regarding environmental matters;

WHEREAS pursuant to a unanimous shareholder's declaration signed November 2, 2018 by JIEN INTERNATIONAL INVESTMENT LTD. ("**JIIL**"), the sole shareholder of the Corporation, the powers of the directors of the Corporation have been suspended to the fullest extent permitted by law, and therefore resolutions that would otherwise be adopted by the directors of the Corporation must be signed by JIIL;

NOW, THEREFORE, BE IT RESOLVED:

TO AUTHORIZE Mr. Stephane Twigg, Superintendent-Environment for the Corporation, to perform and to do all acts or things as, in his sole discretion, he deems necessary or desirable in order to ensure the Corporation is in compliance with all applicable environmental laws, including the execution and/or filing of any related government forms, including without limiting the generality of the foregoing, the execution and/or filing of any forms or other documents required pursuant to each of the *Environment Quality Act* (CQLR C. Q-2), as amended, and the *Mining Act* (CQLR C. M-13.1), as amended, and all federal laws regarding environmental matters.

DATED as of the 11th day of September, 2019.

JIEN INTERNATIONAL INVESTMENT LTD.

By: _____
James Xiang
Director

ANNEXE 2

Copie de la Déclaration du demandeur ou du titulaire, 12 septembre 2019

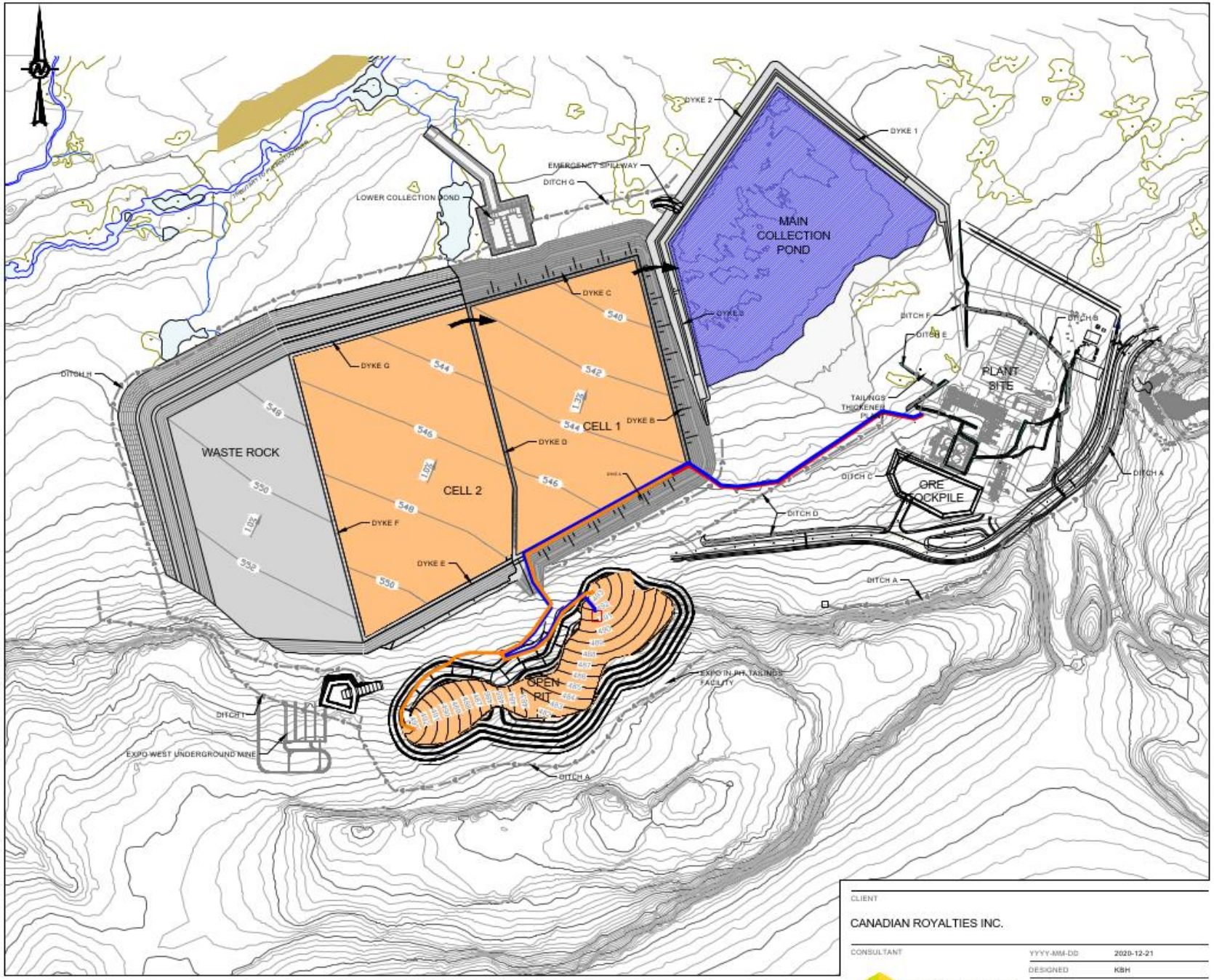
(En pièce-jointe)

Le registraire a supprimé ces informations en vertu des articles 53 et 54 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (chapitre A-2.1).

ANNEXE 3

Carte 1 – Localisation du projet (Golder), 22 décembre 2020

(En pièce-jointe)



END OF MINE LIFE PLAN VIEW

LEGEND:

- LAKE / RIVER
- POND
- DYKE
- 544 DEPOSITED TAILINGS CONTOURS
- GROUND SURFACE CONTOURS
- EXISTING DITCHES
- WATER PIPELINE TO MILL
- 6-INCH SCH.80 CARBON STEEL PIPE
- 8-INCH RD9 4710 HDPE PIPE

NOTES:

1. ALL ELEVATIONS AND GRID CO-ORDINATES SHOWN ARE METRIC.

REFERENCE:

1. BASE DATA IS FROM CANADIAN ROYALTIES INC., 2007.
2. PROJECTION: TRANSVERSE MERCATOR DATUM: NAD 83 COORDINATE SYSTEM: UTM ZONE 18N.
3. PLANT SITE IS PROVIDED BY CRI Feb. 2011, FILE NAME 510_G_0100_0F.dwg.

NOT FOR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY

0 250 500

1:10,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

PROJECT

NUNAVIK NICKEL MINE

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD	2020-12-21
DESIGNED	KBH
PREPARED	FZG
REVIEWED	YB
APPROVED	WPM

TITLE

EXPO IN-PIT TAILINGS FACILITY AND PIPELINE GENERAL ARRANGEMENT PLAN

PROJECT NO.	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	1

ANNEXE 4

Rapport de conception du parc à résidus du site Expo (Golder), décembre 2020

(En pièce-jointe)

RAPPORT

Conception du parc à résidus du site Expo

Mine Nunavik Nickel, Québec

Soumettre à :

Canadian Royalties Inc.
Steve Quessy, chef de service, projets à long terme
800, boul. René Lévesque Ouest, bureau 410
Montréal, Québec
H3B 1X9

Proposé par :

Golder Associates Ltd.
6925 Century Avenue, bureau 100, Mississauga, Ontario, L5N 7K2, Canada

+1 (905) 567 4444

19117253 (3000)-Rev 0

22 décembre 2020

Liste de distribution

1 version électronique : Canadian Royalties Inc.

1-version électronique : Golder Associates Ltd.

Table des matières

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 CONTEXTE DU SITE 1

2.1 Emplacement du site 1

2.2 Météorologie 1

2.3 Géologie 2

2.4 Hydrogéologie 2

3.0 CONTEXTE DU PROJET 3

3.1 Plan de production des résidus miniers 3

3.2 Parc à résidus existant 4

3.2.1 Description des cellules 1 et 2 4

3.2.2 Capacité de stockage 4

3.2.3 Caractéristiques des résidus 4

3.2.4 Paramètres de déposition des résidus 5

3.3 Fosse Expo 5

4.0 PARC À RÉSIDUS DE LA FOSSE 5

4.1 Données opérationnelles 5

4.2 Conséquences des risques 6

4.3 Dépôt de résidus 6

4.4 Circuit de livraison et de distribution des résidus 6

4.5 Circuit d'eau de retour 7

4.6 Plan de fermeture 7

5.0 ANALYSES DE CONCEPTION 8

5.1 Analyse de la consolidation des résidus 8

5.2 Bilan hydrique 8

5.3 Qualité de l'eau 8

5.4 Analyses thermiques 9

5.5 Évaluation hydrogéologique 10
5.6 Analyse de la stabilité de la pente de la fosse 10
5.7 Canal du déversoir et d'écoulement de sortie 10
6.0 CONCLUSIONS 11

TABLEAUX

Tableau 1 : Durée de vie restante de la production de résidus miniers (août 2019 à octobre 2024) 3
Tableau 2 : Données opérationnelles et de dépôt de résidus pour le parc à résidus de la fosse Expo 5
Tableau 3 : Résultats de dimensionnement du canal d'écoulement 11

GRAPHIQUES

Graphique 1 : Registres des thermistances sur le site Expo 2
Graphique 2 : Distribution granulométrique des résidus 4

FIGURES (après le texte)

Figure 1 : Plan d'aménagement général et du pipeline du parc à résidus de la fosse Expo
Figure 2 : Résidus du site Expo – Fin de l'année 2019
Figure 3 : Résidus du site Expo – Fin de l'année 2020
Figure 4 : Résidus du site Expo – Fin de l'année 2021
Figure 5 : Résidus du site Expo – Fin de l'année 2022
Figure 6 : Résidus du site Expo – Fin de l'année 2023
Figure 7 : Résidus du site Expo – Année 2024 (fin du dépôt)
Figure 8 : Résidus du site Expo – Année 2033 (fin de l'ennoyage accéléré)
Figure 9 : Coupes transversales des cellules 1 et 2 et de la cellule de résidus de la fosse

ANNEXES

ANNEXE A
Données météorologiques

ANNEXE B
Consolidation des résidus

ANNEXE C
Bilan hydrique

ANNEXE D
Analyse de la qualité d'eau

ANNEXE E
Analyse thermique

ANNEXE F
Stabilité de la pente de la fosse Expo

ANNEXE G
Dimensionnement du déversoir et du canal d'écoulement

Ce rapport a été originalement écrit en anglais et traduit en français par la suite. En cas de divergence entre les versions anglaise et française du présent rapport, Golder Associés Ltée devra être avisé et fournira des précisions par écrit.

1.0 INTRODUCTION

Canadian Royalties Inc. (CRI) possède et exploite une mine de nickel située au Nunavik dans le nord du Québec. La mine possède deux cellules d'élimination des résidus de surface avec géomembrane sur le site Expo. Golder Associates Ltd. (Golder) a été retenue par CRI pour évaluer la faisabilité de l'élimination des résidus à la fosse Expo une fois que les deux cellules de résidus seront remplies et que l'exploitation de la fosse à ciel ouvert aura cessé.

Ce rapport présente un résumé des différentes études réalisées pour démontrer la faisabilité de l'élimination des résidus dans la fosse Expo. Les études comprennent la modélisation unidimensionnelle de la consolidation des résidus, le plan de déposition des résidus, le bilan hydrique, la prévision de la qualité de l'eau, la modélisation thermique, la revue de la stabilité de la paroi de la fosse et l'évaluation hydrogéologique.

2.0 CONTEXTE DU SITE

2.1 Emplacement du site

La mine Nunavik Nickel est une mine de nickel et de cuivre située sur la péninsule d'Ungava, dans le nord du Québec, à 61° 32' de latitude nord et 73° 28' de longitude ouest. Le site est à environ 120 km à l'intérieur des terres de la baie Déception.

Le site minier se trouve au nord de la limite forestière dans la région arctique. La topographie de la région se compose de collines basses avec des rivières et des bassins peu profonds. Le site est couvert de végétation de toundra naine.

2.2 Météorologie

Les données météorologiques du site minier sont fournies à l'annexe A et résumées ci-après.

Le projet se situe dans la région arctique qui a huit mois d'hiver rigoureux (entre septembre et mai) et quatre mois d'été. La température annuelle moyenne basée sur la station Katinniq (2000 à 2005) est de - 9,5 °C. Janvier et février sont les mois les plus froids avec des températures moyennes mensuelles de - 29,2 °C et - 27,8 °C, et juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 7,9 °C.

Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 600 mm (environ la moitié sous forme de neige), et les précipitations mensuelles les plus élevées en juillet, août et septembre sont d'environ 90 mm par mois. Les précipitations annuelles basées sur une période de retour de 100 ans (humide et sec) sont de 870 mm et 403 mm, respectivement. Les précipitations de retour de 100 ans sur 24 heures sont estimées à 58,4 mm. La précipitation maximale probable (PMP) estimée sur 24 heures est de 207 mm (Golder 2012).

Le site minier est assez venteux, avec une vitesse annuelle moyenne du vent d'environ 18,4 km/h (station météorologique du site Expo). Les directions principales des vents proviennent du nord-ouest, du sud-est et de l'ouest-sud-ouest. Des rafales allant jusqu'à 100 km/h sont fréquentes sur le site.

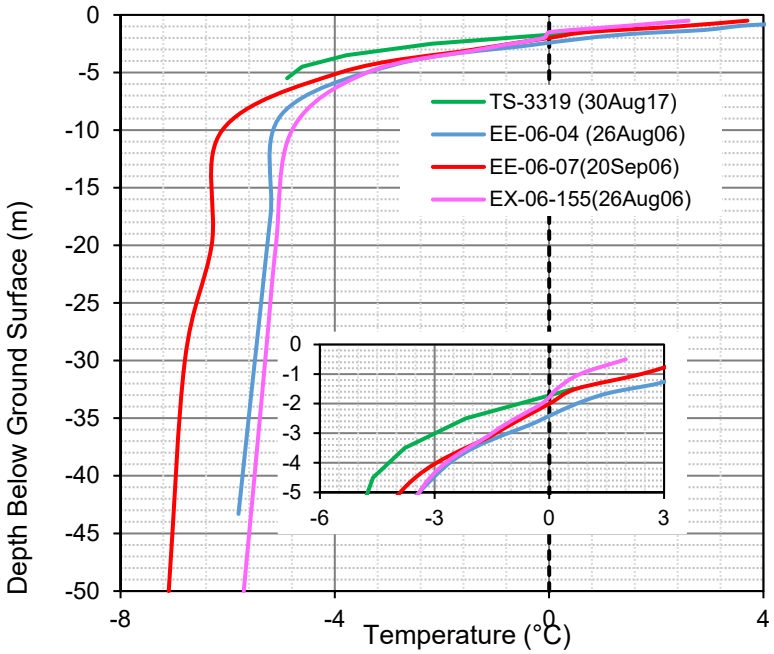
2.3 Géologie

Le site minier est situé dans la région de la ceinture d'Ungava (également connue sous le nom de ceinture de Cape Smith) du Bouclier canadien. La ceinture de 50 km de largeur se situe entre la province tectonique du Supérieur au sud et la province tectonique Hearne au nord, et traverse toute la région de la péninsule d'Ungava au Nunavik, de la baie James à l'océan Atlantique. La ceinture se caractérise par des plissements et des failles inverses associées à l'orogène d'Ungava, survenues au cours du Paléoprotérozoïque, il y a 2,04 à 1,83 milliard d'années.

La géologie quaternaire se compose principalement de tills glaciaires et de dépôts glaciomarins à fluvio-glaciaires, généralement décrits comme ayant une épaisseur comprise entre environ 1 m et 3 m (carte de la géologie de surface, feuille nº 1863A, NRC, 1997). Le dépôt glaciaire est décrit comme étant constitué de quantités variables de limon, de sable et de gravier avec de fréquents blocs de roche. Le substrat rocheux sous-jacent du mort-terrain comprend le groupe de Puvirnituq (basalte, sédiment volcanoclastique, rhyolite, semi-pélite mineure et grès). La partie supérieure du substrat rocheux est fortement fracturée et les fissures sont remplies de mort-terrain.

2.4 Hydrogéologie

Le projet se situe dans la zone arctique de pergélisol continu. Les températures du sol dans le pergélisol varient généralement entre - 4 °C et - 7 °C. Le pergélisol régional atteindrait jusqu'à 400 m de profondeur. La zone de pergélisol est essentiellement imperméable. La couche active, qui dégèle en été, a une épaisseur de 1,5 à 2,5 m comme le montre le graphique 1. Les courbes couvrent la période de fin août à début septembre, lorsque la zone active est la plus épaisse. Les eaux souterraines peuvent s'écouler, sur une déclivité descendante, à travers la zone active pendant les mois d'été. Lors de la fonte printanière, une couche de glace peut se former à la base de la couverture neigeuse, sur un sol gelé à faible perméabilité, et l'eau peut alors s'écouler le long de cette couche.



Graphique 1 : Registres des thermistances sur le site Expo

3.0 CONTEXTE DU PROJET

L'usine de traitement et la plupart des infrastructures de la Mine sont situées au site Expo. Le plan d'aménagement général du site Expo est illustré à la figure 1. Le site possède une installation intégrée d'élimination des résidus miniers et des stériles couvrant une superficie totale de 110 ha. L'installation comprend deux cellules d'élimination des résidus avec géomembrane (cellules 1 et 2) et une cellule d'élimination des stériles.

3.1 Plan de production des résidus miniers

La Mine possède une série de gisements de minerai (Expo, Mésamax, Allamaq, Méquillon, Ivakkak et Puimajuq) qui s'étendent sur une distance de 60 km. La mine a commencé ses activités au premier trimestre de 2013. Le gisement Mesamax ainsi que le gisement Expo ont été exploités à ciel ouvert. Présentement, le gisement Méquillon est exploité à ciel ouvert et le gisement Allamaq par exploitation souterraine. Ivakkak et Puimajuq seront exploités par le biais d'une méthode d'extraction à ciel ouvert. Un nouveau gisement potentiel a récemment été découvert à l'ouest de la fosse Expo et sera exploité par extraction souterraine.

La réserve totale de minerai des six gisements est d'environ 14,90Mt. La mine possède également 2,02 Mt de ressources minérales supplémentaires, qui pourraient être converties en réserve de minerai après des forages de définition supplémentaires. Le minerai de chaque gisement sera transporté par camion jusqu'au site Expo pour traitement. Le minerai est traité à un taux nominal de 4 500 t/j. La durée de vie de la production de résidus miniers est d'environ 14,88 Mt, en présumant un ratio résidus/minerai de 0,8796.

Le broyage à l'usine de traitement a débuté en mars 2013 et s'étendra jusqu'en octobre 2024. Du début de l'exploitation jusqu'au 26 août 2019, environ 8,27 Mt de minerai ont été traitées par le broyeur du site Expo et environ 7,34 Mt de résidus ont été générées. La durée de vie restante du minerai et des résidus miniers est respectivement d'environ 8,65 Mt et 7,61 Mt, comme indiqué au tableau 1.

Tableau 1 : Durée de vie restante de la production de résidus miniers (août 2019 à octobre 2024)

Année	Minerai	Total des résidus		Résidus des cellules 1 et 2		Résidus de la fosse Expo	
	(t)	(t)	(m^3)	(t)	(m^3)	(t)	(m^3)
2019	686 320	603 672	406 995	603 672	406 995	0	0
2020	1 647 000	1 448 666	976 689	1 448 666	976 689	0	0
2021	1 642 500	1 444 708	974 020	1 444 708	974 020	0	0
2022	1 642 500	1 444 708	974 020	1 203 923	811 683	240 785	162 337
2023	1 642 500	1 444 708	974 020	-	-	1 444 708	974 020
2024	1 388 524	1 221 316	823 410	-	-	1 221 316	823 410
Total	**8 649 344**	**7 607 778**	**5 129 154**	**4 700 969**	**3 169 387**	**2 906 809**	**1 959 767**

Les récentes activités d'exploration indiquent que la vie de la Mine pourrait s'étendre au-delà de 2024. La conception du parc à résidus miniers dans la fosse sera actualisée une fois la réserve de minerai confirmée.

3.2 Parc à résidus existant

3.2.1 Description des cellules 1 et 2

Les résidus sont déposés dans la cellule 1 depuis 2013 et dans la cellule 2 depuis 2016.

3.2.2 Capacité de stockage

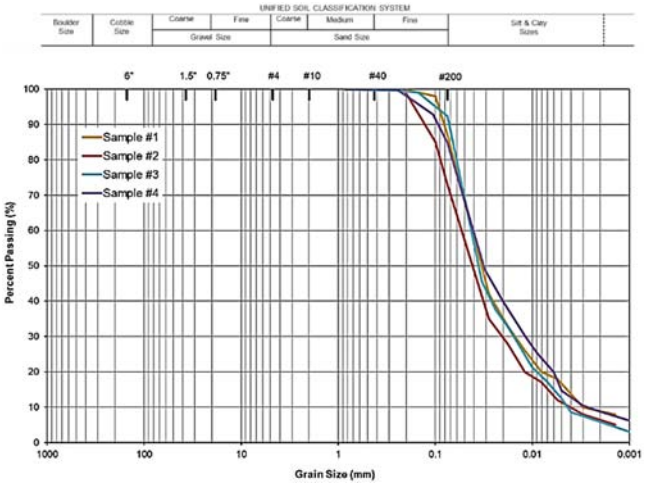
Selon la stratégie actuelle de dépôt des résidus suivie par CRI, la capacité combinée de stockage des résidus des cellules 1 et 2 de la fosse Expo est d'environ 8,10 M m^3; la cellule 1 seule peut stocker jusqu'à 3,35 M m^3 et la cellule 2 jusqu'à 4,75 Mm^3. Le 26 août 2019, CRI a réalisé une étude par drone des plages de résidus et une étude bathymétrique des bassins de résidus. D'après les données des relevés, le volume total de résidus déposés dans les deux cellules est estimé à environ 4,92 M m^3 (2,61 M m^3 dans la cellule 1 et 2,31 M m^3 dans la cellule 2). La densité sèche moyenne des résidus déposés dans la cellule 2 est d'environ 1,483 t/m^3. En présumant une gravité spécifique des résidus de 3,16, l'indice des vides calculé des résidus déposés est d'environ 1,13.

Au 26 août 2019, la capacité de stockage résiduelle combinée des résidus dans les cellules 1 et 2 est de 3,18 M m^3, ce qui correspond à un tonnage de résidus de 4,72 Mt (en présumant une densité sèche des résidus déposés de 1 483 t/m^3) et un tonnage de minerai traité de 5,36 Mt (en présumant un ratio résidus/minerai de 0,8796). Les résidus restants générés après le remplissage de ces deux cellules de résidus, qui est estimé à 1,96 M m^3(2,91 Mt), seront déposés dans la fosse Expo à ciel ouvert. La déposition des résidus dans la fosse Expo à ciel ouvert devrait commencer en novembre 2022.

3.2.3 Caractéristiques des résidus

Les résidus sont composés de limon et de limon sableux avec environ 8 à 27 % de sable, 65 à 85 % de silt et 7 à 9 % de particules argileuses (Graphique 2). Les résidus sont non plastiques. La densité moyenne des résidus est d'environ 3,16 et varie entre 3,01 et 3,29.

Les résidus sont potentiellement générateurs d'acide et lixiviables (Golder 2018).



Graphique 2 : Distribution granulométrique des résidus

3.2.4 Paramètres de déposition des résidus

Les résidus sont épaissis jusqu'à une teneur en solides comprise entre 62 % et 68 % de solides. Des pompes centrifuges sont utilisées pour pomper les résidus. Dans les cellules de résidus existantes, les résidus sont déposés à partir de points de déposition régulièrement espacés.

Le dernier relevé bathymétrique et par drone réalisé sur les cellules de résidus existantes montre que la pente de la plage de résidus varie de 1,5 % à 1,7 % et que la pente des résidus sous l'eau varie de 3,2 % à 3,7 %.

3.3 Fosse Expo

La fosse Expo à ciel ouvert mesure environ 930 m de longueur en direction est-ouest et environ 380 m de largeur en direction nord-sud. L'élévation du fond de la fosse est à environ 460 m. La profondeur maximale de la fosse est d'environ 110 m.

La géologie attendue dans la fosse suggère que ses parois seront principalement constituées de métasédiments (57 %) et de péridotite (32 %). Les 11 % restants seront constitués de sulfures, comme le montre la figure 1. Les métasédiments et la péridotite sont potentiellement générateurs d'acide et lixiviables (Golder 2018).

4.0 PARC À RÉSIDUS DE LA FOSSE

4.1 Données opérationnelles

Les données opérationnelles et les hypothèses de dépôt de résidus utilisées pour le parc à résidus dans la fosse Expo sont résumées au tableau 2.

Tableau 2 : Données opérationnelles et de dépôt de résidus pour le parc à résidus de la fosse Expo

Paramètres	Unité	Données opérationnelles	Référence
Données opérationnelles			
Total des résidus pour déposition dans la fosse à ciel ouvert (de novembre 2022 à octobre 2024)	t	2 906 809	CRI
Ratio résidus/minerai	-	0,8796	CRI
Taux de production annuelle de résidus	t	1 444 708	CRI
Densité spécifique des résidus solides	-	3,16	Présumé
Densité sèche des résidus déposés	t/m^3	1483	Présumé
Indice des vides des résidus déposés	-	1,13	Calculé
Volume annuel de résidus déposés	m^3	974 020	Calculé
Capacité totale de stockage des résidus de la fosse Expo	m^3	1 959 767	Calculé

Paramètres	Unité	Données opérationnelles	Référence
Années opérationnelles du parc à résidus miniers de la fosse Expo	Années	2,0	Calculé
Hypothèses de déposition des résidus			
Teneur en solides des résidus	%	62 à 68	CRI
Pente de la plage de résidus	%	1,6	Présumé
Pente des résidus sous l'eau	%	3,5	Présumé

4.2 Conséquences des risques

Une mine souterraine est envisagée sur le site Expo; cependant, elle n'est pas reliée à la fosse à ciel ouvert et elle est située à une bonne distance de celle-ci. Par conséquent, le dépôt des résidus dans la fosse à ciel ouvert n'aura aucun impact sur l'exploitation souterraine future. La fosse à ciel ouvert sera entourée de pergélisol, ce qui limitera l'infiltration des eaux de ressuage dans le substrat rocheux environnant. Il n'y a aucun plan d'eau profond près de la fosse Expo qui pourrait entraîner une condition de *talik* et un raccordement hydraulique à la fosse à ciel ouvert. Par conséquent, le parc présente un risque très faible pour le public, l'environnement et les infrastructures.

4.3 Déposition des résidus

La fosse Expo permettra de stocker environ 1,96 M m^3 (2,91 Mt) de résidus. Le tonnage correspondant de minerai qui sera traité pour générer les résidus est d'environ 3,30 Mt. Le dépôt de résidus dans la fosse Expo commencera en novembre 2022, une fois que les cellules de résidus 1 et 2 existantes seront pleines. La déposition des résidus dans la fosse se terminera en octobre 2024. Par conséquent, la durée de vie du parc de la fosse Expo sera d'environ deux ans.

Les figures 2 à 7 montrent les plans annuels de déposition des résidus d'août 2019 à octobre 2024. Les figures montrent comment la déposition des résidus passe des cellules de résidus 1 et 2 à la fosse Expo. La figure 9 montre la coupe transversale des cellules de résidus et du parc à résidus de la fosse Expo. Afin de maximiser le remplissage des cellules de résidus existantes, le dépôt de résidus sera alterné entre les cellules 1 et 2 et l'excès d'eau de ressuage des cellules sera pompé dans la fosse Expo entre août 2019 et octobre 2022.

Étant donné que la fosse Expo sera utilisée pour stocker les eaux surnageantes des cellules 1 et 2, les dépôts de résidus dans la fosse seront sous l'eau pendant les deux années d'exploitation. Les résidus seront déposés par tuyau au niveau de deux points de déposition situés aux extrémités est et ouest des rampes de la fosse à ciel ouvert, comme le montrent les figures 5 à 7.

4.4 Circuit d'acheminement et de distribution des résidus

Le corridor actuel de pipelines de résidus sera utilisé pour acheminer les résidus à la fosse Expo. Les résidus seront acheminés de l'usine d'épaississement des résidus à la crête sud-est de la cellule de résidus 1 par le biais d'une conduite en acier au carbone de série 80 de 6 pouces et du coin sud-est de la crête de la cellule de

résidus 1 à la fosse à ciel ouvert par le biais d'une conduite RD9 4710 en PEHD (polyéthylène à haute densité) de 8 pouces.

Deux rampes sont prévues près du milieu de la fosse; l'une vers l'est et l'autre vers l'ouest. Le pipeline de résidus fonctionnera le long des rampes est et ouest. Une station de vannes sera prévue à l'intersection des rampes est et ouest pour contrôler l'écoulement des résidus entre les sections de la fosse. À la fin de chaque circuit de distribution de résidus, un pipeline flottant sera fourni pour l'écoulement des résidus de la rampe de la fosse dans la fosse.

Deux pipelines de résidus seront installés le long du circuit d'acheminement et de distribution des résidus (un d'exploitation et un de secours).

4.5 Circuit d'eau de retour

Une barge de pompage flottante sera utilisée pour récupérer l'eau du parc à résidus de la fosse. La barge de pompage flottante sera située dans la partie est de la fosse. Le système de barge flottante sera ancré sur la rampe est. La pompe flottante sera connectée au pipeline de résidus de secours pour acheminer l'eau de récupération vers le moulin pour traitement et réutilisation.

4.6 Plan de fermeture

Le plan de fermeture du parc à résidus de la fosse Expo vise à améliorer la qualité de l'eau à long terme et comprend les éléments suivants :

- Élimination des eaux surnageantes (juillet 2023 à septembre 2030) : les eaux surnageantes de la fosse contiendront des métaux et des produits de traitement. Avant l'ennoyage de la fosse avec de l'eau propre, les eaux surnageantes seront pompées pour traitement et rejetées dans l'environnement (à raison de 180 000 m^3/mois de juillet à septembre). L'eau des résidus sera prétraitée à l'aide d'un procédé de Fenton pour oxyder les thiosels avant d'être mélangée avec l'eau du bassin de collecte principal de la fosse Expo à un ratio de 25 % et 75 %, respectivement, et de subir le traitement complet à l'usine de traitement principal de la fosse Expo;
- Ennoyage accéléré de la fosse avec de l'eau douce (octobre 2030 à juillet 2035) : une fois les eaux surnageantes complètement éliminées, l'ennoyage actif de la fosse avec de l'eau douce du lac Bombardier (à raison de 1 300 000 m^3/an) commencera. L'ennoyage actif de la fosse prendra fin une fois que le niveau d'eau aura atteint une élévation de 535,4 m, soit la plus basse élévation le long du bord de la fosse. Les figures 8 et 9 montrent respectivement la vue en plan et la coupe transversale du parc à résidus de la fosse Expo après ennoyage accéléré;
- Construction du canal du déversoir de sortie : un canal de déversement est construit à l'angle nord-est de la fosse et à l'est de la cellule de résidus 1. Une fois l'ennoyage accéléré terminé, le canal achemine le trop-plein de la fosse vers l'affluent de la rivière Puvirnituq, situé au nord des cellules de résidus;
- Maintien de la dureté de la qualité de l'eau de la fosse à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ (octobre 2030 à décembre 2056) : du chlorure de calcium sera ajouté à l'eau de la fosse pendant les phases de fermeture et de post-fermeture pour maintenir la dureté à 400 mg/L.

5.0 ANALYSES DE CONCEPTION

5.1 Analyse de consolidation des résidus

Des modèles unidimensionnels de consolidation des résidus ont été développés à l'aide de CONDES0 (1997). Les modèles ont été calibrés en utilisant la performance de consolidation des cellules de résidus 1 et 2 existantes. Les résultats des analyses sont présentés à l'annexe B. La densité sèche moyenne à long terme prévue des résidus était de 1 672 t/m^3. Aux fins de la planification du dépôt des résidus, une densité sèche conservatrice de 1 483 t/m^3 été utilisée, comme présenté au tableau 2. La densité sèche choisie de 1 483 t/m^3 est basée sur la densité observée des résidus déposés dans la cellule 1.

5.2 Bilan hydrique

Un bilan hydrique mensuel déterministe a été élaboré en format Excel pour le scénario de déposition des résidus. Le bilan hydrique a été établi pour inclure les apports tels que le ruissellement provenant des précipitations ou l'accumulation de neige et l'eau dans les résidus déposés. Il prend également en compte les pertes telles que l'eau emprisonnée en permanence sous forme de glace dans les résidus, l'eau bloquée dans les vides des résidus déposés, les pertes par évaporation et sublimation. Les résultats du bilan hydrique pour une année moyenne sont présentés à l'annexe C et résumés ci-après.

Le débit entrant total annuel moyen et les pertes pendant le dépôt (2023 et 2024) étaient respectivement de 1,57 M m^3 et 0,56 M m^3. Le pompage de l'eau de traitement commencera à l'été 2023. Après la fin de la déposition des résidus en octobre 2024 jusqu'à ce que la fosse soit vidée, le débit entrant annuel moyen diminuera à 0,38 M m^3 et les pertes totales annuelles moyennes (hors pompage vers le traitement) diminueront à 0,018 M m^3. La fosse sera vidée et l'ennoyage accéléré avec l'eau du lac Bombardier commencera en 2030. Le débit entrant annuel moyen au moment des crues accélérées augmente à 1,69 M m^3 et les pertes totales annuelles moyennes augmentent à 0,028 M m^3. Il faudra environ 4,3 ans pour ennoyer la fosse à une élévation de 535,4 m (c.-à-d. la plus basse élévation le long du bord de la fosse). Le volume d'eau stocké dans la fosse à la fin de 2035 sera d'environ 7,03 M m^3.

5.3 Qualité de l'eau

Des prévisions de la qualité de l'eau ont été modélisée pour les années d'exploitation, de fermeture et de post-fermeture à l'aide du logiciel de modélisation géochimique PHREEQC (Parkhurst et Appelo 2013). Les détails des intrants au modèle, de la méthode utilisée, des résultats et des conclusions de la modélisation de qualité de l'eau sont présentés à l'annexe D et résumés ci-après.

Les débits d'eau de contact minière vers la fosse comprennent le ruissellement d'eau sur les parois de la fosse exposée, le ruissellement sur le sol autour de la fosse qui draine à la fosse, et l'eau de procédé déposée avec les résidus dans la fosse, malgré que celle-ci est retirée de la fosse par pompage avant l'ennoiement de la fosse. La géochimie de l'eau de contact provenant de ces sources a été mélangée en utilisant le logicielle PHREEQC en fonction des proportions de débit définies dans le bilan hydrique pour chaque année. Les prévisions de qualité de l'eau sont comparées aux limites mensuelles moyennes d'effluent de la Directive 019 du Québec pendant l'exploitation et aux critères de qualité des eaux de surface du Québec (CVAC, ou critère de vie aquatique chronique) pendant les phases de fermeture et de post-fermeture (MEF 1998 et MDDELCC 2012).

Deux constituants dépassent les directives CVAC, soient, l'argent et le nickel. Un dépassement temporaire du sélénium est anticipé deux ans avant l'élimination de l'eau de traitement. Les dépassements d'argent sont un artefact de l'utilisation des limites de détection analytique dans les eaux de procédé à la sortie du moulin (la

valeur de la limite de détection a été utilisée; toutes les concentrations sont inférieures à cette limite analytique). La concentration de nickel à la fin de la fermeture est anticipé être de l'ordre de 0,15 mg/L, à peine inférieure à la limite CVAC de 0,169 mg/L de Ni pour une dureté de 400 mg/L éq. $CaCO_3$. La dureté de l'eau de la fosse sera maintenue à ce niveau durant la période de fermeture. L'évacuation de l'eau de procédé entraîne une forte baisse des concentrations de nickel dans l'eau de la fosse de 1,0 mg/L de Ni en 2030 à 0,18 mg/L de Ni en 2031. Le principal contributeur à la charge de nickel suite à ceci, à la fin de la fermeture (2031-2035) est le ruissellement de l'eau sur les parois de la fosse. La qualité de l'eau du ruissellement des parois a varié dans le temps; des concentrations plus élevées que celle utilisées dans le modèle ont été observées durant l'opération; ces concentrations élevées sont attribuées au contact de l'eau avec le minerai dans les parois ou accumulé dans le fond de la fosse qui ne seront plus présent en fermeture. L'intrant de qualité d'eau utilisé dans le modèle présume que tout le minerai est miné et que le ruissellement ne contacte que le stérile. L'ennoyage accéléré utilisant de l'eau du lac Bombardier diminue le temps d'exposition des parois et donc leur contribution à la charge chimique de l'eau de la fosse.

Le pH de l'eau de la fosse est prévu demeurer neutre, entre 7,0 et 7,3, reflétant le pH de l'eau de procédé. Au moment de l'ennoyage de la fosse avec l'eau du lac Bombardier, le pH de la fosse en cours de remplissage diminue autour de 6,2, le pH de l'eau non-contact.

Les concentrations de sulfates et de thiosulfates pendant les périodes d'exploitation et de fermeture suivent une tendance semblable, avec des concentrations élevées durant l'opération et au début de la fermeture, associé aux eaux du parc à résidus, pour ensuite diminuer en raison de l'évacuation des eaux de ressuage et de l'ajout d'eau du lac Bombardier. L'effet de l'élimination de l'eau de procédé des résidus est significative : les concentrations de ces deux paramètres diminuent sous 100 mg/L suite à l'apport de l'eau du lac Bombardier.

Les résultats du modèle indiquent que la qualité de l'eau prévue sera conforme aux recommandations du CVAC pour tous les paramètres à la fin de la période de fermeture et pendant la post-fermeture, à condition que la dureté de l'eau de la fosse soit maintenue à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ jusqu'en 2056 au moins, jusqu'à un stade avancé de post-fermeture et que les parois de la fosse ne contiennent que du stérile de faible minéralisation. CRI propose d'ajouter du chlorure de calcium à l'eau de la fosse pour maintenir la dureté.

5.4 Analyses thermiques

Une évaluation thermique a été réalisée pour évaluer les effets de la déposition partielle de résidus dans la fosse Expo, suivie de l'ennoyage de la fosse sur les conditions de pergélisol sous la fosse et adjacentes aux parois de la fosse. Des modèles thermiques bidimensionnels ont été préparés à l'aide du logiciel d'éléments finis TEMPW2020 pour les phases d'exploitation et de post-fermeture en tenant compte du changement climatique sur une période de 100 ans. Les détails de l'analyse sont présentés à l'annexe E et les résultats sont résumés ci-après.

Les résultats du modèle montrent que la déposition des résidus à l'intérieur de la fosse, suivie de la formation d'un lac dans la fosse, provoquera le dégel du pergélisol à une profondeur d'environ 22 m sous le fond de la fosse. Bien que le pergélisol se réchauffe progressivement à long terme, les modèles ont montré que l'étendue de cette zone non gelée n'augmenterait pas sur une période de 100 ans. Les modèles ont également montré que le sol entre la fosse Expo et les cellules de résidus restera essentiellement gelé en tout temps, ce qui empêcherait l'écoulement des eaux souterraines entre la fosse Expo et les zones de résidus.

5.5 Évaluation hydrogéologique

Le principal régime de débit des eaux souterraines sur le site minier est au travers de la couche active près de la surface du sol. L'épaisseur de la couche active autour du site minier varie entre 1,5 m et 2,5 m comme indiqué à la section 2.4. Des modèles thermiques 1D simplifiés ont été préparés pour déterminer l'effet du climat plus chaud dans 100 ans sur l'épaisseur de la couche active. Les résultats du modèle montrent que l'épaisseur de la zone active variera entre 3,5 m et 4,0 m.

Pendant la période allant de la fin du printemps à la fin de l'été, les températures sur le site minier seront supérieures à 0 °C, ce qui provoquera le dégel de la couche active et créera un régime d'écoulement superficiel des eaux souterraines. Le sol naturel est incliné en moyenne de 2,5 % à partir de la fosse à ciel ouvert en direction nord. Par conséquent, les eaux souterraines dans la zone active s'écouleront vers le nord vers les dépressions locales, les lacs et les ruisseaux qui finiront par s'écouler vers la rivière Puvirnituq.

L'élévation la plus basse du bord de la fosse à ciel ouvert est de 535,4 m au coin nord-est. Une fois que la qualité de l'eau de la fosse à ciel ouvert sera acceptable pour le rejet dans l'environnement, un canal d'écoulement sera construit pour acheminer le ruissellement autour du parc à résidus vers l'affluent de la rivière Puvirnituq.

5.6 Analyse de la stabilité de la pente de la fosse

La stabilité de la paroi de la fosse à ciel ouvert pendant les différentes étapes de la déposition des résidus dans la fosse Expo a été évaluée à l'aide de Slide2. Les détails de l'évaluation sont présentés à l'annexe F et résumés ci-après.

L'analyse de la stabilité de la pente a été réalisée à partir des données géotechniques présentées dans Golder (2007). La dernière inspection de la fosse Expo (MDEng 2017) a identifié des plans de litage qui plongent vers la fosse sur la paroi sud. Les effets de ces plans de litage ont été inclus dans la stabilité globale de la paroi de la fosse. Les analyses incluaient une fosse vide et remblayée de résidus en présumant des conditions complètement saturées dans les unités de roches ultramafiques et métasédimentaires. Les modes de rupture circulaire et non circulaire ont été analysés.

Les ruptures non circulaires ont donné des résultats inférieurs aux ruptures circulaires, en particulier dans les cas où la rupture se produit le long du plan de litage dans les métasédiments. Le facteur de sécurité calculé était supérieur au minimum nécessaire, qui est de 1,2, indiquant que la paroi de la fosse sera stable. La fosse finale avant le début du remplissage par les résidus a donné le facteur de sécurité le plus bas. Le facteur de sécurité de la paroi de la fosse augmente une fois que les résidus ont été déposés. Les résidus servent de support à la pente de la fosse et améliorent la stabilité globale.

5.7 Déversoir de sortie et canal d'écoulement

Un canal de déversoir est construit à l'angle nord-est de la fosse et à l'est de la cellule de résidus 1. Une fois l'ennoyage accéléré terminé, le canal achemine le trop-plein de la fosse vers l'affluent de la rivière Puvirnituq, situé au nord du parc à résidus et à stériles (figures 1 et 8). Les détails de l'analyse sont présentés à l'annexe G et les résultats sont résumés comme suit :

- déversoir de sortie : largeur à la base de 3 m, pentes latérales 3H : 1V et profondeur de 0,6 m (revanche de 0,2 m);
- canal d'écoulement : largeur à la base de 3 m, pentes latérales 2H : 1V. Des résultats supplémentaires sont inclus au tableau 3.

Tableau 3 : Résultats de dimensionnement du canal d'écoulement

Canal d écoulement	Longueur (m)	Pente moyenne du canal	Débit de pointe (m^3/s)	Profondeur de débit [1] (m)	Revanche (m)	Profondeur du canal min[2] (m)	Vitesse d'écoulement (m/s)	D_{50} min (mm)
Sud	350	2,1 %	1,46	0,23	0,3	0,6	1,8	150
Nord	1 100	1,1 %	1,46	0,28	0,4	0,7	1,5	100

6.0 CONCLUSIONS

CRI propose d'utiliser la fosse Expo pour déposer environ 1,96 M m^3 (2,91 Mt) de résidus. Le parc de la fosse Expo sera exploité pendant environ deux ans (entre novembre 2022 et octobre 2024).

Le circuit d'acheminement et de distribution des résidus sera composé de conduites en acier au carbone de série 80 de 6 pouces et de conduites en RD9 HDPE de 8 pouces. Les pipelines suivront la rampe d'accès à la cellule 1, la crête de la digue sud de la cellule 1, puis les rampes d'accès de la fosse Expo. Les résidus seront déposés sous l'eau, car la fosse servira de stockage pour les eaux surnageantes des cellules 1 et 2 avant le début de la déposition des résidus. Les résidus seront déposés à partir de deux points de déposition situés aux extrémités est et ouest de la fosse.

Une barge de pompage flottante sera utilisée pour récupérer l'eau de procédé de la fosse. La barge de pompage flottante sera située dans la partie est de la fosse. La pompe flottante sera connectée au pipeline de résidus de secours pour acheminer l'eau de récupération vers le moulin pour traitement et réutilisation.

Différentes analyses de conception ont été effectuées pour démontrer la faisabilité de l'entreposage des résidus dans la fosse. Les analyses incluent la modélisation unidimensionnelle de la consolidation des résidus, le bilan hydrique, la prévision de la qualité de l'eau, la modélisation thermique, l'évaluation hydrogéologique et l'examen de la stabilité des parois de la fosse.

Les résidus déposés dans la fosse Expo subiront du tassement et de la consolidation sous leur propre poids. Les analyses de consolidation unidimensionnelles réalisées prévoyaient une densité sèche de 1672 t/m^3. Une densité sèche conservatrice de 1483 t/m^3 a été utilisée pour déterminer l'élévation maximum des résidus dans la fosse en se basant sur la densité estimée à partir de la cellule de résidus 1.

Le bilan hydrique a été utilisé pour estimer le débit entrant et les pertes de la fosse. Le débit entrant total annuel moyen et les pertes pendant la déposition sont de 1,57 M m^3 et 0,56 M m^3, respectivement. Après la fin de la déposition des résidus en octobre 2024 jusqu'à ce que la fosse soit vidée, le débit entrant annuel moyen diminuera à 0,38 M m^3 et les pertes totales annuelles moyennes diminueront à 0,018 M m^3. Le débit entrant annuel moyen pendant l'ennoyage accéléré augmentera à 1,69 M m^3 et les pertes totales annuelles moyennes augmenteront à 0,028 M m^3. Il faudra environ 4,3 ans pour ennoyer la fosse.

Des prévisions de la qualité de l'eau ont été générées pour les années d'exploitation, de fermeture et de post-fermeture. Selon le scénario modélisé où la minéralisation n'est plus présente sur les parois ni les bancs de la fosse, le pH de l'eau de la fosse est définie par celui de l'eau de procédé des résidus, autour de 7,0 à 7,3. Suite à l'enlèvement de l'eau de procédé suivi par l'ennoiement de la fosse avec l'eau du lac Bombardier, le pH de la fosse devrait atteindre 6,2. Les concentrations de sulfate et de thiosulfate pendant les périodes d'exploitation et de fermeture suivent une tendance semblable à celle des autres paramètres présents dans l'eau de procédé : élevé en présence de cet eau, pour ensuite diminuer avec l'enlèvement des eaux de ressuage libres et de l'ajout d'eau du lac Bombardier. Les résultats du modèle indiquent que la qualité de l'eau prévue est conforme aux recommandations du CVAC pour tous les paramètres à la fin de la période de fermeture et pendant la post-fermeture, incluant le nickel dont la concentration est proche de ce critère, à condition que la dureté de l'eau de la fosse soit maintenue à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ jusqu'en 2056 au moins, jusqu'à un stade avancé de post-fermeture. CRI propose d'ajouter du chlorure de calcium à l'eau de la fosse pour maintenir la dureté.

Un modèle thermique a été développé en prenant en compte les années d'opération, une durée de 100 ans de post-fermeture ainsi que des changements climatiques. Les résultats du modèle montrent que la déposition des résidus à l'intérieur de la fosse, suivie de la formation d'un lac dans la fosse, provoquera le dégel du pergélisol à une profondeur d'environ 22 m sous le fond de la fosse. Bien que le pergélisol se réchauffe graduellement à long terme, les modèles ont montré que l'étendue de cette zone non gelée n'augmenterait pas sur une période de 100 ans.

Le principal régime de débit des eaux souterraines sur le site minier est dans la couche active près de la surface du sol, dont l'épaisseur varie de 1,5 m à 2,5 m. Le climat plus chaud sur 100 ans a pour effet d'augmenter l'épaisseur de la couche active de 3,5 m à 4,0 m. Cela est vrai pour la zone éloignée des cellules de résidus et de la cellule de stériles. Les modèles ont également montré que le sol entre la fosse Expo et les cellules de résidus restera essentiellement gelé en tout temps, ce qui empêchera le débit des eaux souterraines entre la fosse Expo et les zones de résidus. Les eaux souterraines de la zone active s'écouleront vers le nord vers les dépressions locales, les lacs et les ruisseaux qui finiront par s'écouler vers la rivière Puvirnituq.

L'analyse de stabilité de la paroi de la fosse à ciel ouvert a été effectuée avec la fosse vide et une fois la déposition des résidus terminée. La fosse vide constituait le cas le plus défavorable, avec un facteur de sécurité supérieur à 1,2. Le facteur de sécurité de la paroi de la fosse augmente une fois les résidus déposés. Les résidus servent de support à la pente de la fosse et améliorent la stabilité globale.

En résumé, l'élimination des résidus pour une déposition dans la fosse Expo constitue une gestion sécuritaire et avantageuse des résidus avec un impact minimal à long terme sur les personnes et l'environnement. L'élimination en fosse améliore également la stabilité de la fosse et la qualité de l'eau à long terme.

Les récentes activités d'exploration indiquent que la vie de la mine pourrait s'étendre au-delà de 2024. Une fois que la réserve de minerai supplémentaire sera confirmée, il sera nécessaire d'effectuer la mise à jour de la conception du parc à résidus miniers dans la fosse.

Page de signature

Golder Associates Ltd.

SIGNATAIRE DE LA VERSION ANGLAISE SEULEMENT

Rebecca Staring, B. Sc.A.
Professionnelle, ressources en eau

SIGNATAIRE DE LA VERSION ANGLAISE SEULEMENT

Adriana Parada, M.Ing., P.Eng. (ON)
Ingénieure, ressources en eau

SIGNATAIRE DE LA VERSION ANGLAISE SEULEMENT

Kebreab Habte, M.Sc.(ing.), P.Eng. (ON)
Ingénieur en géotechnique senior

Yves Boulianne, ing.
Associé principal, Ingénieur en géotechnique senior

RS/KBH/YB/jl

Golder et le logo G sont des marques déposées de Golder Associates Corporation.

RÉFÉRENCES

CONDES0, (1997). Numerical Solution Guide to One-dimensional Large Strain Consolidation and Desiccation by the Finite Difference Implicit Method. Manuel de l'utilisateur. Université du Colorado, Boulder, CO 80309.

Commission géologique du Canada, (1997). Géologie des formations en surface 1863A, 1:250 000, NRC 1997.

Golder Associates Ltd., (2007). Slope design recommendations, Expo and Mesmax ultimate open pits, Projet nickélifère Raglan Sud. Réf. Nº 05-1117-055.

Golder Associates Ltd., (2010). Updated Mequillon Site Plan, Projet Nunavik Nickel. Rapport nº 10-1118-0066 (8000). Doc nº 021a. Soumis à Canadian Royalties Inc. en date du 22 décembre 2010.

Golder Associates Ltd., (2012). Detailed Design of Expo Stage 1 Tailings and Waste Rock Disposal Facility and Water Collection Ponds. Rapport 10-1118-0066 (5501). Doc. 085. Préparé pour Canadian Royalties Inc. Juin 2012.

Golder Associates Ltd., (2018). Résultats d'essais cinétiques sur les stériles, Projet Nunavik Nickel. Rapport nº 10-1127-0085. Soumis à Canadian Royalties Inc. en date d'avril 2018.

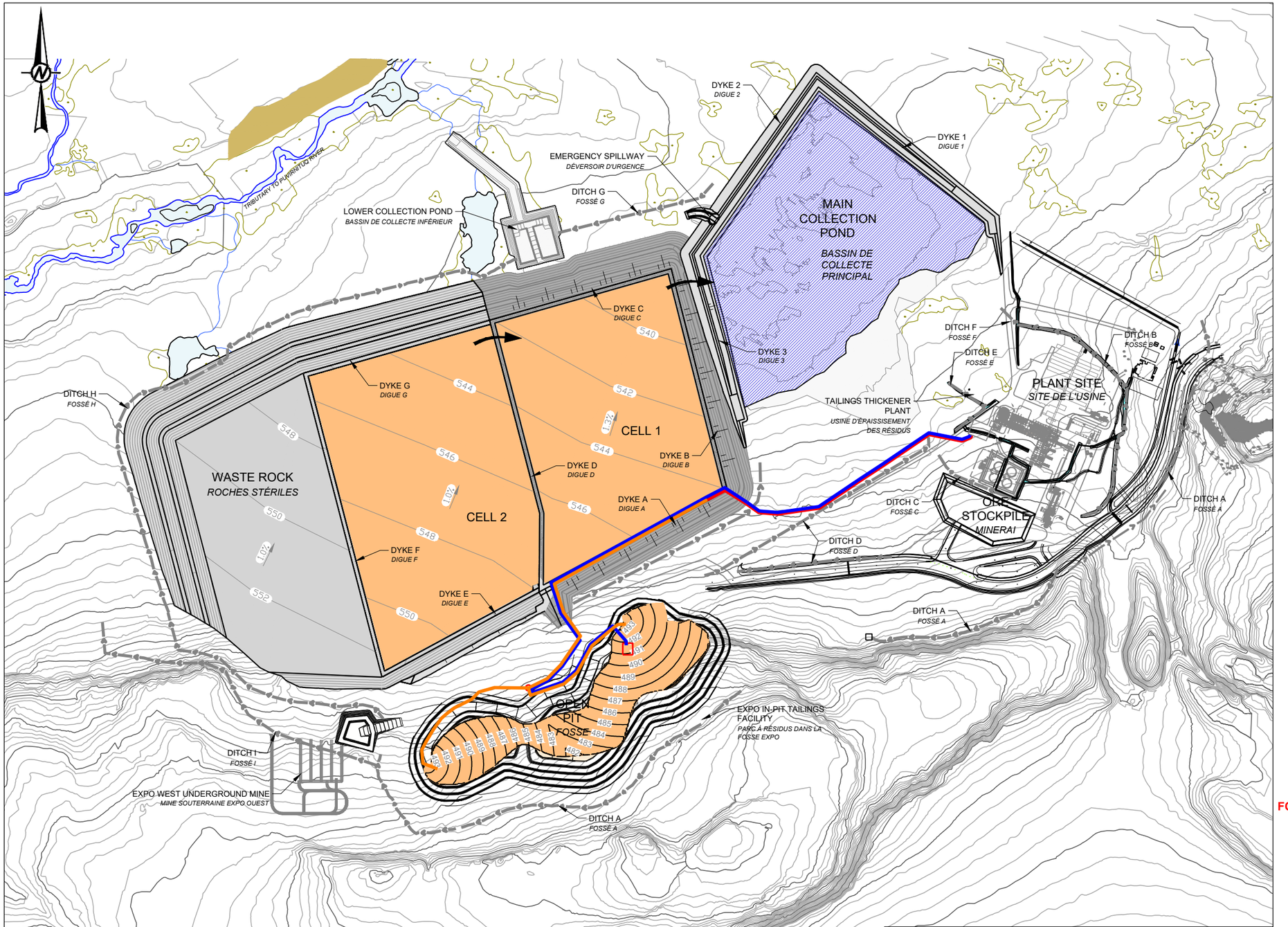
MDDELCC, (2012). Directive 019 sur l'industrie minière. Gouvernement du Québec, ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Mars 2012.

MEF, (1998). Critères de qualité de l'eau de surface au Québec, Québec. Des critères de protection de la vie aquatique chronique (CVAC). Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des espèces aquatiques, 387 p.

Mine Design Engineering (MDEng), (2017). Site Inspection for Expo Pit, and Allammaq Underground Works Nunavik Nickel, Quebec. Rapport nº 17019-101.

Parkhurst, DL et Appelo, CAJ, (2013). Description of input and examples for PHREEQC version 3—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, livre 6, ch. A43, 497 p., disponible uniquement sur https://pubs.usgs.gov/tm/06/a43/.

FIGURES



END OF MINE LIFE PLAN VIEW

LEGEND / *LÉGENDE*

- LAKE / RIVER *LAC / RIVIÈRE*
- POND / *BASSIN*
- DYKE / *DIGUE*
- DEPOSITED TAILINGS CONTOURS / *ISOCONTOURS DES DÉPOTS DE RÉSIDUS* (544)
- GROUND SURFACE CONTOURS / *ISOCONTOURS DE LA SURFACE DU ROC*
- EXISTING DITCHES / *FOSSÉ EXISTANT*
- WATER PIPELINE TO MILL / *CONDUITE D'EAU DU MOULIN*
- 6-INCH SCH.80 CARBON STEEL PIPE / *CONDUITE D'ACIER DE 6 POUCES SCH.80 CARBONE*
- 8-INCH RD9 4710 HDPE PIPE / *CONDUITE EN PEHD DE 8 POUCES RD9 4710*

NOTE(S)

1. ALL ELEVATIONS AND GRID CO-ORDINATES SHOWN ARE METRIC.

NOTE(S)
1. *TOUTES LES ÉLÉVATIONS ET COORDONNÉES SONT AFFICHÉES EN MÉTRIQUE*

REFERENCE(S)

1. BASE DATA IS FROM CANADIAN ROYALTIES INC., 2007.
2. PROJECTION: TRANSVERSE MERCATOR DATUM: NAD 83 COORDINATE SYSTEM: UTM ZONE 18N.
3. PLANT SITE IS PROVIDED BY CRI Feb. 2011, FILE NAME 510_G_0100_0F.dwg.

RÉFÉRENCE(S)
1. *DONNÉES DE BASE DE CANADIAN ROYALTIES INC. 2007.*
2. *PROJECTION : NAD83: UTM ZONE 18N.*
3. *LE SITE DE L'USINE EST FOURNI PAR CRI FÉV.2011, NOM DE FICHIER 510_G_0100_0F.DWG.*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 250 500
1:10,000 METRES

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

0 25 mm

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	YB
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

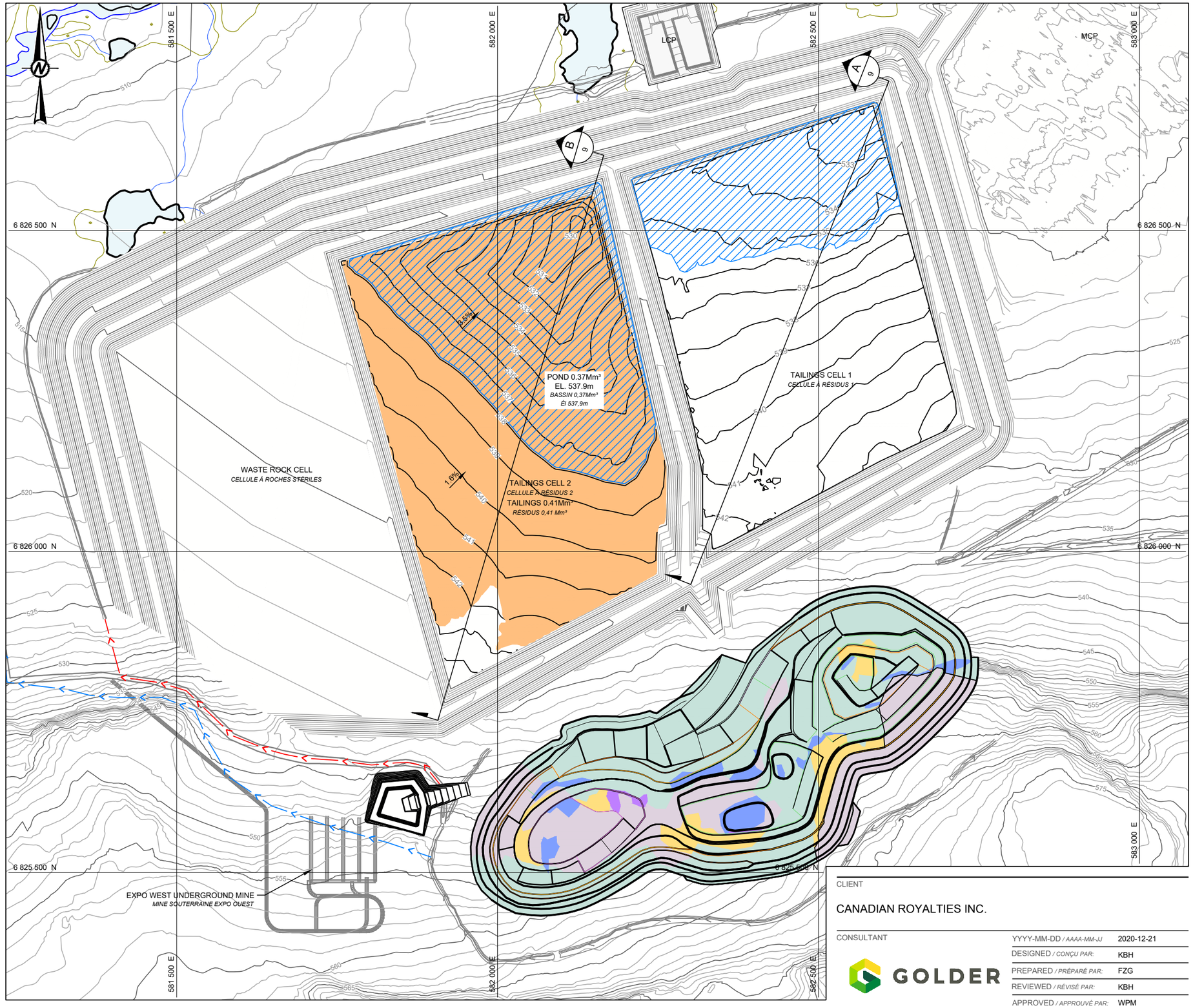
TITLE / *TITRE*

EXPO IN-PIT TAILINGS FACILITY AND PIPELINE GENERAL ARRANGEMENT PLAN

PLAN GÉNÉRAL DE L'EMPLACEMENT DES CONDUITES ET DU PARC À RÉSIDUS DANS LA FOSSE EXPO

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	1

Path: \\golder.gds\complexdata\office\mississauga\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik_Mine\99_PROJ\19117253\40_PROD\0010_ExpoTailingsStages\ | File Name: 19117253-0010-CAM-0001.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:2:51:04 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:3:04:34 PM



LEGEND / LÉGENDE

- TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*
- TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*

LITHOLOGICAL LEGEND:

- SEDIMENTS (125699m²)
- PERIDOTITE (69970m²)
- MASSIVE SULPHIDES (1266m²) / *SULFURES MASSIFS*
- NET TEXTURED SULPHIDES (14692m²) / *SULFURES SEMI-MASSIFS*
- SULPHIDES IN VEINS (9600m²) / *SULFURES EN FILONS*

NOTE(S)

1. DATUM IS UTM 83 ZONE 18.
2. NATURAL GROUND CONTOUR IS PROVIDED BY CRI AND THE CONTOUR INTERVAL IS 1m.
3. THE CONTOUR MAP OF THE TAILINGS BEACH AND TAILINGS BELOW THE POND IS PROVIDED BY CRI ON 26 AUGUST 2019.
4. THE CONTOUR MAP OF THE PERIMETER EMBANKMENTS AND WASTE ROCK CELLS ARE AS PER DESIGN.
5. GEOLOGY OF THE OPEN PIT IS PROVIDED BY CRI.
6. PRECIPITATION AND RUNOFF ENTERING THE PIT IS PUMPED TO THE MCP.
7. PROCESS RECLAIM WATER IS RECYCLED TO THE MILL FROM TAILINGS CELL 2.

NOTE(S)

1. *COORDONNÉES EN UTM83 ZONE18.*
2. *LES ISOCONTOURS DU SOL NATUREL SONT FOURNIS PAR CRI ET LEUR INTERVALLE EST DE 1M.*
3. *LA CARTE DES ISOCONTOURS DES RÉSIDUS A ÉTÉ FOURNIE PAR CRI LE 26 AOÛT 2019.*
4. *LA CARTE DES ISOCONTOURS DES DIGUES PÉRIPHÉRIQUES ET DE LA CELLULE À ROCHES STÉRILES SONT SELON LA CONCEPTION*
5. *LA GÉOLOGIE DE LA FOSSE EST FOURNIE PAR CRI*
6. *LES PRÉCIPITATIONS ET L'EAU DE RUISSELLEMENT ENTRANT DANS LA FOSSE SONT POMPÉS VERS LE BCP.*
7. *L'EAU DE RECIRCULATION EN PROVENANCE DE LA CELLULE DE RÉSIDUS 2 EST RECYCLÉ PAR LE MOULIN.*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 100 200
1:3,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

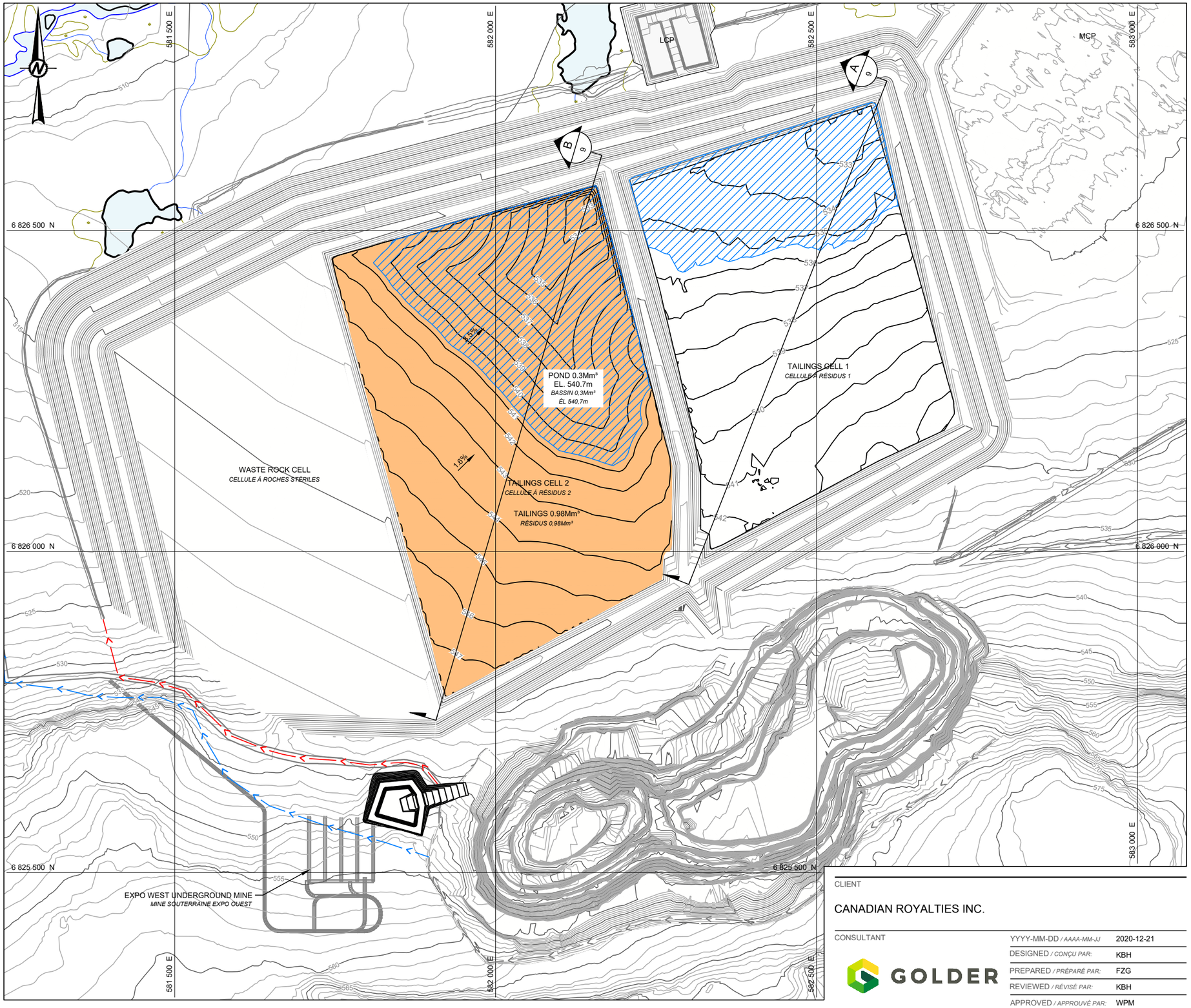
TITLE / *TITRE*

EXPO TAILINGS END OF YEAR 2019

RÉSIDUS EXPO À LA FIN DE L'ANNÉE 2019

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	2

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D
25 mm



LEGEND / LÉGENDE

- TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*
- TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*

NOTE(S)

1. PRECIPITATION AND RUNOFF ENTERING THE PIT WILL BE PUMPED TO THE MCP.
2. PROCESS RECLAIM WATER IS RECYCLED TO THE MILL FROM TAILINGS CELL 2.

NOTE(S)

1. *LES PRÉCIPITATIONS ET L'EAU DE RUISSELLEMENT ENTRANT DANS LA FOSSE SONT POMPÉES VERS LE BCP.*
2. *L'EAU DE RECIRCULATION EN PROVENANCE DE LA CELLULE DE RÉSIDUS 2 EST RECYCLÉE PAR LE MOULIN.*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 100 200
1:3,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

TITLE / *TITRE*

EXPO TAILINGS END OF YEAR 2020

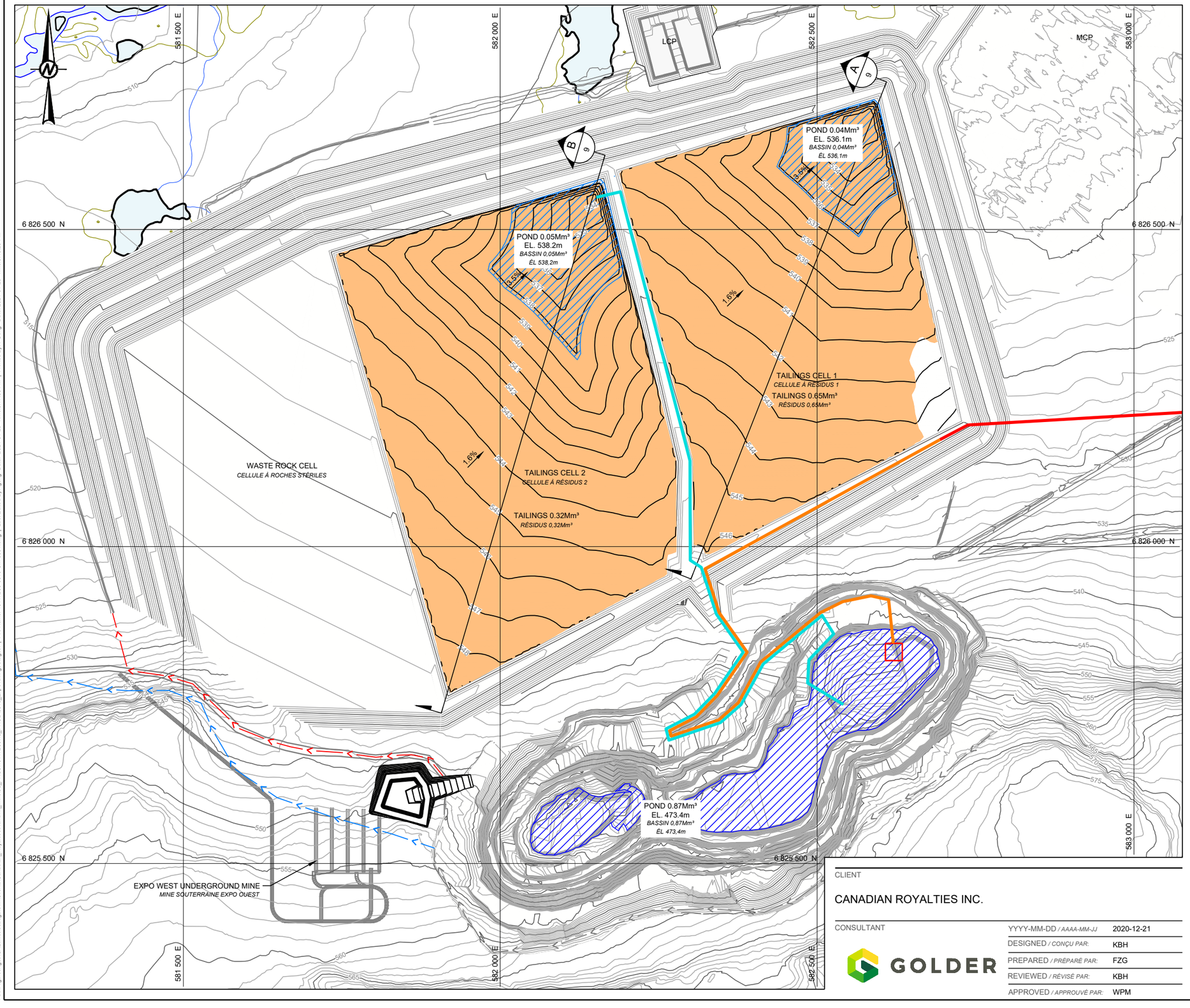
RÉSIDUS EXPO À LA FIN DE L'ANNÉE 2020

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	3

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

0 25 mm

Path: \\golder.gds\corp\edata\ottcrm\sisaugas\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik_Mine\99_PROJ\19117253\40_PROD\0010_ExpoTailingsStages\ | File Name: 19117253-0010-CM-0003.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:2:51:36 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:2:51:54 PM



LEGEND / LÉGENDE

- TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*
- TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*
- 6-INCH SCH.80 CARBON STEEL PIPE / *CONDUITE D'ACIER DE 6 POUCES SCH.80 CARBONE*
- 8-INCH RD9 4710 HDPE PIPE / *CONDUITE EN PEHD DE 8 POUCES RD9 4710*
- FLOATING PUMP BARGE / *POMPE SUR BARGE FLOTTANTE*
- VALVE STATION / *STATION DE VALVES*
- WATER PIPELINE TO PIT / *CONDUITE D'EAU VERS LA FOSSE*

NOTE(S)

1. PUMPING OF EXCESS WATER FROM TAILINGS CELL 1 TO TAILINGS CELL 2 AND FROM TAILINGS CELL 2 TO THE PIT BEGINS IN JUNE 2021.
2. AFTER JUNE 2021, PROCESS RECLAIM WATER IS RECYCLED TO THE MILL FROM THE PIT. EXCESS PIT WATER WILL BE STORED IN THE PIT (NOT PUMPED TO THE MCP).

NOTE(S)

1. *LE POMPAGE DE L'EAU EXCÉDENTAIRE DE LA CELLULE 1 VERS LA CELLULE 2 ET DE LA CELLULE 2 VERS LA FOSSE DÉBUTE EN JUIN 2021.*
2. *APRÈS JUIN 2021, L'EAU DE RECIRCULATION DE LA FOSSE EST RECYCLÉE PAR LE MOULIN. L'EAU EXCÉDENTAIRE SERA STOCKÉE DANS LA FOSSE (PAS POMPÉE VERS LE BCP).*

NOTE(S)

1. *LE POMPAGE DE L'EAU EXCÉDENTAIRE DE LA CELLULE 1 VERS LA CELLULE 2 ET DE LA CELLULE 2 VERS LA FOSSE DÉBUTE EN JUIN 2021.*
2. *APRÈS JUIN 2021, L'EAU DE RECIRCULATION DE LA FOSSE EST RECYCLÉE PAR LE MOULIN. L'EAU EXCÉDENTAIRE SERA STOCKÉE DANS LA FOSSE (PAS POMPÉE VERS LE BCP).*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 100 200
1:3,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

TITLE / *TITRE*

EXPO TAILINGS END OF YEAR 2021

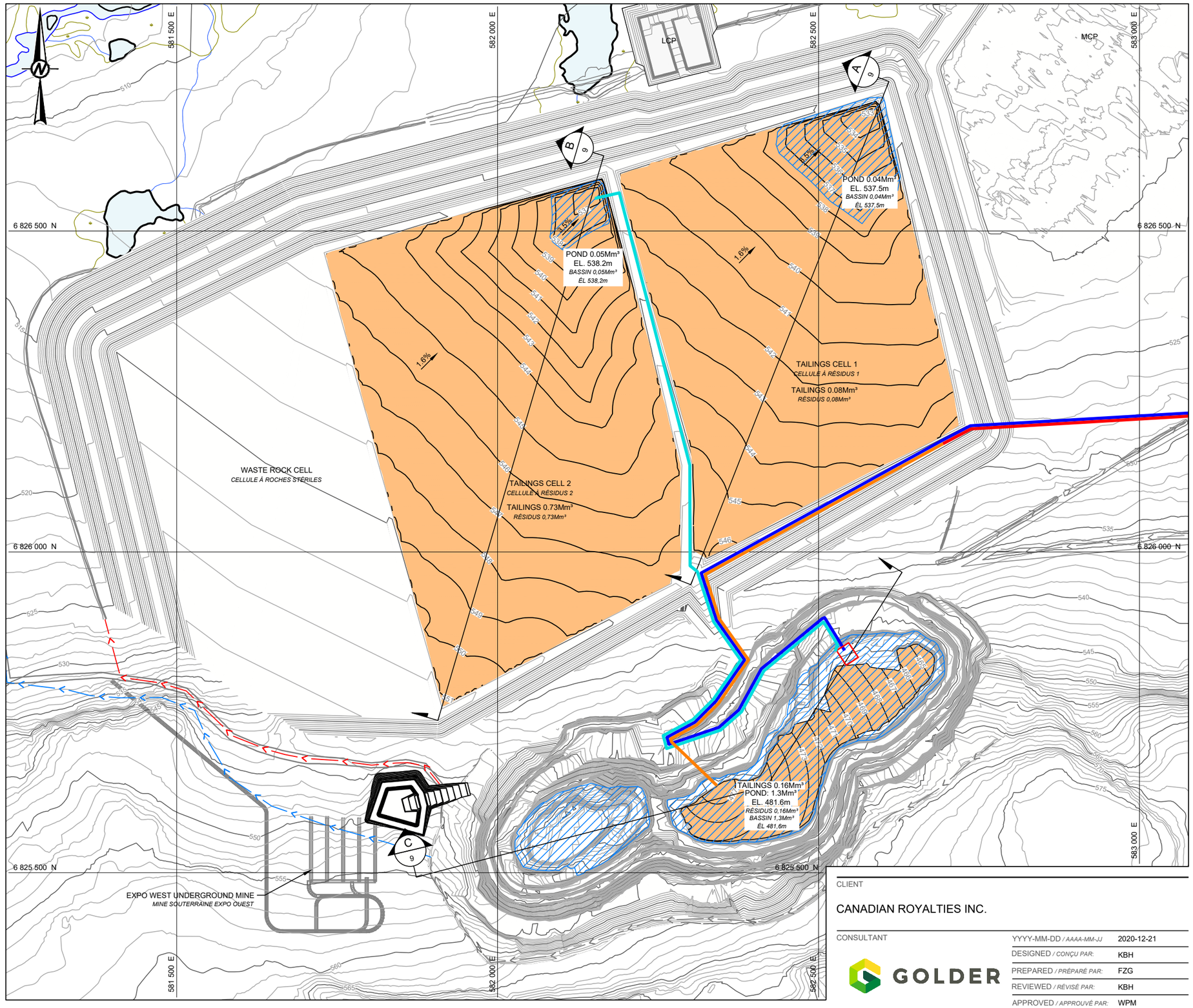
RÉSIDUS EXPO À LA FIN DE L'ANNÉE 2021

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	4

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

0 5 10 15 20 25 mm

Path: \\golder.gds\GAL\Mississauga\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik_Mine\99_PROJ\19117253\40_PROD\0010_ExpoTailingsStages\ | File Name: 19117253-0010-CM-0004.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:3:17:38 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:3:18:23 PM



LEGEND / LÉGENDE

- TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*
- TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*
- 6-INCH SCH.80 CARBON STEEL PIPE / *CONDUITE D'ACIER DE 6 POUCES SCH.80 CARBONE*
- 8-INCH RD9 4710 HDPE PIPE / *CONDUITE EN PEHD DE 8 POUCES RD9 4710*
- FLOATING PUMP BARGE / *POMPE SUR BARGE FLOTTANTE*
- VALVE STATION / *STATION DE VALVES*
- WATER PIPELINE TO PIT / *CONDUITE D'EAU VERS LA FOSSE*
- WATER PIPELINE TO MILL / *CONDUITE D'EAU VERS LE MOULIN*

NOTE(S)

1. PUMPING OF EXCESS WATER FROM TAILINGS CELL 1 TO TAILINGS CELL 2 AND FROM TAILINGS CELL 2 TO THE PIT CONTINUES.
2. PROCESS RECLAIM WATER IS RECYCLED TO THE MILL FROM THE PIT. EXCESS PIT WATER WILL BE STORED IN THE PIT (NOT PUMPED TO THE MCP).

NOTE(S)

1. *LE POMPAGE DE L'EAU EXCÉDENTAIRE DE LA CELLULE 1 VERS LA CELLULE 2 ET DE LA CELLULE 2 VERS LA FOSSE CONTINU.*
2. *L'EAU DE RECIRCULATION DE LA FOSSE EST RECYCLÉE PAR LE MOULIN. L'EAU EXCÉDENTAIRE SERA STOCKÉE DANS LA FOSSE (PAS POMPÉE VERS LE BCP).*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 100 200
1:3,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

TITLE / *TITRE*

EXPO TAILINGS END OF YEAR 2022

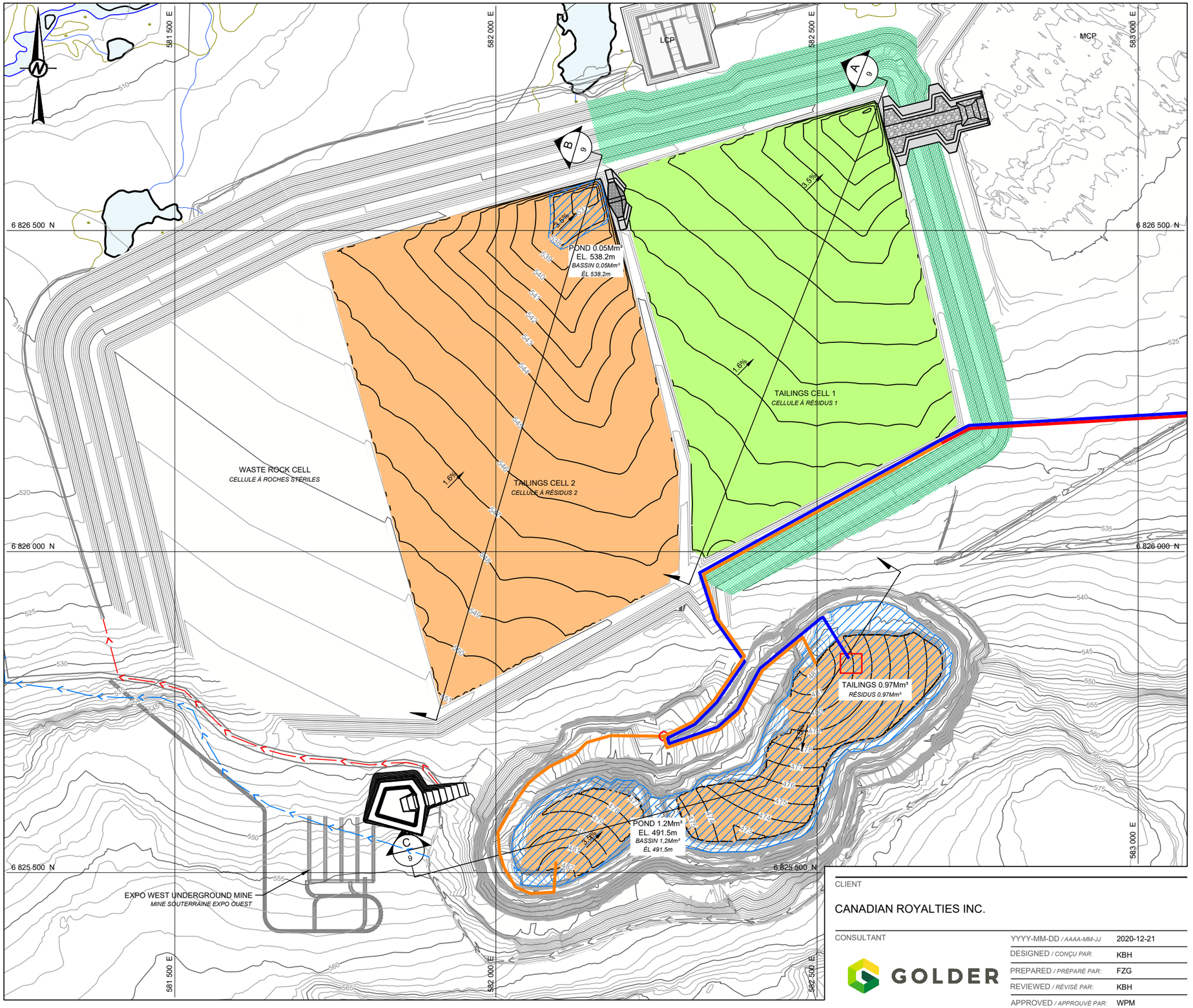
RÉSIDUS EXPO À LA FIN DE L'ANNÉE 2022

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	5

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

0 25 mm

Path: \\golder.gds\GAL\Mississauga\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik Mine\99_PROJ\19117253\40_PROD\0010_Expo\TailingsStage\ | File Name: 19117253-0010-CM-0005.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:3:17:23 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:3:19:13 PM



LEGEND / LÉGENDE

- TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*
- TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*
- COVER OVER TAILINGS / *COUVERTURE SUR LES RÉSIDUS*
- COVER OVER DOWNSTREAM SLOPE OF WASTE ROCK / *COUVERTURE SUR LES PENTES AVALES DE ROCHES STÉRILES*
- 6-INCH SCH.80 CARBON STEEL PIPE / *CONDUITE D'ACIER DE 6 POUCES SCH.80 CARBONE*
- 8-INCH RD9 4710 HDPE PIPE / *CONDUITE EN PEHD DE 8 POUCES RD9 4710*
- FLOATING PUMP BARGE / *POMPE SUR BARGE FLOTTANTE*
- VALVE STATION / *STATION DE VALVES*
- WATER PIPELINE TO PIT / *CONDUITE D'EAU VERS LA FOSSE*
- WATER PIPELINE TO MILL / *CONDUITE D'EAU VERS LE MOULIN*

NOTE(S)

1. PUMPING OF EXCESS WATER FROM TAILINGS CELL 1 TO TAILINGS CELL 2 CONTINUES UNTIL THE COVER IS COMPLETED. ONCE THE COVER IS COMPLETED, RUNOFF IS DIRECTED TO THE MCP.
2. PUMPING OF EXCESS WATER FROM TAILINGS CELL 2 TO THE PIT CONTINUES.
3. PROCESS RECLAIM WATER IS RECYCLED TO THE MILL FROM THE PIT.
4. TREATMENT AND DISCHARGE OF PIT TAILINGS WATER OCCURS IN SUMMER MONTHS.

NOTE(S)

1. *LE POMPAGE DE L'EAU EXCÉDENTAIRE DE LA CELLULE 1 VERS LA CELLULE 2 CONTINU JUSQU'À CE QUE LE RECOUVREMENT SOIT COMPLÉTÉ. UN FOIS LE RECOUVREMENT COMPLÉTÉ, L'EAU EST DIRIGÉE VERS LE BCP.*
2. *LE POMPAGE DE L'EAU EXCÉDENTAIRE DE LA CELLULE 2 VERS LA FOSSE CONTINU.*
3. *L'EAU DE RECIRCULATION DE LA FOSSE EST RECYCLÉE PAR LE MOULIN.*
4. *LE TRAITEMENT ET LA DÉCHARGE DES EAUX DE RÉSIDUS S'EFFECTUE EN ÉTÉ.*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 100 200
1:3,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

TITLE / *TITRE*

EXPO TAILINGS END OF YEAR 2023

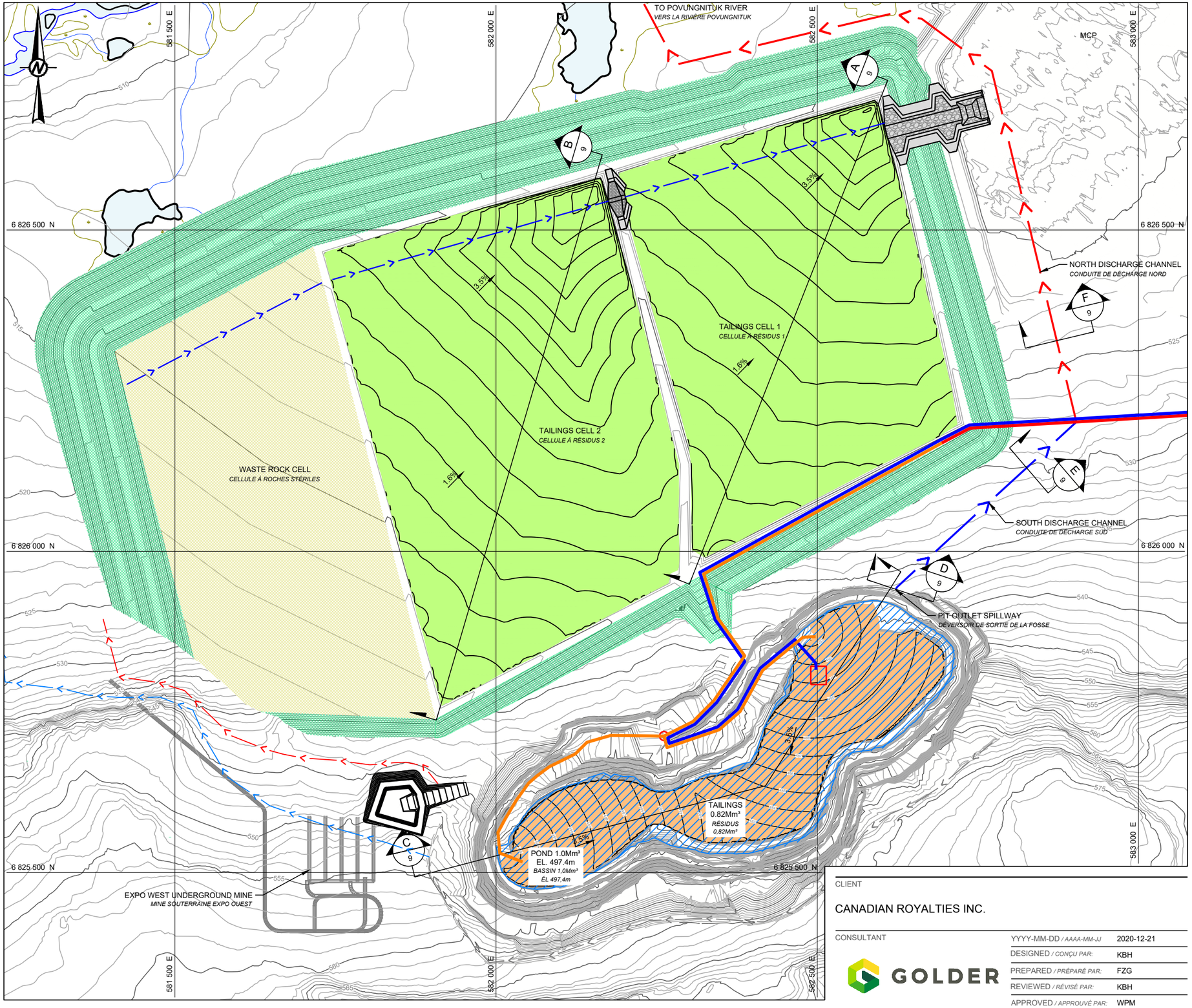
RÉSIDUS EXPO À LA FIN DE L'ANNÉE 2023

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	6

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

0 25 mm

Path: \\golder.gds\GAL\Mississauga\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik_Mine\99_PROJ\19117253\40_PROD\0010_ExpoTailingsStages\ | File Name: 19117253-0010-CM-0006.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:3:16:00 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:3:20:02 PM



LEGEND / LÉGENDE

- TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*
- TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*
- COVER OVER TAILINGS / *COUVERTURE SUR LES RÉSIDUS*
- COVER OVER DOWNSTREAM SLOPE OF WASTE ROCK / *COUVERTURE SUR LES PENTES AVALES DE ROCHES STÉRILES*
- COVER OVER TOP OF WASTE ROCK / *COUVERTURE SUR LES ROCHES STÉRILES*
- 6-INCH SCH.80 CARBON STEEL PIPE / *CONDUITE D'ACIER DE 6 POUCES SCH.80 CARBONE*
- 8-INCH RD9 4710 HDPE PIPE / *CONDUITE EN PEHD DE 8 POUCES RD9 4710*
- FLOATING PUMP BARGE / *POMPE SUR BARGE FLOTTANTE*
- VALVE STATION / *STATION DE VALVES*
- WATER PIPELINE TO PIT / *CONDUITE D'EAU VERS LA FOSSE*
- WATER PIPELINE TO MILL / *CONDUITE D'EAU VERS LE MOULIN*
- SOUTH DISCHARGE CHANNEL / *CONDUITE DE DÉCHARGE SUD*
- NORTH DISCHARGE CHANNEL / *CONDUITE DE DÉCHARGE NORD*

NOTE(S)

1. RUNOFF FROM TAILINGS CELL 1 IS DIRECTED TO THE MCP.
2. PUMPING OF EXCESS WATER FROM TAILINGS CELL 2 TO THE PIT CONTINUES UNTIL THE COVER IS COMPLETED. ONCE THE COVER IS COMPLETED, RUNOFF IS DIRECTED TO THE MCP.
3. PROCESS RECLAIM WATER IS RECYCLED TO THE MILL FROM THE PIT.
4. TREATMENT AND DISCHARGE OF PIT TAILINGS WATER OCCURS IN SUMMER MONTHS.

NOTE(S)

1. *LE RUISSELLEMENT DES RÉSIDUS DE LA CELLULE 1 EST DIRRIGÉ VERS LE BCP.*
2. *LE POMPAGE DE L'EAU EXCÉDENTAIRE DE LA CELLULE 1 VERS LA CELLULE 2 CONTINU JUSQU'À CE QUE LE RECOUVREMENT SOIT COMPLÉTÉ. UN FOIS LE RECOUVREMENT COMPLÉTÉ, L'EAU EST DIRIGÉE VERS LE BCP.*
3. *L'EAU DE RECIRCULATION DE LA FOSSE EST RECYCLÉE PAR LE MOULIN.*
4. *LE TRAITEMENT ET LA DÉCHARGE DES EAUX DE RÉSIDUS S'ÉFFECTUE EN ÉTÉ.*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 100 200
1:3,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

TITLE / *TITRE*

EXPO TAILINGS YEAR 2024 (END OF DEPOSITION)

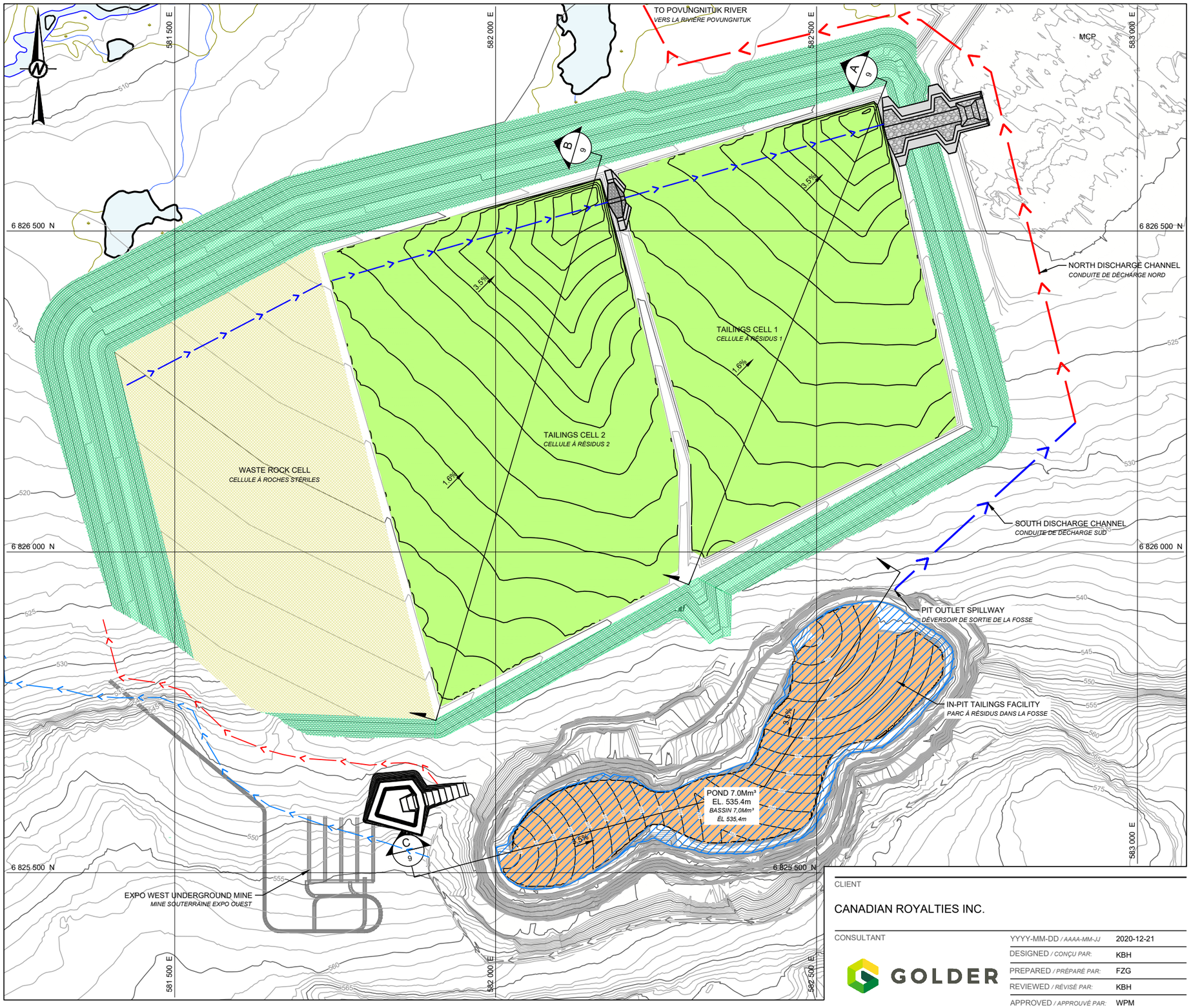
RÉSIDUS EXPO À LA FIN DE L'ANNÉE 2024 (FIN DE LA DÉPOSITION)

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	7

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

0 25 mm

Path: \\golder.gds\GAL\Mississauga\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik_Mine\99_PROJ\19117253\40_PROD\0010_ExpoTailingsStages\ | File Name: 19117253-0010-CM-0007.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:3:26:22 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:3:30:26 PM



LEGEND / LÉGENDE

- TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*
- TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*
- COVER OVER TAILINGS / *COUVERTURE SUR LES RÉSIDUS*
- COVER OVER DOWNSTREAM SLOPE OF WASTE ROCK / *COUVERTURE SUR LES PENTES AVALES DE ROCHES STÉRILES*
- COVER OVER TOP OF WASTE ROCK / *COUVERTURE SUR LES ROCHES STÉRILES*
- 6-INCH SCH.80 CARBON STEEL PIPE / *CONDUITE D'ACIER DE 6 POUCES SCH.80 CARBONE*

NOTE(S)

1. RUNOFF FROM TAILINGS CELL 1 AND TAILINGS CELL 2 IS DIRECTED TO THE MCP.
2. TREATMENT AND DISCHARGE OF PIT TAILINGS WATER OCCURS IN SUMMER MONTHS UNTIL THE PIT IS EMPTIED IN 2030.
3. ONCE THE PIT IS EMPTIED, ACCELERATED FLOODING WITH WATER FROM LAC BOMBARDIER WILL BEGIN. FLOODING WILL BE COMPLETED IN 2033.
4. AFTER 2033, EXCESS WATER WILL BE ALLOWED TO DISCHARGE TOWARDS THE MCP.
5. PIT WATER HARDNESS WILL BE MAINTAINED AT 400mg/L UNTIL 2056.

NOTE(S)

1. *LE RUISSELLEMENT DES RÉSIDUS DE LA CELLULE 1 EST DIRRIGÉ VERS LE BCP.*
2. *LE TRAITEMENT ET LA DÉCHARGE DES EAUX DE RÉSIDUS S'ÉFFECTUE EN ÉTÉ JUSQU'À CE QUE LA FOSSE SOIT VIDE EN 2030.*
3. *UN FOIS LA FOSSE VIDE, L'ENNOYAGE ACCÉLÉRÉ AVEC L'EAU DU LAC BOMBARDIER DÉBUTE. L'ENNOYAGE SERA COMPLÉTÉ EN 2035.*
4. *APRÈS 2035, L'EAU EXCÉDENTAIRE SERA AUTORISÉ À SE DÉCHARGER VERS LE BCP.*
5. *LA DURETÉ DE L'EAU DE FOSSE SERA MAINTENUE À 400MG/L JUSQU'À 2056.*

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

0 100 200
1:3,000 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

TITLE / *TITRE*

EXPO TAILINGS YEAR 2035 (END OF ACCELERATED FLOODING)

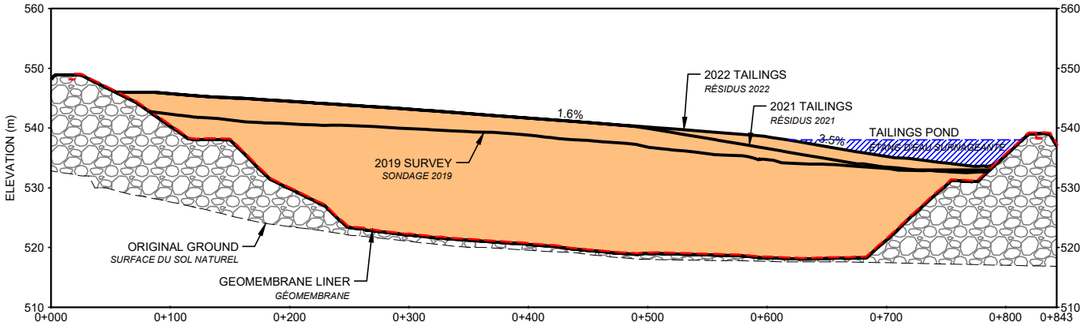
RÉSIDUS EXPO À LA FIN DE L'ANNÉE 2035 (FIN DE L'ENNOYAGE ACCÉLÉRÉ)

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	8

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

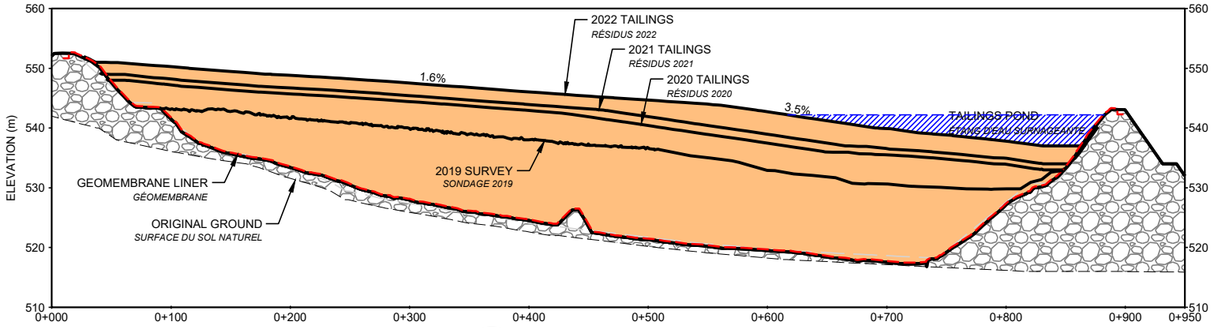
0 25 mm

Path: \\golder.gds\GAL\Mississauga\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik_Mine\99_PROJ\19117253\40_PROD\0010_ExpoTailingsStages\ | File Name: 19117253-0010-CM-0008.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:3:27:13 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:3:31:21 PM



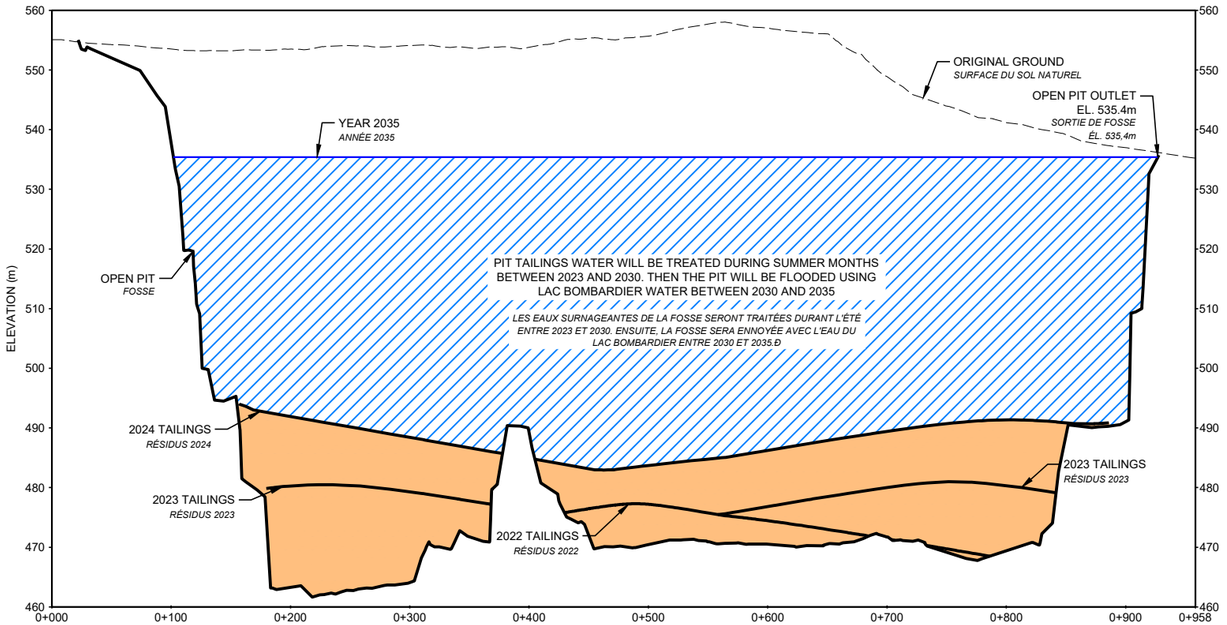
SCALE 1:2,500 m
VERT. SCALE 1:500 m

A - CELL 1 CROSS-SECTION
CELLULE 1 COUPE TRANSVERSALE



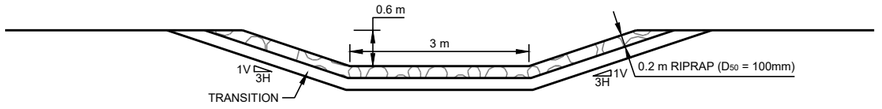
SCALE 1:2,500 m
VERT. SCALE 1:500 m

B - CELL 2 CROSS-SECTION
CELLULE 2 COUPE TRANSVERSALE



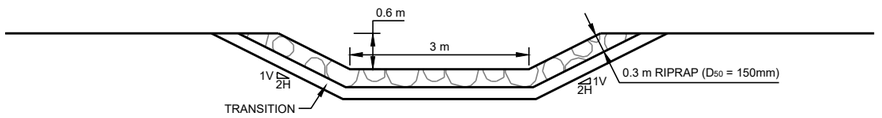
SCALE 1:2,500 m
VERT. SCALE 1:500 m

C - OPEN PIT CROSS-SECTION
COUPE TRANSVERSALE DE LA FOSSE



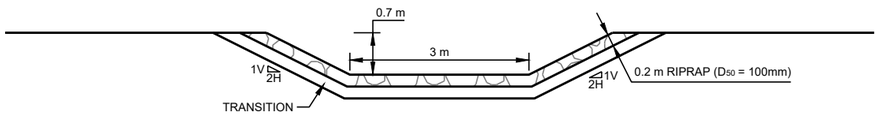
SCALE 1:50 m

D - OUTLET SPILLWAY CROSS-SECTION
COUPE TRANSVERSALE DU DÉVERSOIR DE SORTIE DE LA FOSSE



SCALE 1:50 m

E - SOUTH DISCHARGE CHANNEL
COUPE TRANSVERSALE DE LA CONDUITE DE DÉCHARGE SUD



SCALE 1:50 m

F - NORTH DISCHARGE CHANNEL
COUPE TRANSVERSALE DE LA CONDUITE DE DÉCHARGE NORD

NOT FOR CONSTRUCTION / PAS POUR CONSTRUCTION

FOR PERMITTING ONLY / POUR DEMANDE DE PERMIS UNIQUEMENT

LEGEND / LÉGENDE

TAILINGS DEPOSITION / *DÉPOSITION DES RÉSIDUS*

TAILINGS POND / *ÉTANG D'EAU SURNAGEANTE*

0 2 4
1:50 METRES

0 20 40
1:500 METRES

0 100 200
1:2,500 METRES

CLIENT

CANADIAN ROYALTIES INC.

CONSULTANT

GOLDER

YYYY-MM-DD / *AAAA-MM-JJ*	2020-12-21
DESIGNED / *CONÇU PAR:*	KBH
PREPARED / *PRÉPARÉ PAR:*	FZG
REVIEWED / *RÉVISÉ PAR:*	KBH
APPROVED / *APPROUVÉ PAR:*	WPM

PROJECT / *PROJET*

NUNAVIK NICKEL MINE

TITLE / *TITRE*

CROSS-SECTIONS OF CELLS 1 AND 2 AND IN-PIT TAILINGS CELL

COUPE TRANSVERSALE DES CELLULES 1 ET 2 ET DE LA CELLULE DE RÉSIDUS DE LA FOSSE

PROJECT NO. / *NO DE PROJET*	PHASE	REV.	FIGURE
19117253	3000	2	9

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ANSI D

0 25 mm

Path: \\golder.gds\GAL\Mississauga\SIM\Clients\Canadian_Royalties\Nunavik Mine\99_PROJ\19117725340_PROJ\0010 ExpoTailingsStage\ | File Name: 19117253-0010-CM-0009.dwg | Last Edited By: fgong Date: 2021-01-29 Time:3:27:52 PM | Printed By: FGong Date: 2021-01-29 Time:3:28:36 PM

ANNEXES

ANNEXE A

Données météorologiques

A.1.0 INTRODUCTION

Cette annexe résume les données météorologiques locales et régionales disponibles pour le site. Les principales sources de données sont les suivantes :

- Données météorologiques sur site (au site Expo) : 2014 à 2020.
- Iqaluit A (station d'Environnement Canada située à 350 km au nord-est du site) : la station Iqaluit A 2402590 a été remplacée en février 2014 par la station Iqaluit A 2402596. Les enregistrements des deux stations ont été combinés pour générer une série chronologique de 1953 à 2018.
- Kuujjuaq A (station d'Environnement Canada située à 480 km à l'est du site) : la station Kuujjuaq A 7113534 a été remplacée en mars 2014 par la station Kuujjuaq A 7113535. Les enregistrements des deux stations ont été combinés pour générer une série chronologique de 1947 à 2018.
- Katinniq (station de propriété et de gestion privée, située à 60 km au nord du site) : 2000 à 2005.
- Atlas de la fréquence des pluies pour le Canada, en date de 1985.

A.2.0 TEMPÉRATURE DE L'AIR

Une station météorologique a été installée sur le site Expo à l'été 2014. Sur la base des données collectées entre 2014 et 2018, la température moyenne annuelle de l'air du site Expo est de -10,3 °C. Le tableau A-1 présente un résumé des températures mensuelles moyennes de l'air pour la période d'enregistrement. Selon les valeurs présentées au tableau A-1, les températures demeurent inférieures à zéro d'octobre à mai. Janvier et février sont les mois les plus froids avec des températures mensuelles moyennes de - 26,7 et - 29,5 °C, et juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 8,1 °C. Les températures quotidiennes minimales, moyennes et maximales mesurées à la station sur site sont indiquées à l'annexe A-1.

Tableau A-1 : Température de l'air mensuelle moyenne de la station météorologique du site Expo

Mois	2014	2015	2016	2017	2018	Moyenne
Janvier	-	- 31,8	- 23,1	- 22,6	- 29,1	- 26,7
Février	-	- 32,4	- 27,1	- 26,3	- 32,1	- 29,5
Mars	-	- 26,4	- 24,5	- 21,9	- 16,7	- 22,4
Avril	-	- 14,4	- 16,5	- 15,3	- 15,8	- 15,5
Mai	-	- 7,0	- 5,2	- 3,6	- 10,7	- 6,6
Juin	-	0,2	1,7	5,3	- 1,5	1,4
Juillet	7,9	8,0	9,3	7,7	7,5	8,1
Août	9,3	6,4	8,8	7,2	4,6	7,3
Septembre	- 1,3	0,6	2,1	1,7	- 1,1	0,4
Octobre	- 4,5	- 7,2	- 7,2[(a)]	- 5,1	- 8,5	- 6,5
Novembre	- 14,5	- 13,1	- 12,1[(a)]	- 12,4	- 12,5	- 12,9
Décembre	- 20,2	- 22,0	- 21,6[(a)]	- 19,0	- 18,7	- 20,3
Moyenne	**-**	***- 11,6***	**-**	***- 8,7***	***- 11,2***	***- 10,3***

Note :
(a) Les données ont été obtenues à partir des données de la station d'Environnement Canada du parc national des Pingualuit à environ 30 km au sud-sud-ouest de la station météorologique du site Expo.

Les températures mensuelles moyennes mesurées sur le site ont été comparées à celles de la station Iqaluit A (1953 à 2018) et de la station Katinniq (2000 à 2005), comme indiqué au tableau A-2. Katinniq est une station de propriété et de gestion privée, à environ 60 km au nord du site Expo, avec des données de température mensuelles entre 2000 et 2005 (Genivar 2007).

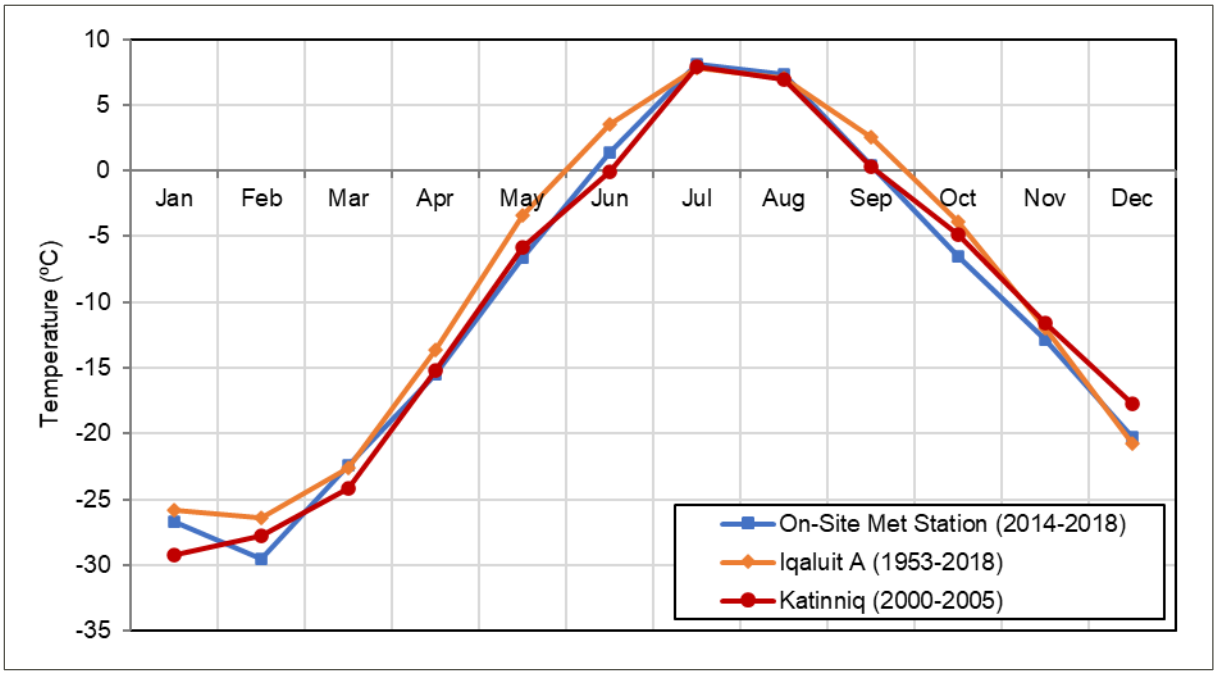


Figure A-1 : Température mensuelle moyenne aux stations du site Expo, Iqaluit A et Katinniq

Tableau A-2 : Comparaison des données de température

Mois	Station sur site	Station Katinniq	Station Iqaluit A
Janvier	- 26,7	- 29,2	- 25,8
Février	- 29,5	- 27,8	- 26,4
Mars	- 22,4	- 24,2	- 22,6
Avril	- 15,5	- 15,2	- 13,6
Mai	- 6,6	- 5,8	- 3,4
Juin	1,4	- 0,1	3,5
Juillet	8,1	7,9	7,8
Août	7,3	6,9	7,0
Septembre	0,4	0,3	2,5
Octobre	- 6,5	- 4,9	- 3,9
Novembre	- 12,9	- 11,6	- 12,0
Décembre	- 20,3	- 17,7	- 20,8
Moyenne	***- 10,3***	***- 9,5***	***- 8,9***

Étant donné que les données du site ont des tendances et des valeurs similaires aux données recueillies aux stations Iqaluit A et Katinniq, les données de température collectées à la station Katinniq ont été utilisées dans l'analyse thermique pour être cohérentes avec les conceptions précédentes de Golder sur le site minier.

A.3.0 PRÉCIPITATIONS

Les précipitations quotidiennes mesurées à la station sur site sont indiquées à l'annexe A-1. Compte tenu de l'incertitude entourant les estimations des précipitations et sur la base des données limitées disponibles pour la station sur site, les données de la station Kuujjuaq A ont été utilisées pour représenter les conditions sur le site minier, conformément aux conceptions antérieures de Golder à la mine Nunavik Nickel. Bien qu'elle se trouve éloignée du projet (à 480 km de distance), Kuujjuaq A enregistre la plus forte pluviométrie des stations régionales. Les précipitations totales annuelles moyennes de 600 mm ont été utilisées pour le site minier (Golder 2012). Les normales climatiques de 1971 à 2000 pour la station Iqaluit A ont été utilisées pour le projet Golder (2012). Les normales climatiques de 1981 à 2010 pour la station Iqaluit A ont été actualisées pour caractériser la distribution mensuelle des précipitations annuelles (tableau A-3). Les deux distributions sont présentées au tableau A-3.

Tableau A-3 : Précipitations mensuelles pour la mine Nunavik Nickel

Mois	Climat normal 1971-2000[1]		Climat normal 1981-2010[1]	
	Précipitations (mm)	% annuel	Précipitations (mm)	% annuel
Janvier	30,7	5,1 %	29,3	4,9 %
Février	21,8	3,6 %	27,8	4,6 %
Mars	31,7	5,3 %	27,8	4,6 %
Avril	41,1	6,8 %	40,9	6,8 %
Mai	39,2	6,5 %	43,4	7,2 %
Juin	51,0	8,5 %	49,0	8,2 %
Juillet	86,5	14,4 %	77,1	12,9 %
Août	95,7	15,9 %	103,3	17,2 %
Septembre	80,1	13,3 %	82,0	13,7 %
Octobre	53,4	8,9 %	49,5	8,2 %
Novembre	42,4	7,1 %	40,4	6,7 %
Décembre	26,5	4,4 %	29,6	4,9 %
Annuel	***600***	***100 %***	***600***	***100 %***

Note :
(1) Les distributions obtenues à partir des normales climatiques de la station Iqaluit A ont été utilisées pour caractériser la distribution mensuelle des précipitations annuelles

L'analyse de fréquence pour les années humides et sèches sur le site du projet a été basée sur les précipitations totales moyennes annuelles de 600 mm et l'écart type des précipitations annuelles à la station Kuujjuaq A (Golder 2012). Les précipitations annuelles avec des périodes de retour de 5 à 1000 ans ont été estimées à l'aide des distributions de probabilité de log-normale et sont indiquées au tableau A-4.

Tableau A-4 : Précipitations annuelles pour les années humides et sèches à la mine Nunavik Nickel

Période de retour (années)	Précipitations annuelles (mm)	
	Année humide	Année sèche
5	680	515
10	732	479
25	791	443
50	832	421
100	870	403
1000	987	355

Les précipitations moyennes pour les tempêtes d'une durée de 24 heures et les périodes de retour de 2 à 1000 ans ont été estimées pour la station de Kuujjuaq à partir de l'information de l'Atlas de la fréquence des précipitations, et les valeurs sont présentées au tableau A-5. Les valeurs du tableau A-5 sont celles présentées dans Golder (2012).

Tableau A-5 : Données des hauteurs de pluie sur une durée de 24 heures pour la mine Nunavik Nickel

Période de retour (années)	Hauteurs de pluie (mm)
2	25,4
10	40,1
25	47,4
100	58,4
1000	76,4
PMP	207

A.4.0 ÉVAPORATION ET SUBLIMATION

Golder (2012) a recommandé d'utiliser une évapotranspiration potentielle totale annuelle de 222,5 mm, dont 80 % se produisant entre les mois de juin et septembre. L'évaporation et la sublimation ont été estimées en supposant que l'évapotranspiration potentielle entre juin et septembre représente l'évaporation des lacs et que les pertes survenant pendant les mois d'octobre à mai représentent la sublimation potentielle de la neige au sol. Le tableau A-6 illustre l'évaporation des lacs et la sublimation mensuelles et annuelles estimée pour le site minier.

Tableau A-6 : Évaporation des lacs et sublimation mensuelles du lac à la mine Nunavik Nickel

Mois	Évaporation du lac (mm)	Sublimation (mm)	Total (mm)
Janvier	-	1,6	1,6
Février	-	2,2	2,2
Mars	-	4,3	4,3
Avril	-	9,6	9,6
Mai	-	20,5	20,5
Juin	35,1	-	31,5
Juillet	73,8	-	73,8
Août	54,9	-	54,9
Septembre	14,4	-	14,4
Octobre	-	4,0	4,0
Novembre	-	2,1	2,0
Décembre	-	-	-
Annuel	***178,2***	***44,3***	***222,5***

A.5.0 VITESSE ET DIRECTION DU VENT

Les mesures de vitesse et de direction du vent collectées à la station météorologique du site entre juillet 2014 et décembre 2018 ont été utilisées pour générer une série temporelle de valeurs de vitesse du vent calculées par moyenne mobile de 10 min. Les vitesses du vent quotidiennes minimales, moyennes et maximales mesurées à la station ausite sont indiquées à l'annexe A-1.

Des données sur le vent ont également été obtenues de la station Iqaluit A (1953 à 2018). Un graphique de la vitesse mensuelle moyenne du vent enregistré à la station météorologique sur site et à la station Iqaluit A est présenté à la figure A-1.

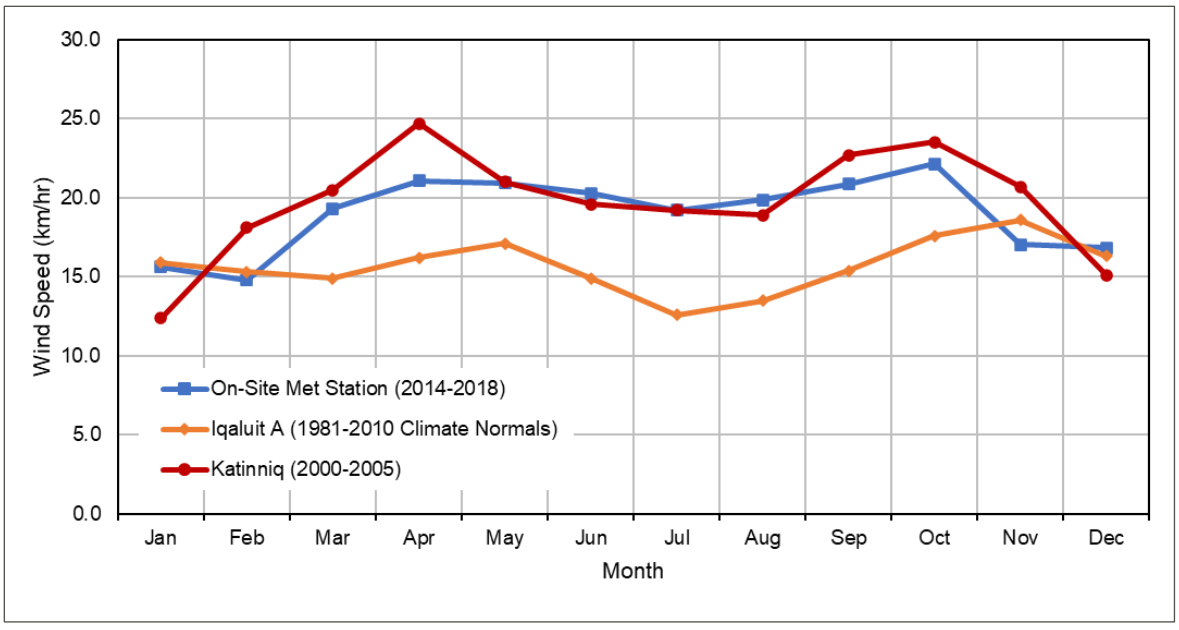


Figure A-1 : Température mensuelle moyenne aux stations du site Expo, Iqaluit A et Katinniq

Les vitesses moyennes du vent pour les stations au site, Iqaluit A et Katinniq sont respectivement de 19,0 km/h, 15,7 km/h et 20,1 km/h.

En raison du nombre limité d'enregistrements disponibles pour les stations sur site et Katinniq, une analyse de fréquence des vitesses horaires maximales annuelles du vent enregistrées à la station Iqaluit A entre 1953 et 2018, a été réalisée pour estimer les vitesses du vent associées à des périodes de retour comprises entre 2 et 1000 ans comme indiqué au tableau A-7.

Tableau A-7 : Vitesses horaires extrêmes du vent et période de retour associée à la station Iqaluit A (1953-2018)

Période de retour (années)	Vitesse du vent (m/s)
2	23,0
5	26,6
10	28,7
25	31,2
50	32,9
100	34,5
1000	39,4

La direction locale du vent peut être considérablement influencée par la topographie. Une rose des vents pour les vitesses de vent d'été (juin à septembre) mesurées à la station météorologique sur site pour la période d'enregistrement est indiquée à la figure A-2. La rose des vents montre que les vents les plus fréquents proviennent des secteurs nord-ouest, sud-est et ouest-sud-ouest. Les directions les plus fréquentes identifiées à Katinniq étaient nord-ouest et sud-ouest (Golder 2012).

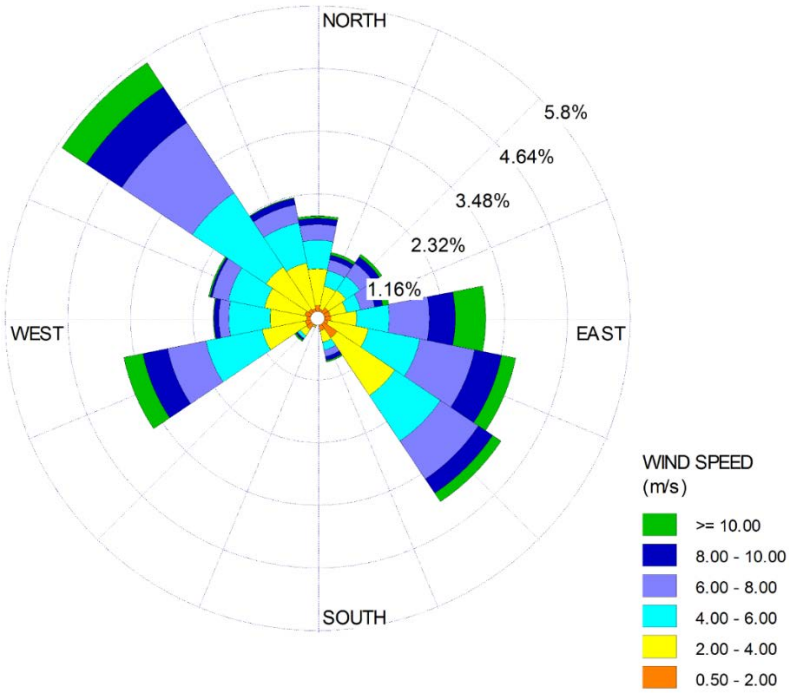


Figure A-2 : Graphique de la rose des vents (été) pour la station du site Expo (2014-2018)

RÉFÉRENCES

Genivar, (2007). Environmental and Social Impact Assessment, Final Complementary Study, Climatology and Hydrology, Projet nickélifère Raglan Sud.

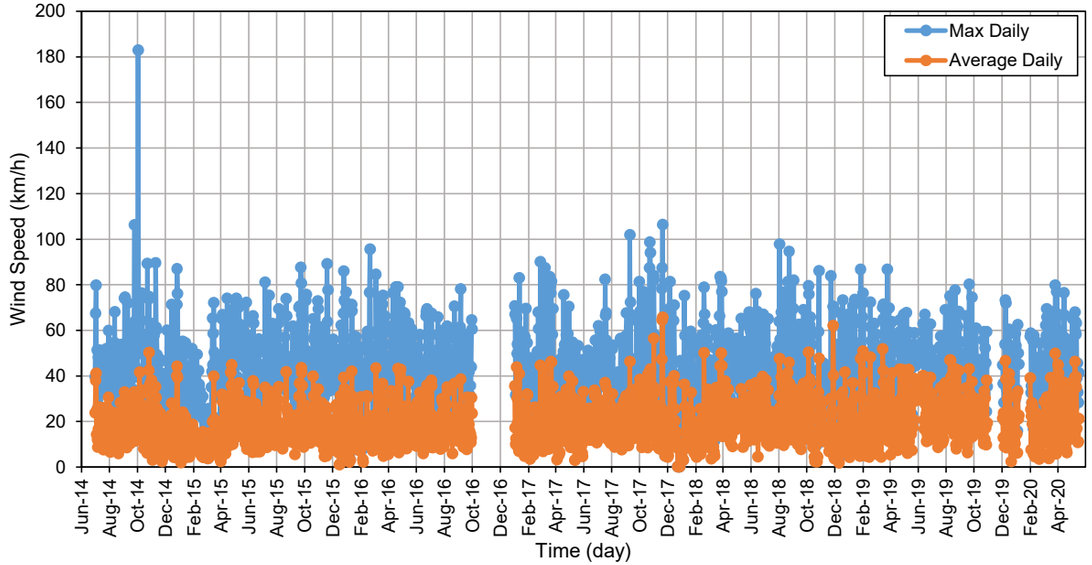
Golder, (2012), Detailed Design of Expo Stage 1 Tailings and Waste Rock Disposal Facility and Water Collection Ponds, Projet Nunavik Nickel, Québec. Rapport 10-1118-0066 (5501). Préparé pour Canadian Royalties Inc. Juin 2012.

Hogg, WD et Carr, DA, (1985). Atlas de la fréquence des pluies au Canada, ministère des Approvisionnements et Services Canada.

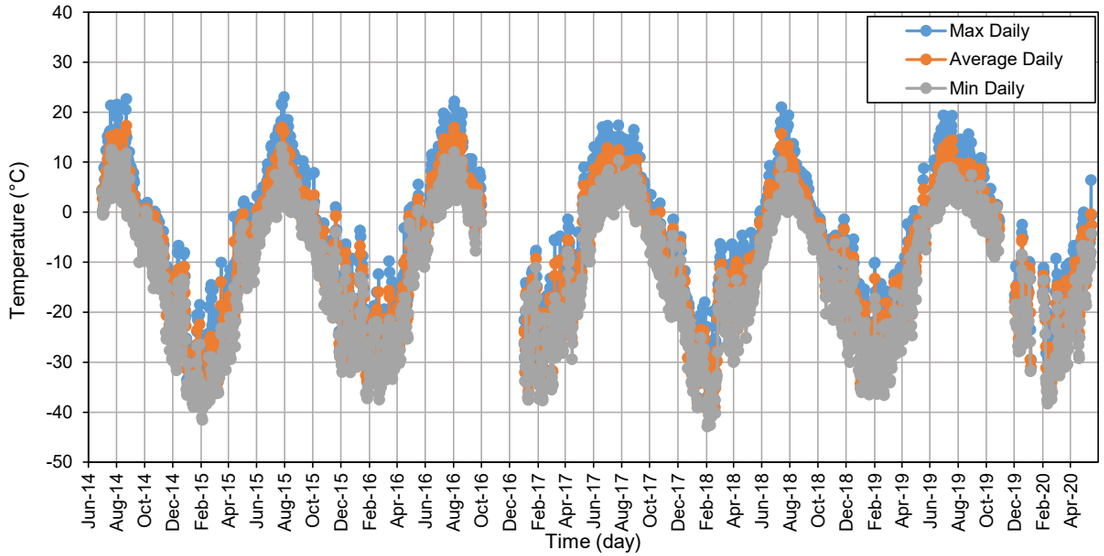
ANNEX A-1

Données météorologiques du site Expo

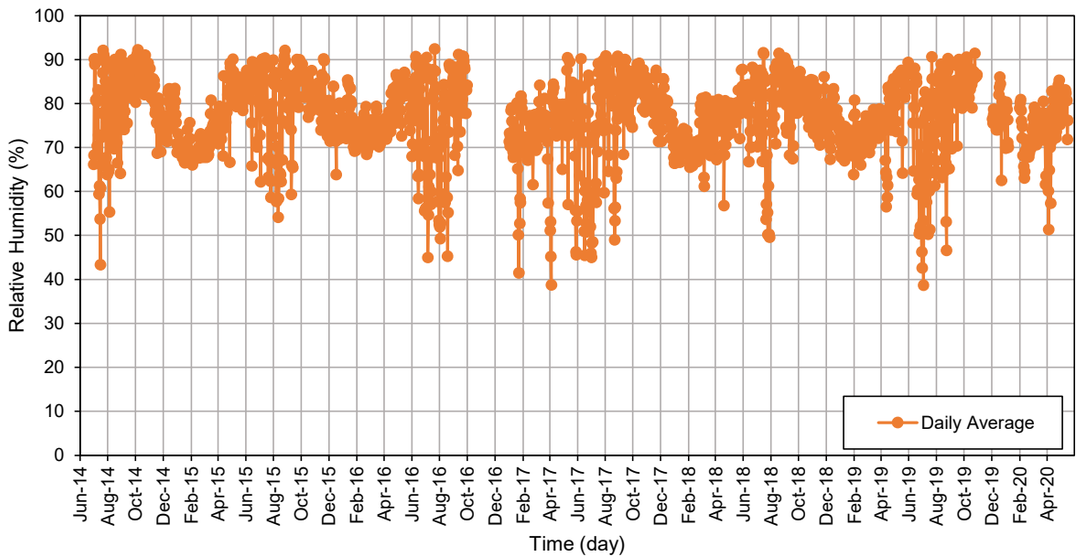
METEOROLOGICAL DATA SUMMARY FOR ON-SITE STATION



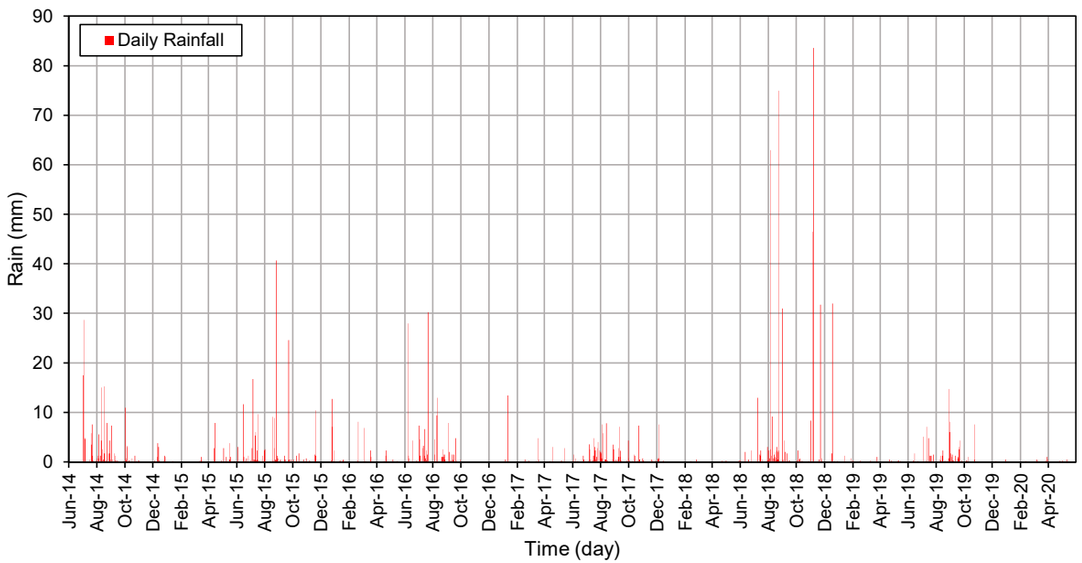
Daily Wind Speed Data



Daily Temperature Data



Daily Relative Humidity Data



Daily Rainfall Data

Source: On-Site station data obtained from Canadian Royalties Inc.

ANNEXE B

Consolidation des résidus

B.1.0 INTRODUCTION

Canadian Royalties Inc. (CRI) mène actuellement une étude pour évaluer la faisabilité de déposition de résidus à l'intérieur de la fosse Expo à la mine Nunavik Nickel, dans le nord du Québec. Les résidus devraient être déposés dans la partie inférieure de la fosse Expo à une élévation d'environ 484 m. À la fin de la déposition, les eaux surnageantes seront pompées et la fosse sera par la suite ennoyée avec de l'eau douce menant à la formation d'un lac de fosse à une élévation de 530,4 m.

Cette annexe présente les résultats de la modélisation de consolidation à grande déformation préparée pour évaluer la consolidation progressive des résidus pendant la déposition, l'élévation finale des résidus consolidés à l'intérieur de la fosse Expo et la profondeur du bassin de résidus après la fin de la consolidation des résidus sous l'effet de leur propre poids.

B.2.0 MODÈLES DE CONSOLIDATION

Des modèles unidimensionnels (1D) de consolidation à grande déformation ont été préparés à l'aide du logiciel CONDES0 (1997) pour évaluer le processus de consolidation des résidus à l'intérieur de la fosse Expo pendant l'exploitation. Le logiciel calcule la distribution unidimensionnelle en fonction du temps de l'indice des vides et de l'épaisseur de la couche dans le cas de la déposition progressive des résidus.

Les relations constitutives construites, intégrées dans le logiciel CONDES0 sont :

1) relation indice des vides / contrainte effective en compression unidimensionnelle:

$e = A_1 * (\sigma' + Z_1)^{B1}$

Où : e est l'indice des vides et σ' est la contrainte effective verticale. A_1, B_1 et Z_1 sont des paramètres d'ajustement obtenus à partir de la courbe de consolidation en grande déformation.

2) relation conductivité hydraulique/indice des vides en compression unidimensionnelle :

$k = C*e^D$

Où : k est la conductivité hydraulique, e est l'indice des vides, et C et D sont des paramètres d'ajustement obtenus à partir de la courbe de perméabilité déterminée lors des essais de consolidation en grande déformation.

B.2.1 Intrants au modèle

Les valeurs des paramètres empiriques requis par les modèles ont été obtenues à partir des courbes d'ajustement appliquées aux résultats des essais en laboratoire de consolidation à grande déformation et de perméabilité effectués sur des échantillons de résidus tels qu'ils sont résumés au tableau B-1 et illustrés à la figure B-1.

Tableau B-1 : Paramètres intrants du modèle de consolidation définis à partir d'essais de consolidation à grande déformation

Matériau	A1	B1	Z1	C	D
Résidus	1 386	-0,118	0,06	3 264	8 059

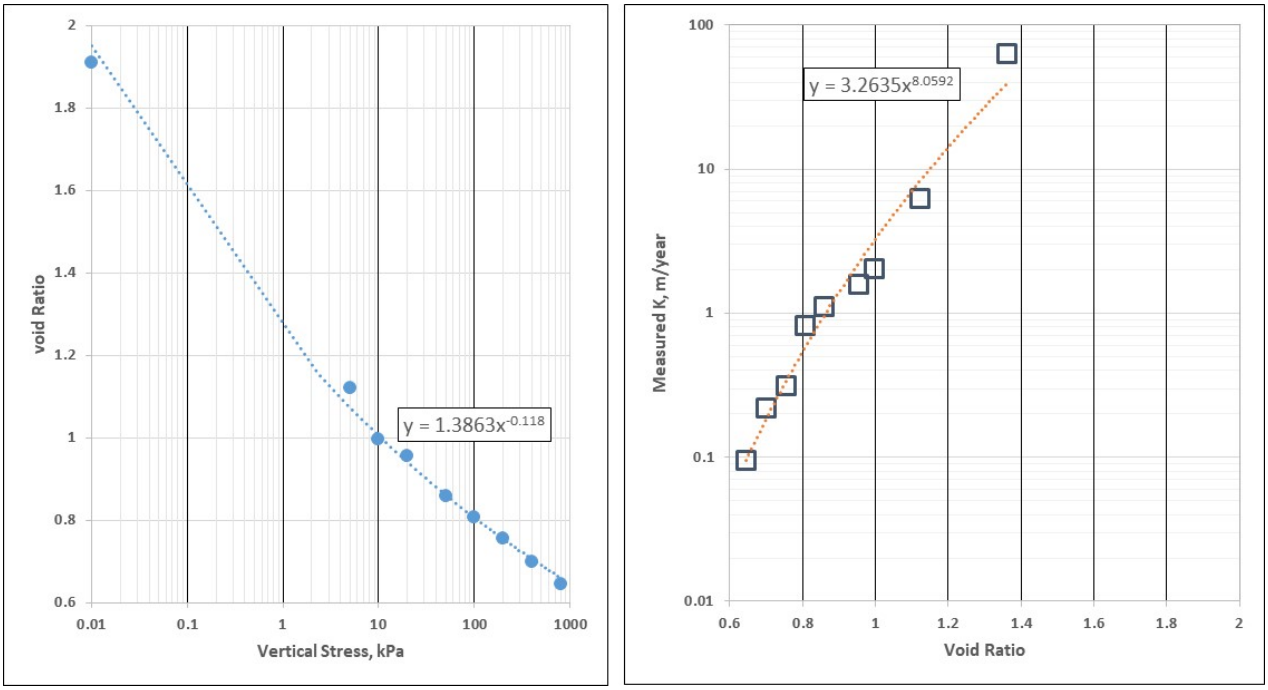


Figure B-1 : Courbes d'ajustement appliquées aux résultats des essais de consolidation à grande déformation pour la définition des intrants au modèle

Le modèle de consolidation nécessite également la gravité spécifique (GS) des résidus comme paramètre d'entrée et la valeur de 3,18 mesurée en laboratoire a été utilisée.

De plus, les intrants au modèle nécessitent le taux de progression des résidus non consolidés à l'intérieur de la fosse. Cela a été estimé sur la base du volume de stockage de la fosse Expo et des données disponibles sur le volume/la masse des résidus pendant l'exploitation, en utilisant un contenu solide des résidus de dépôt de 62,3 % et un indice des vides initial des résidus non consolidés de 1,91. La figure B-2 montre l'évolution de l'élévation des résidus non consolidés à l'intérieur de la fosse utilisée pour définir le taux de progression.

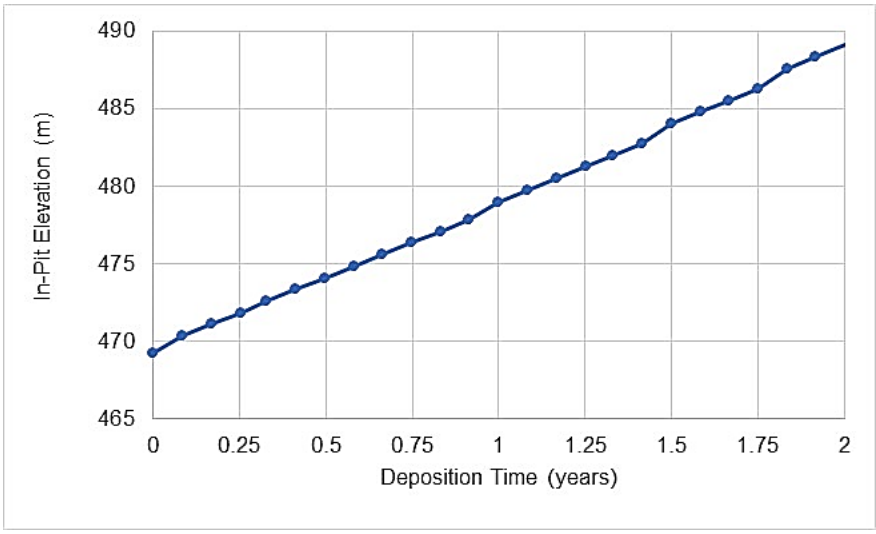


Figure B-2 : Élévation estimée des résidus non consolidés à l'intérieur de la fosse Expo pendant l'exploitation

B.2.2 Calibration du modèle

Le modèle de consolidation 1D comporte des limites inhérentes et ne saisit pas la dynamique de la déposition au terrain en général, et en particulier la question de l'emprisonnement de la glace. L'emprisonnement de la glace pendant la déposition amènerait les résidus à atteindre des taux de consolidation et des densités comparativement plus faibles.

Le processus de consolidation des résidus déposés dans les cellules 1 et 2 a été modélisé et les résultats ont été comparés aux mesures sur le terrain, comme le résume le tableau B-2.

Tableau B-2 : Caractéristiques générales des résidus dans les cellules 1 et 2

Paramètre	Cellule 1	Cellule 2
Épaisseur maximum (m)	17,3	9,8
Densité sèche moyenne in situ (t/m^3)	1 489	1 430
Durée d'exploitation	2013-2017	2016-2018
Estimation du taux moyen de déposition non consolidé (m/an)	3,81	3,1

Les résidus dans les cellules 1 et 2 ont été modélisés à l'aide des paramètres d'entrée présentés au tableau B-1 et des taux de déposition non consolidés estimés présentés au tableau B-2. Les résultats du modèle ont ensuite été comparés aux données de terrain pour obtenir des facteurs de correction à appliquer aux résultats du modèle de consolidation des résidus dans la fosse, le cas échéant.

B.3.0 RÉSULTATS DU MODÈLE

B.3.1 Résidus des cellules 1 et 2

Le tableau B-3 résume l'épaisseur calculée et la densité sèche des résidus consolidés dans les cellules 1 et 2 comparées aux caractéristiques in situ des résidus.

Tableau B-3 : Comparaison des caractéristiques modélisées et mesurées des résidus dans les cellules 1 et 2

Paramètre	Cellule 1	Cellule 2
(A) Épaisseur maximum (m)	17,3	9,8
(B) Épaisseur modélisée (m)	14,9	8,3
Facteur de correction de l'épaisseur des résidus (A/B)	1,161	1,181
(C) Densité sèche in situ moyenne (t/m^3)	1,489	1,430
(D) Densité moyenne sèche consolidée du modèle (t/m^3)	1,699	1,659
Facteur de correction de densité sèche (C/D)	0,876	0,862

Les résultats du modèle prédisaient une épaisseur des résidus consolidés inférieure à celle mesurée dans les cellules 1 et 2 et des valeurs de densité sèche supérieures à la densité estimée des résidus in situ. Tel qu'il est mentionné, cet écart est associé à la simplification du modèle 1D et au fait que l'emprisonnement de la glace n'est pas intégré dans les modèles.

Les facteurs de correction présentés au tableau B-3 ont été appliqués aux résultats moyens du modèle de consolidation des résidus dans la fosse pour établir une gamme de valeurs possibles de densité et de hauteur après tassement. Cependant, le processus de déposition des résidus dans la fosse entraînera la présence d'eau surnageante au-dessus des résidus, ce qui devrait réduire le risque d'emprisonnement de la glace pendant la déposition hivernale.

B.3.2 Consolidation des résidus dans la fosse

L'évolution de l'élévation des résidus consolidés à l'intérieur de la fosse Expo avec le temps pendant l'exploitation (jusqu'à l'année 2) et pour les années après la fin de la déposition est présentée à la figure B-4 avec l'élévation nominale des résidus non consolidés à titre de référence. La figure B-5 montre l'indice des vides et la densité sèche des résidus dans la fosse calculés à la fin de l'exploitation (année 2).

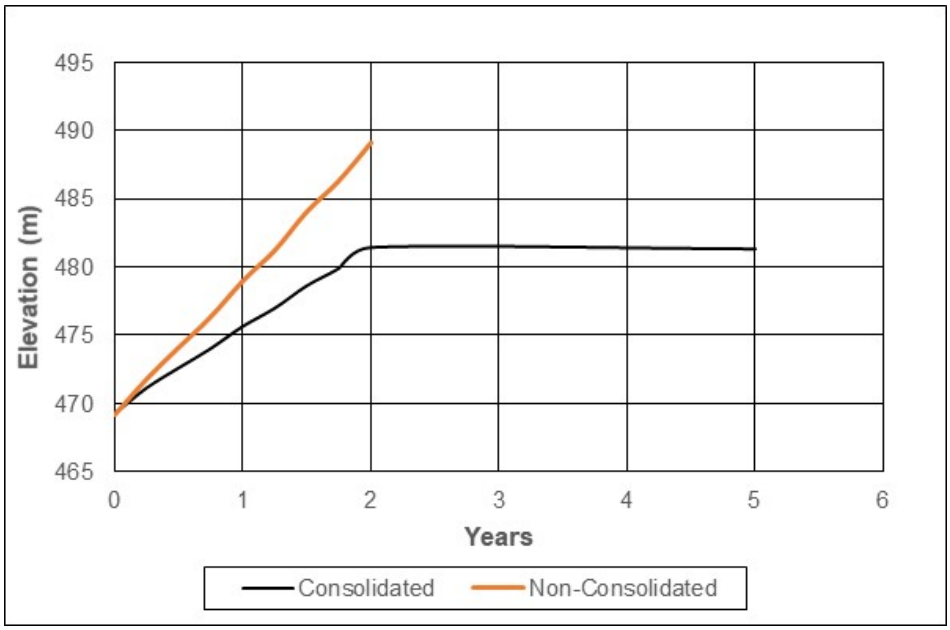


Figure B-3 : Évolution de l'élévation des résidus consolidés dans la fosse avec le temps par rapport à l'élévation nominale des résidus non consolidés (la déposition des résidus se termine à l'année 2)

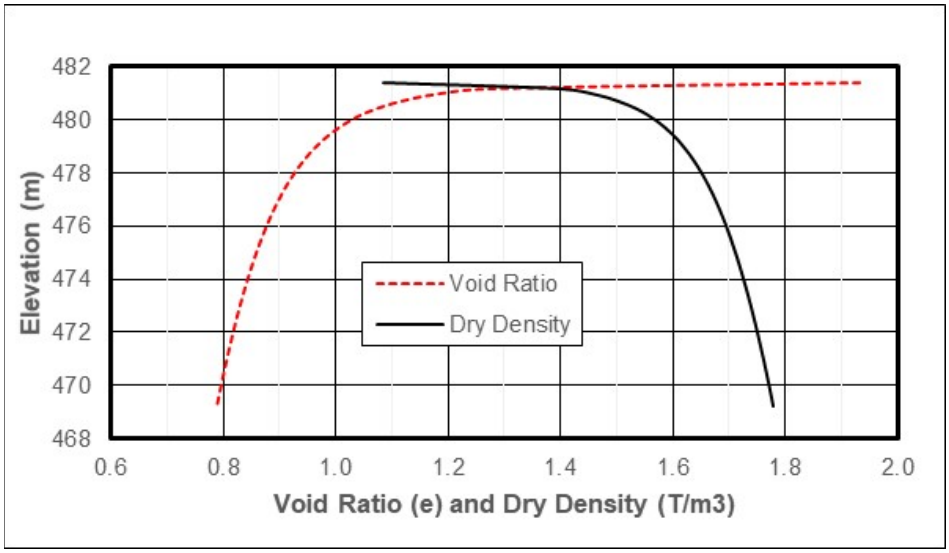


Figure B-4 : Indice des vides et profils de densité sèche des résidus dans la fosse calculés à la fin de la déposition (année 2)

La base de la fosse à l'emplacement de la colonne modèle 1D est à une élévation de 469,2 m. Le modèle prévoyait que le corps des résidus à l'intérieur de la fosse se tasserait d'environ 7,8 m et que l'élévation finale de la surface des résidus soit d'environ 481,4 m. Les résultats du modèle ont également montré que la densité sèche des résidus passerait de 1 085 t/m^3 à la surface des résidus à 1 778 t/m^3 à la base de la fosse, avec une densité sèche moyenne non corrigée de 1 672 t/m^3 à la fin des opérations.

Le processus de déposition des résidus dans la fosse est moins susceptible d'entraîner l'emprisonnement de la glace en raison de la courte période de déposition (c.-à-d. 2 ans) et de la présence permanente d'eau surnageante au-dessus des résidus. Néanmoins, les facteurs de correction présentés au tableau B-3 peuvent être appliqués pour estimer la plage de valeurs de certains paramètres des résidus qui peuvent se développer à l'intérieur de la fosse Expo. Le tableau B-4 résume les caractéristiques moyennes des résidus à l'intérieur de la fosse Expo après application des facteurs de correction.

Tableau B-4 : Correction des caractéristiques des résidus dans la fosse

Paramètre (à la fin de l'opération)	Résultat du modèle	Valeurs corrigées
Épaisseur des résidus dans la fosse (m)	12,1	14,2
Élévation de la surface des résidus dans la fosse (m)	481,4	483,5
Densité sèche moyenne dans la fosse (t/m^3)	1,672	1,455
Indice des vides moyen	0,9	1,19

B.4.0 CONCLUSIONS

Des modèles de consolidation unidimensionnelle simplifiés ont été préparés pour évaluer le processus de consolidation des résidus au cours de leur déposition à l'intérieur de la fosse Expo.

Les résultats du modèle indiquent que les résidus à l'intérieur de la fosse Expo (à l'emplacement où la colonne modèle 1D a été placée avec la base de la fosse à El. 469,2 m) auraient une épaisseur d'environ 12,1 m et atteindraient une élévation finale de 481,4 m, avec une densité sèche moyenne comprise entre 1 455 t/m^3 et 1 672 t/m^3. L'emprisonnement de la glace, s'il est présent, pourrait entraîner une réduction de la densité sèche et une élévation plus haute de la surface des résidus, mais cela est moins probable en raison de la courte période de déposition de deux ans et de la présence d'eau surnageante au-dessus de la surface des résidus en tout temps.

Le modèle 1D présenté dans le présent document ne saisit pas la dynamique des conditions de terrain, où la forme de la fosse, l'élévation variable de la base de la fosse et la distribution temporelle et spatiale de la déposition des résidus affectent les caractéristiques des résidus consolidés. Par conséquent, les résultats du modèle sont généraux et doivent être utilisés en tenant compte de ces éléments.

RÉFÉRENCES

CONDES0 (1997). Numerical Solution Guide to One-dimensional Large Strain Consolidation and Desiccation by the Finite Difference Implicit Method. Manuel de l'utilisateur. Université du Colorado, Boulder, CO 80309.

ANNEXE C

Bilan hydrique

C.1.0 INTRODUCTION

Canadian Royalties Inc. (CRI) possède et exploite la mine d Nunavik Nickel, située dans le nord du Québec. La mine possède deux cellules d'élimination des résidus de surface avec géomembrane (cellules 1 et 2) et une fosse à ciel ouvert sur le site Expo. Cette annexe présente les résultats des analyses du bilan hydrique effectuées pour la fermeture de la fosse Expo à la mine Nunavik Nickel. L'analyse du bilan hydrique a été réalisée pour déterminer le volume d'eau de ces infrastructures disponible pour réutilisation, traitement ou rejet dans l'environnement et l'estimation du temps d'ennoyage de la fosse Expo à la fermeture.

Voici un résumé du scénario de fermeture :

- Élimination des eaux surnageantes : l'eau de procédé accumulée au dessus de la surface des résidus est pompée pour être traitée à la fin des opérations jusqu'à ce que toute l'eau ait été éliminée.
- Ennoyage accéléré : en plus des débits entrants naturels, l'ennoyage accéléré de la fosse avec l'eau pompée du lac Bombardier se produit pendant la fermeture après la fin de la déposition des résidus et l'élimination de l'eau de procédé surnageante.
- Construction du canal du déversoir de sortie : un canal de déversement est construit à l'angle nord-est de la fosse et à l'est de la cellule de résidus 1. Une fois l'ennoyage accéléré terminé, le canal achemine le trop-plein de la fosse vers l'affluent de la rivière Puvirnituq, situé au nord des cellules de résidus.

C.2.0 CONFIGURATION DU MODÈLE DE BILAN HYDRIQUE

Un modèle d'écoulement déterministe a été développé pour simuler le bilan hydrique de la cellule 1, de la cellule 2 et de la fosse Expo dans une gamme de conditions climatiques. Le modèle de flux a été développé sur des feuilles de calcul Excel liées et simule les flux entre les différents composants de ces installations sur une base mensuelle pendant une période commençant en août 2019 et se prolongeant jusqu'en 2071 pendant la post-fermeture.

Le modèle de débit a été élaboré pour calculer les débits entrants et les pertes de la cellule 1, de la cellule 2 et de la fosse Expo. Les sources d'eau du modèle comprennent le ruissellement dû aux précipitations, l'eau de fonte de la neige accumulée dans les cellules 1 et 2 et la fosse Expo et l'eau des résidus déposés. Les pertes examinées dans le bilan hydrique comprennent l'évaporation et la sublimation, l'eau emprisonnée sous forme de glace dans les résidus, l'eau emprisonnée dans les vides des résidus déposés et l'eau pompée pour réutilisation ou traitement et rejet dans l'environnement. Un diagramme de flux est présenté à la figure C-1.

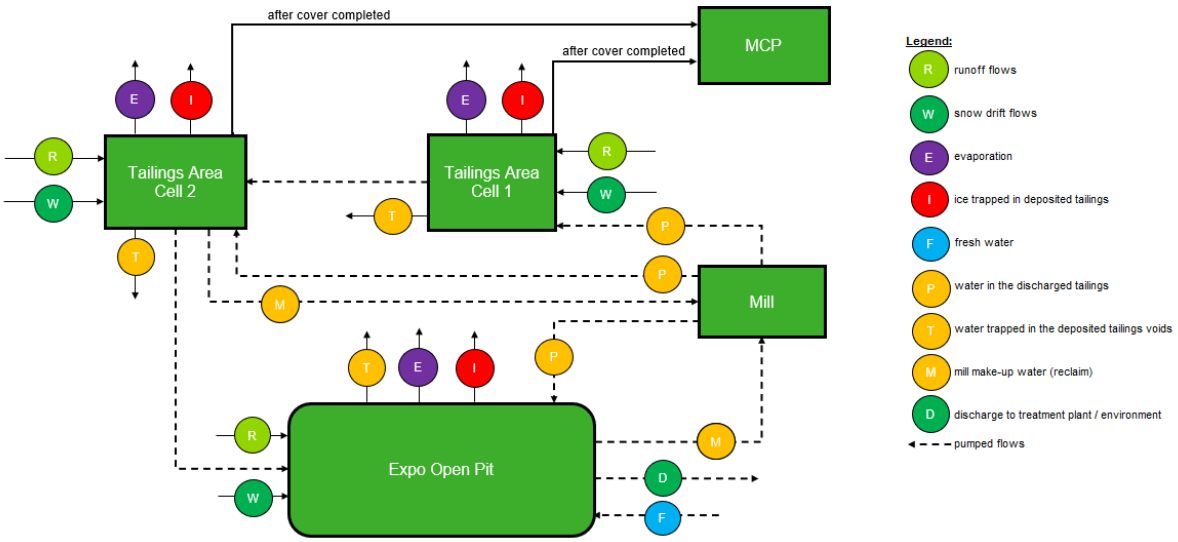


Figure C-1 : Diagramme des flux utilisés dans le bilan hydrique

Le modèle de bilan hydrique commence en août 2019 pour s'aligner sur le relevé bathymétrique mis à jour des cellules 1 et 2 et a été exécuté jusqu'en 2071 à la post-fermeture.

C.3.0 INTRANTS ET HYPOTHÈSES DU MODÈLE

C.3.1 Données météorologiques et coefficients de ruissellement

C.3.1.1 Précipitations totales

Golder (2012) a réalisé une étude hydrologique pour caractériser le climat local et les conditions hydrologiques à la mine Nunavick Nickel Nickel. Durant cette étude, une précipitation totale annuelle moyenne de 600 mm a été proposée pour le site du projet. Les enregistrements du pluviomètre sur le site sont disponibles pour la période de juillet 2014 à décembre 2019. Aucune information locale sur les chutes de neige ou le manteau neigeux n'était disponible à partir de la station sur le site et, par conséquent, l'analyse des précipitations s'est concentrée uniquement sur la période estivale.

Compte tenu de l'incertitude entourant les estimations des précipitations sur le site et de l'enregistrement limité disponible pour la station sur le site (c.-à-d. la période estivale uniquement), les données sur les précipitations totales de la station Kuujjuaq A ont été utilisées pour représenter les conditions sur le site minier, conformément aux conceptions précédentes, réalisées par Golder à la mine Nunavick Nickel Nickel. La moyenne des précipitations totales moyennes annuelles à la station Kuujjuaq A sont de 600 mm. La station Kuujjuaq A se trouve à environ 480 km du site du projet et reçoit la plus forte pluviométrie des stations régionales. Les normales climatiques de 1971 à 2000 pour la station Iqaluit A, présentées au tableau C-1, étaient auparavant utilisées pour caractériser la distribution mensuelle du site du projet (Golder 2012). La distribution mensuelle a été mise à jour dans le bilan hydrique avec les normales climatiques d'Iqaluit A pour la période 1981 à 2010. Les distributions pour les deux périodes sont présentées au tableau C-1 à des fins de comparaison.

Tableau C-1 : Précipitations mensuelles pour la mine Nunavick Nickel Nickel

Mois	Normales climatiques[1]			
	1971-2000		1981-2010	
	Précipitations (mm)	% annuelles	Précipitations (mm)	% annuelles
Janvier	30,7	5,1 %	29,3	4,9 %
Février	21,8	3,6 %	27,8	4,6 %
Mars	31,7	5,3 %	27,8	4,6 %
Avril	41,1	6,8 %	40,9	6,8 %
Mai	39,2	6,5 %	43,4	7,2 %
Juin	51,0	8,5 %	49,0	8,2 %
Juillet	86,5	14,4 %	77,1	12,9 %
Août	95,7	15,9 %	103,3	17,2 %
Septembre	80,1	13,3 %	82,0	13,7 %
Octobre	53,4	8,9 %	49,5	8,2 %
Novembre	42,4	7,1 %	40,4	6,7 %
Décembre	26,5	4,4 %	29,6	4,9 %
Annuel	***600***	***100 %***	***600***	***100 %***

Note :
(1) Les distributions obtenues à partir des normales climatiques de la station Iqaluit A, ont été utilisées pour caractériser la distribution mensuelle des précipitations annuelles.

Une analyse de fréquence pour les années humides et sèches sur le site du projet a été réalisée sur la base de la moyenne des précipitations totales moyennes annuelles de 600 mm et de l'écart type des précipitations annuelles à la station Kuujjuaq A (Golder 2012). Les précipitations annuelles avec des périodes de retour de 5 à 1000 ans pour les années humides et sèches ont été estimées à l'aide de la distribution de probabilité log-normale et présentées au tableau C-2.

Tableau C-2 : Précipitations annuelles pour les années humides et sèches pour la mine Nunavick Nickel Nickel

Période de retour (années)	Précipitations annuelles (mm)	
	Année humide	Année sèche
5	680	515
10	732	479
25	791	443
50	832	421
100	870	403
1000	987	355

Source : Golder (2012)

C.3.1.2 Évaporation et sublimation

Golder (2012) a recommandé d'utiliser une évapotranspiration potentielle totale annuelle de 222,5 mm, dont 80 % se produisant entre les mois de juin et de septembre. L'évaporation et la sublimation ont été estimées en supposant que l'évapotranspiration potentielle entre juin et septembre représente l'évaporation des lacs, et que les pertes pendant les mois d'octobre à mai représentent une sublimation potentielle de la neige au sol. Le tableau C-3 montre l'évaporation des lacs et la sublimation mensuelles et annuelles estimées pour le site minier.

Tableau C-3 : Évaporation des lacs et sublimation mensuelles à la mine Nunavick Nickel Nickel

Mois	Évaporation des lacs (mm)	Sublimation (mm)	Total (mm)
Janvier	-	1,6	1,6
Février	-	2,2	2,2
Mars	-	4,3	4,3
Avril	-	9,6	9,6
Mai	-	20,5	20,5
Juin	35,1	-	35,1
Juillet	73,8	-	73,8
Août	54,9	-	54,9
Septembre	14,4	-	14,4
Octobre	-	4,0	4,0
Novembre	-	2,1	2,1
Décembre	-	0	0
Annuel	***178,2***	***44,3***	***222,5***

C.3.1.3 Coefficients de ruissellement

Les coefficients de ruissellement des différents types de surface pour le calcul des volumes de ruissellement mensuels sont présentés au tableau C-4. Ces coefficients de ruissellement ont été obtenus à partir de Golder (2012), à l'exception de ceux de la plage sèche qui ont été estimés pour le site sur la base de notre expérience professionnelle. Le coefficient de ruissellement est défini comme le pourcentage des précipitations qui s'écoule et se retrouve dans les bassins de la cellule 1, de la cellule 2 ou de la fosse Expo.

Tableau C-4 : Coefficient de ruissellement de diverses surfaces

Mois	Coefficient de ruissellement (%)				
	Terrain naturel	Plage sèche	Parois d'une fosse à ciel ouvert	Étangs et résidus humides	Résidus couverts
Hiver (octobre à mai)	80 %	60 %	80 %	100 %	90 %
Été (juin à septembre)	70 %	80 %	75 %	100 %	85 %

C.3.2 Données d'exploitation

Les données d'exploitation utilisées dans le modèle de bilan hydrique sont résumées au tableau C-5. Le traitement est supposé s'effectuer jusqu'en octobre 2024. Le plan de déposition des résidus est abordé à la section 4.0. Le modèle de bilan hydrique a été exécuté d'août 2019 jusqu'à 2071 en la post-fermeture.

Tableau C-5 : Données d'exploitation des options d'élimination dans la fosse Expo

Paramètres	Unité	Valeur	Source
Total des résidus pour l'élimination dans la fosse à ciel ouvert (novembre 2022 à octobre 2024)	t	2 906 809	CRI
Ratio résidus/minerai	-	0,8796	CRI
Taux de production annuel de résidus	t	1 444 708	CRI
Densité des boues de résidus après épaississement	% de solides	62,5	Bilan hydrique de CRI
Densité spécifique des résidus solides	-	3,16	Essais de laboratoire Golder
Densité sèche des résidus déposés	t/m^3	1,483	Estimation à partir des relevés bathymétriques et par drone deCRI et et des enregistrements historiques de production de résidus
Indice des vides des résidus déposés	-	1,13	Calculé
Volume annuel de résidus déposés	m^3	974 020	Calculé
Total des résidus déposés dans les cellules 1 et 2	m^3	3 169 387	Calculé
Total des résidus déposés dans la fosse Expo	m^3	1 959 767	Calculé
Années de déposition dans les cellules 1 et 2	années	3,2	Calculé
Années de déposition dans la fosse Expo	années	2,0	Calculé
Tonnage total des résidus déposés dans les cellules 1 et 2	Mt	4,701	Calculé
Tonnage total des résidus déposés dans la fosse Expo	Mt	2,907	Calculé
Réserve totale de minerai pour produire le tonnage total des résidus dans la fosse Expo	Mt	3,305	Calculé

C.3.3 Plan minier et plan de déposition des résidus

La réserve de minerai à traiter chaque année a été fournie par CRI et est comprise au tableau C-6.

Tableau C-6 : Plan minier pour le site Expo

Année	Réserve de minerai (tonnes)	Résidus (tonnes)	Volume de résidus (m^3)
2019 (août à décembre)	686 320	603 672	406 995
2020	1 647 000	1 448 666	976 689
2021	1 642 500	1 444 708	974 020
2022	1 642 500	1 444 708	974 020
2023	1 642 500	1 444 708	974 020
2024 (janvier à octobre)	1 388 524	1 221 316	823 410
Total	**8 649 344**	**7 607 778**	**5 129 154**

Les données d'exploitation comprises au tableau C-6 ont été utilisées pour estimer le volume de résidus à déposer chaque année. Le plan de déposition est résumé au tableau C-7 et à la figure C-2.

Tableau C-7 : Plan de déposition de résidus pour le site Expo

Emplacement de la déposition	Mois de début (inclusivement)	Mois de fin (inclusivement)	Volume de résidus déposés (m^3)	Volume cumulé de résidus déposés à l'emplacement[1] (m^3)
Cellule 2	août 2019	avril 2021	1 708 357	1 708 357
Cellule 2	février 2022	octobre 2022	730 515	2 438 872
Cellule 1	mai 2021	janvier 2022	730 515	730 515
Fosse Expo	novembre 2022	octobre 2024	1 959 767	1 959 767

Note :

(1) Volume cumulé de résidus déposés à l'emplacement concerné à la fin de la période.

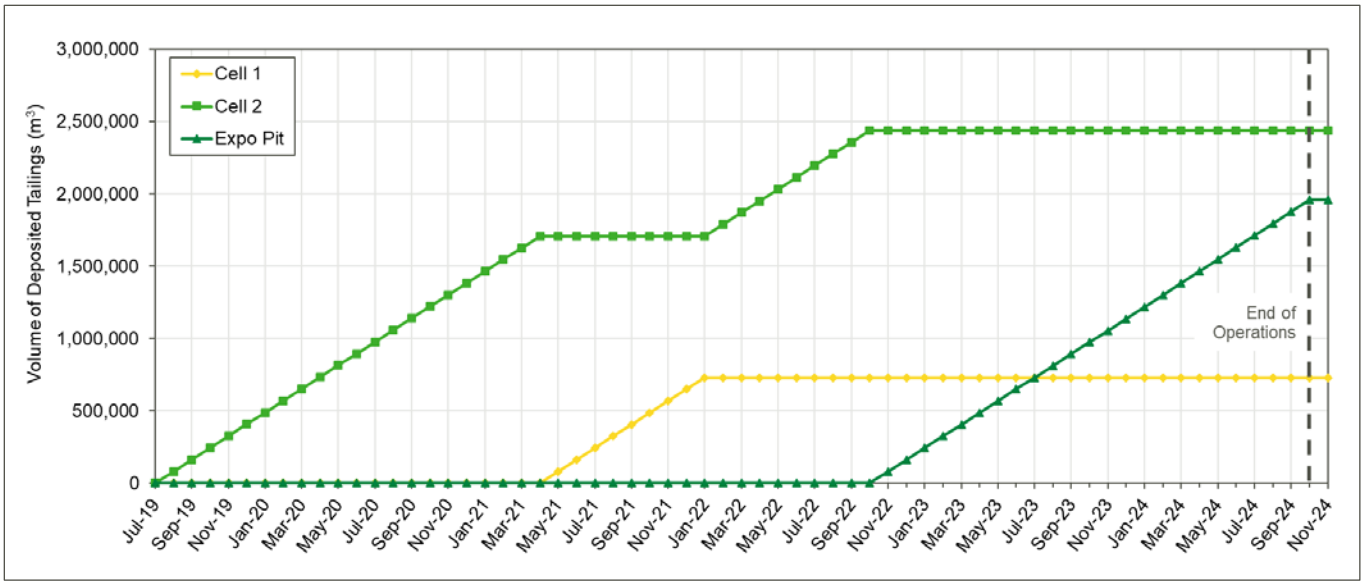


Figure C-2 : Volume cumulé de résidus déposés dans les cellules 1, 2 et la fosse Expo pendant les opérations

La construction du recouvrement des cellules 1 et 2 devait commencer au mois de juin après la fin de la déposition des résidus, ce qui correspond à juin 2022 dans la cellule 1 et juin 2023 dans la cellule 2. La construction de la couverture devrait être terminée deux étés plus tard en octobre 2023 et octobre 2024, respectivement.

Pendant les mois d'hiver (d'octobre à mai) pendant la déposition des résidus, il est supposé que 30 % de l'eau surnageante entrante dans le parc à résidus avec les résidus soit immobilisée de façon permanente sous forme de glace, enfouie dans les résidus déposés.

C.3.4 Stratégie de pompage

Le pompage supposé entre les installations est décrit ci-après:

- L'eau de procédé recirculée est recyclée de la cellule 2 d'août 2019 à juin 2021 et de la fosse Expo de juillet 2021 à octobre 2024. Les taux supposés sont fournis au tableau C-8. Le débit moyen de pompage est de 55 500 m^3/mois (21 L/s).
- Le pompage de l'accumulation d'eau restante de la cellule 1 à la cellule 2 et de la cellule 2 à la fosse Expo commence en juin 2021. Théoriquement, l'eau entreposée dans les cellules 1 et 2 est évacuée jusqu'à atteindre le volume minimum de 37 500 m^3 et 50 000 m^3, respectivement, et tout autre débit entrant sera également pompé jusqu'à ce que la couverture soit terminée (octobre 2023 et 2024, respectivement). Une fois la couverture terminée, les débits entrants vers les cellules 1 et 2 sont censés être acheminés vers le bassin de collecte principal (BCP). Théoriquement, les débits de pompage maximum admissibles de la cellule 1 à la cellule 2 et de la cellule 2 à la fosse Expo sont respectivement de 265 000 m^3/mois (100 L/s) et 360 000 m^3/mois (137 L/s).
- Les débits entrants vers la fosse Expo avant juin 2021 (lorsque le transfert d'eau de la cellule 2 débute) sont pompés vers le BCP.

- Le pompage de l'eau de procédé surnageante vers l'usine de traitement commence en juillet 2023 et se poursuit chaque été jusqu'à ce que la fosse soit vidée. Le pompage vers l'usine de traitement doit commencer en juillet à un débit de 250 m^3/h pendant 90 jours (540 000 m^3/an).
- L'ennoyage accéléré de la fosse avec de l'eau douce du lac Bombardier commence en octobre 2030 à raison de 1 300 000 m^3/an (108 330 m^3/mois). L'ennoyage actif de la fosse prend fin une fois que le niveau d'eau a atteint une élévation de 535,4 m, soit la plus basse élévation le long du bord de la fosse.

Tableau C-8 : Eau recirculée envoyée au moulin à partir de la cellule 2 et la fosse Expo

Mois	Eau d'appoint nécessaire pour le procédé (m^3/tonne de minerai)	Eau résiduelle envoyée à la nanofiltration (m^3/tonnes de minerai)	Total de l'eau récupérée nécessaire pour le procédé (m^3/tonnes de minerai)
Janvier	0,171	0,210	0,381
Février	0,171	0,210	0,381
Mars	0,171	0,210	0,381
Avril	0,171	0,210	0,381
Mai	0,171	0,210	0,381
Juin	0,171	0,273	0,444
Juillet	0	0,353	0,353
Août	0	0,353	0,353
Septembre	0,171	0,353	0,524
Octobre	0,171	0,305	0,476
Novembre	0,171	0,210	0,381
Décembre	0,171	0,210	0,381

C.3.5 Zones de bassin versant

Les principaux types de terrain utilisés dans le bilan hydrique sont le sol naturel, la paroi de la fosse, la plage de résidus (c.-à-d. la plage sèche), la plage de résidus humides et la surface de l'étang. Ces zones varient en taille avec le temps, pendant les cellules 1, 2 et la fosse Expo sont remplies de résidus. La superficie totale du bassin versant utilisée pour les cellules 1 et 2 est de 247 645 m^2 et 322 216 m^2, respectivement.

La superficie totale du bassin versant utilisée pour le bassin versant de la fosse Expo est de 489 865 m^2. La superficie de la fosse Expo elle-même a été estimée à 221 500 m^2. La superficie totale du bassin versant comprend la zone au sud de la fosse Expo qui peut être captée par le fossé de dérivation (196 965 m^2). Au cours des opérations et de la fermeture, théoriquement, le fossé de dérivation serait efficace à 60 %; dirigeant 60 % de l'eau sans contact hors de la fosse Expo vers l'environnement. En conséquence, 40 % de cette superficie naturelle au sol (78 790 m^2) devrait se drainer dans la fosse.

Au cours des opérations, 10 % des zones de résidus exposées seraient théoriquement des plages de résidus secs et le reste serait des résidus humides ou une surface de lac. À la fermeture, une fois le recouvrement placé sur les cellules 1 et 2, le type de terrain a été remplacée par « résidus couverts ».

C.3.6 Accumulation de neige

Un volume supplémentaire de neige est supposé s'accumuler dans les cellules 1 et 2 ainsi que dans la fosse Expo pendant l'hiver. La neige accumulée remplirait théoriquement jusqu'à 7 % et 20 % de la capacité de stockage de la fosse Expo et des cellules 1 et 2, respectivement, sur la base de notre jugement et des observations faites sur des sites similaires. Un rapport d'équivalence en eau de 30 % a été utilisé. Les modèles de bilan hydrique ont été établis pour tenir compte de l'accumulation de neige hivernale et de la fonte des neiges en utilisant une distribution du ruissellement en pourcentage du total accumulé. Aucun ruissellement ne se produira théoriquement pendant l'hiver (octobre à mai). 50 % de la neige accumulée fondrait théoriquement en juin et le reste fondrait en juillet, lorsque les températures sont supérieures au point de congélation. Les paramètres de la neige accumulée et le volume de neige accumulée, exprimés en équivalent en eau, sont présentés pour chaque infrastructure au tableau C-9.

Tableau C-9 : Volume d'eau estimé en raison de la neige accumulée aux cellules 1, 2 et à la fosse Expo

Infrastructure	Unité	Fosse à ciel ouvert	Cellule 1	Cellule 2
Volume total estimé (V_t)	m^3	9 956 679	978 160	2 761 088
Pourcentage rempli de neige	%	7 %	20 %	20 %
Volume rempli de neige ($V_F = s*V_t$)	m^3	696 968	195 632	552 218
Rapport eau fondue-volume de neige (r)	-	0,3	0,3	0,3
Volume d'eau (neige fondue) ($r*V_F$)	m^3	209 090	58 690	165 665

C.4.0 RÉSULTATS DU BILAN HYDRIQUE

Les résultats du modèle de bilan hydrique pour des conditions de précipitations moyennes (600 mm) sont résumés ci-après.

Les résultats pour les phases d'opération, de fermeture et de post-fermeture sont résumés ci-dessous. Les résultats annuels sont inclus à l'annexe C-1.

C.4.1 Opérations

La déposition de résidus dans la fosse se termine en octobre 2024. Un bilan hydrique annuel pendant les opérations (2019-2024) est inclus au tableau C-10. La figure C-3 montre le volume d'eau disponible dans les cellules 1, 2 et la fosse Expo jusqu'à la fin des opérations.

Comme le montre la figure C-3, le volume d'eau entreposé diminue tout au long des mois d'hiver, car les besoins du moulin en d'eau de recirculation est supérieure aux débits entrants. La fonte de neige (y compris la neige accumulée) se produit en juin et juillet, ce qui entraîne une augmentation du volume d'eau disponible. Le volume stocké dans la fosse commence à diminuer en juillet 2023 lorsque l'élimination de toute l'eau surnageante pour traitement commence. Le débit entrant total annuel moyen et les pertes de la fosse pendant la déposition (entre 2023 et 2024) sont de 1,57Mm^3 et 0,56 Mm^3 , respectivement. À la fin de la déposition, environ 1,01 Mm^3 d'eau seront entreposés dans la fosse Expo.

Tableau C-10 : Bilan hydrique annuel à la fosse Expo pendant les opérations

Paramètres		Volume (m^3)					
		Année					
		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Débits entrants	Eau dans les résidus déposés	0	0	0	144 470	866 825	732 790
	Ruissellement total et neige accumulée	50 260	366 200	367 210	373 535	379 175	380 310
	Eau pompée depuis la cellule 2	0	0	839 505	675 635	465 955	317 480
	Eau pompée du lac Bombardier	0	0	0	0	0	0
Débit entrant total		**50 260**	**366 200**	**1 206 715**	**1 193 640**	**1 711 955**	**1 430 580**
Pertes	Retenue dans les vides des résidus	0	0	0	86 140	516 835	436 915
	Évaporation	0	0	1 940	12 110	19 500	19 895
	Perdue en glace	0	0	0	17 500	70 000	53 255
Pertes totales		0	0	1 940	115 750	606 335	510 065
Débit entrant net		**50 260**	**366 200**	**1 204 775**	**1 077 890**	**1 105 620**	**920 515**
Débits pompés	Vers le moulin pour recirculation	0	0	337 670	658 885	658 885	562 705
	Vers le BCP	50 260	366 200	0	0	0	0
	Vers l'usine de traitement	0	0	0	0	540 000	540 000
Rejet dans l'environnement (sans traitement)		0	0	0	0	0	0
Volume entreposé à la fin de l'année		0	0	867 105	1 286 110	1 192 845	1 010 655

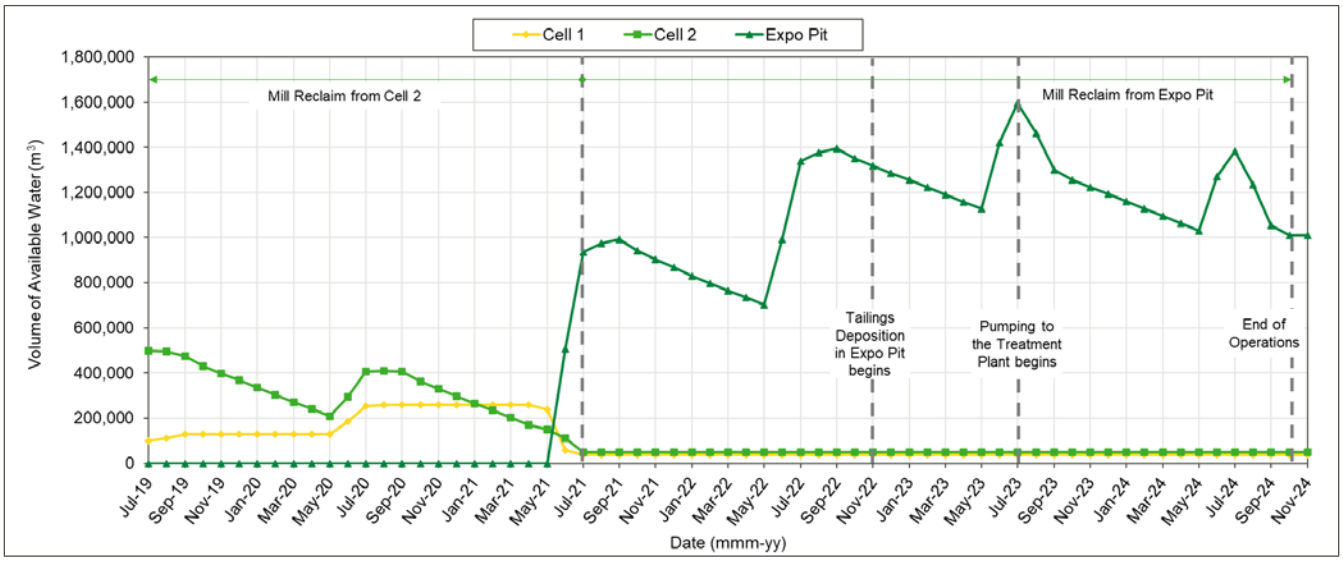


Figure C-3 : Volume d'eau disponible pendant les opérations

C.4.2 Fermeture

Une fois que la déposition des résidus dans la fosse sera terminée, l'eau de procédé restante surnageante au-dessus des résidus est éliminée, avant l'ennoyage accéléré avec les débits entrants naturels et l'eau pompée du lac Bombardier.

Un bilan hydrique annuel pour la fosse pendant la fermeture (2025-2035) est inclus au tableau C-11. La figure C-4 montre le volume d'eau disponible dans la fosse jusqu'à la fin de la fermeture.

Tableau C-11 : Bilan hydrique annuel à la fosse Expo pendant la fermeture

Paramètres		Volume (m^3)										
		Année										
		2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Débits entrants	Eau dans les résidus déposés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ruissellement total et neige accumulée	380 065	379 515	378 965	378 415	377 850	377 100	379 300	383 670	387 865	390 155	391 525
	Eau pompée depuis la cellule 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eau pompée du lac Bombardier	0	0	0	0	0	325 000	1 300 000	1 300 000	1 300 000	1 300 000	77 130
Débit entrant total		380 065	379 515	378 965	378 415	377 850	702 100	1 679 300	1 683 670	1 687 865	1 690 155	468 655
Pertes	Retenue dans les vides des résidus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Évaporation	19 365	18 595	17 830	17 060	16 265	15 405	19 780	25 840	31 200	34 200	35 640
	Perdue en glace	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pertes totales		19 365	18 595	17 830	17 060	16 265	15 405	19 780	25 840	31 200	34 200	35 640
Débit entrant net		360 700	360 920	361 135	361 355	361 585	686 695	1 659 520	1 657 830	1 656 665	1 655 955	433 015
Débits pompés	Vers le moulin pour recirculation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vers le BCP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vers l'usine de traitement	540 000	540 000	540 000	540 000	540 000	478 040	0	0	0	0	0
Rejet dans l'environnement (sans traitement)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	355 885
Volume entreposé à la fin de l'année		831 355	652 275	473 410	294 765	116 350	325 005	1 984 525	3 642 355	5 299 020	6 954 975	7 032 105

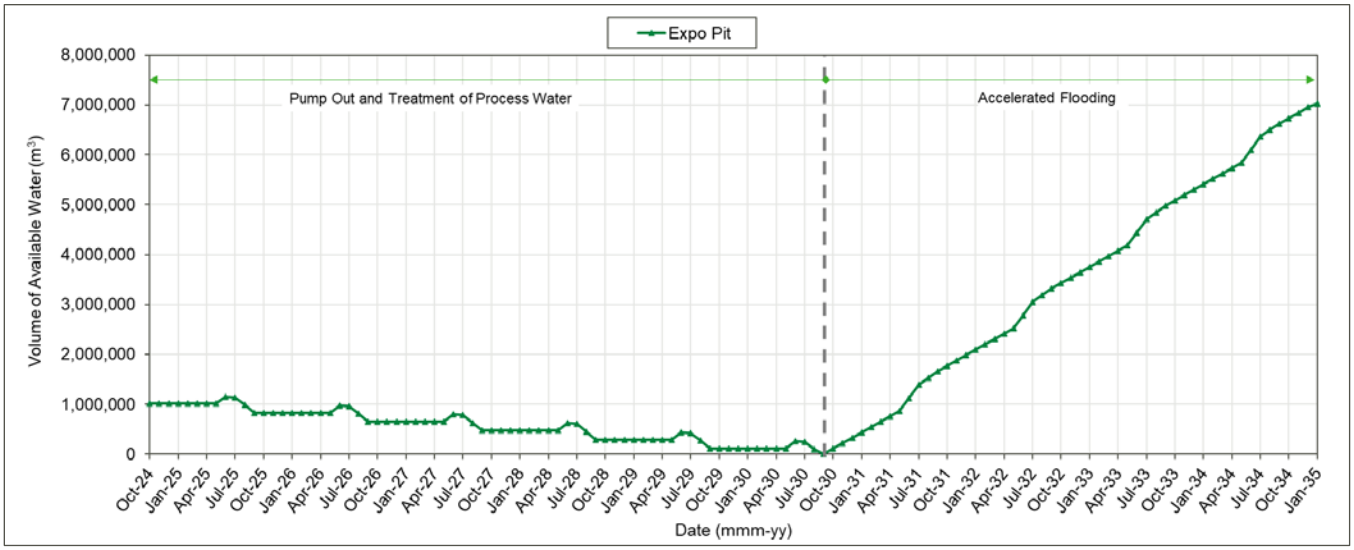


Figure C-4 : Volume d'eau disponible pendant la fermeture

Comme le montre la figure C-4, l'élimination de l'eau de procédé pour traitement se produit de juillet à septembre, ce qui entraîne une tendance générale à la baisse jusqu'à ce que la fosse soit vide en septembre 2030. Le volume entreposé reste constant tout au long des mois d'hiver, puisque toute précipitation s'accumule sous forme de neige, et la recirculation de l'eau au moulin n'est plus nécessaire. La fonte de la neige (y compris la neige accumulée) se produit en juin et juillet, ce qui entraîne une augmentation du volume d'eau disponible.

L'ennoyage accéléré dans la fosse se termine en octobre 2030. L'ennoyage de la fosse est terminé en janvier 2035. À la fin de la fermeture, environ 7,03 Mm^3 d'eau sont entreposés dans la fosse Expo.

C.4.3 Post-fermeture

Une fois l'ennoyage accéléré terminé (la fosse est remplie), l'eau peut se déverser dans l'environnement par un déversoir sur le côté nord-est de la fosse.

Le débit entrant total annuel moyen et les pertes de la fosse sont de 0,39 Mm^3 et de 0,03 Mm^3, respectivement. Par conséquent, le débit sortant dans l'environnement au cours d'une année moyenne est de 0,36 Mm^3.

RÉFÉRENCE

Golder Associates Ltd. (2012), Detailed Design of Expo Stage 1 Tailings and Waste Rock Disposal Facility and Water Collection Ponds. Rapport 10-1118-0066 (5501). Doc. 085. Préparé pour Canadian Royalties Inc. Juin 2012.

ANNEX C-1

Résultats du bilan hydrique annuel

WATER BALANCE - Cell 1 (Annual Summary)

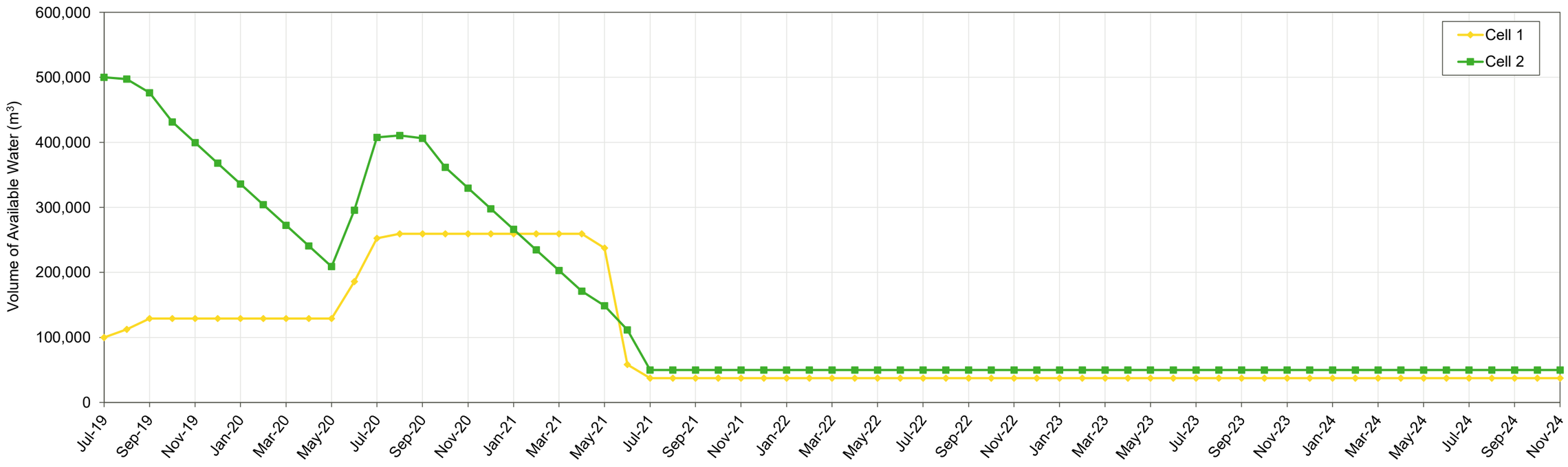
Initial Volume in pond (m^3)	100,000

Year	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Water in Discharged Tailings	0	0	577,883	72,235	0	0
Total Runoff & Snow Drift	45,301	193,298	192,544	191,276	182,157	178,688
Total Inflow	45,301	193,298	770,427	263,511	182,157	178,688
Water Retained in Tailings Void	0	0	-344,556	-43,070	0	0
Evaporation	16,074	40,512	39,717	36,565	6,797	0
Volume Lost to Ice	0	0	34,999	8,750	0	0
Total Losses	16,074	40,512	-269,840	2,245	6,797	0
Net Inflow	29,227	152,786	351,154	175,127	175,359	178,688
Pumped to Cell 2	0	22,553	573,192	175,127	175,359	0
Pumping / Runoff to MCP (Cell 1 Covered)	0	0	0	0	0	178,688
Storage in Cell 1	129,227	259,460	37,423	37,423	37,423	37,423

WATER BALANCE - Cell 2 (Annual Summary)

Initial Volume in pond (m^3)	500,000

Year	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Water in Discharged Tailings	362,203	869,200	288,942	650,119	0	0	0
Total Runoff & Snow Drift	58,854	341,770	340,653	339,566	338,179	326,308	321,798
Pumped from Cell 1	0	22,553	573,192	175,127	175,359	0	0
Total Inflow	421,057	1,233,523	1,202,787	1,164,811	513,538	326,308	321,798
Water Retained in Tailings Void	215,960	518,250	172,278	387,626	0	0	0
Evaporation	20,720	54,282	51,677	51,677	47,584	8,826	0
Volume Lost to Ice	26,324	70,190	66,078	49,874	0	0	0
Total Losses	263,004	642,722	290,033	489,176	47,584	8,826	0
Net Inflow	158,053	590,801	912,754	675,634	465,954	317,482	321,798
Pumping to Mill Reclaim Water	290,193	660,693	321,217	0	0	0	0
Pumping to Expo Pit	0	0	839,506	675,634	465,954	317,482	0
Pumping / Runoff to MCP (Cell 2 Covered)	0	0	0	0	0	0	321,798
Storage in Cell 2	367,860	297,969	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000

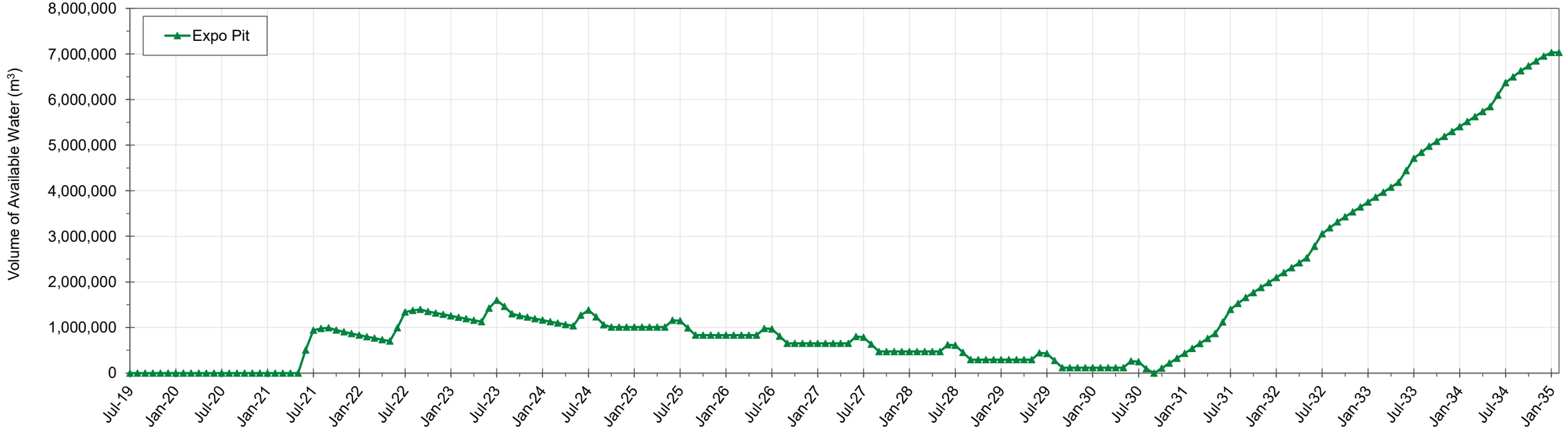


GOLDER

WATER BALANCE - Open Pit (Annual Summary)

Initial Volume in pond (m^3)	0

Year	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036-2071
Water in Discharged Tailings	0	0	0	144,471	866,825	732,790	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Runoff & Snow Drift	50,261	366,200	367,209	373,534	379,176	380,310	380,067	379,516	378,966	378,414	377,849	377,099	379,300	383,670	387,865	390,153	391,527	391,543
Pumped from Cell 2	0	0	839,506	675,634	465,954	317,482	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pumped from Lac Bombardier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	325,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	77,131	0
Total Inflow	50,261	366,200	1,206,715	1,193,640	1,711,954	1,430,582	380,067	379,516	378,966	378,414	377,849	702,099	1,679,300	1,683,670	1,687,865	1,690,153	468,657	391,543
Water Retained in Tailings Void	0	0	0	86,139	516,834	436,917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evaporation	0	0	1,941	12,112	19,501	19,894	19,366	18,597	17,829	17,058	16,264	15,407	19,779	25,842	31,202	34,200	35,640	35,640
Volume Lost to Ice	0	0	0	17,500	69,998	53,257	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Losses	0	0	1,941	115,750	606,334	510,068	19,366	18,597	17,829	17,058	16,264	15,407	19,779	25,842	31,202	34,200	35,640	35,640
Net Inflow	50,261	366,200	1,204,774	1,077,889	1,105,621	920,514	360,702	360,919	361,137	361,355	361,585	686,692	1,659,521	1,657,829	1,656,662	1,655,953	433,017	355,903
Pumping to Mill Reclaim Water	0	0	337,670	658,887	658,887	562,704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pumping to MCP	50,261	366,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pumping / Runoff to Treatment	0	0	0	0	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	478,039	0	0	0	0	0	0
Discharge to Environment (No Treatment)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	355,887	355,903
Storage in Pit at End of Period	0	0	867,104	1,286,106	1,192,839	1,010,649	831,351	652,270	473,407	294,762	116,347	325,000	1,984,521	3,642,350	5,299,012	6,954,965	7,032,096	7,032,096



ANNEXE D

Analyse de la qualité d'eau

D.1.0 INTRODUCTION

Un modèle de qualité de l'eau (MQE) a été développé pour estimer la qualité probable de l'eau de la fosse ennoyée Expo sur une période de 50 ans: durant et après son ennoiement et 38 ans post-fermeture. Le concept de fermeture choisi pour l'installation comprend les éléments suivants : la présence de résidus non recouverts au fond de la fosse, l'évacuation et le traitement des eaux résiduelles dans la fosse (l'eau de procédé des résidus) avant l'ennoiement, l'ennoiement accéléré de la fosse par pompage d'eau du lac Bombardier en fermeture, et le déversement naturel dans l'environnement en post-fermeture. Le scénario de fermeture a été sélectionné en fonction des évaluations précédentes suivantes :

- Quatre options de fermeture (présence ou absence de recouvrement sur résidus ennoyés)
- Ennoiement naturel et accéléré par pompage active d'une source d'eau;
- Scénarios d'années climatiques moyennes et d'années sèches de récurrence 25 ans;
- Intrants de qualité d'eau qui reflètent deux scénarios : 'cas moyen' et 'hypothèses conservatrices' ;
- Eau de la fosse amendée et non amendée par ajustement de la dureté;
- Les effets des processus géochimiques d'adsorption et de précipitation des composés chimiques présents dans l'eau de la fosse.

Cette annexe présente les résultats du MQE développé pour le scénario de fermeture impliquant l'évacuation des eaux résiduelles libres suite à la déposition de résidus, l'ennoiement accéléré de la fosse avec de l'eau du lac Bombardier jusqu'à son niveau d'eau maximum (EL. 535,4 m), le non-recouvrement des résidus avant la l'ennoiement, un bilan hydrique dans un scénario climatique de précipitations moyennes, l'utilisation d'intrants chimiques basés sur des hypothèses prudentes (conservatrices) de qualité d'eau, aucun effet atténuant d'adsorption ou précipitation de composés chimiques des eaux de la fosse et aucun traitement de l'eau.

Les objectifs du MQE sont les suivants :

- Évaluer qualité de l'eau de la fosse durant l'opération et en fermeture, ainsi que les effets dilutifs à long terme sur la qualité d'eau de la fosse;
- Déterminer si des mesures de contrôle de qualité d'eau et/ou traitement d'eau seraient nécessaire à long terme. Une attention particulière est accordée à l'évaluation du nickel et du cuivre identifiés comme les principaux éléments d'intérêt dans l'eau de contacte minière;
- Évaluer l'efficacité des mesures d'ingénierie envisagées pour réduire la concentration des CPP dans l'eau de la fosse.

Des mesures particulières d'opération et de fermeture ont été instaurées suite à l'évaluation des divers scénarios modélisés, nommément : l'enlèvement et traitement de l'eau de procédé métallurgique (eau résiduelle libre) de la fosse avant l'ennoiement, l'ennoiement accéléré de la fosse par pompage d'eau du lac Bombardier afin de réduire les effets du ruissellement sur les parois de la fosse lors de l'ennoiement, qui contribue à la charge chimique globale de l'eau dans la fosse, et l'engagement de CRI à maintenir la dureté de l'eau de la fosse à 400 mg/L jusqu'en 2056.

Cette annexe décrit la modélisation du scénario retenu pour l'opération et la fermeture (section D.2.0), la construction du modèle (section D.3.0), les intrants et les hypothèses utilisés (section D.4.0), la démarche de

modélisation (section D.5.0), les résultats (section D.6.0), les risques et les opportunités (section D.7.0), les recommandations (section D.8.0), les limites du rapport (section D.9.0), et les conclusions du MQE (section D.10.0).

D.1.1 Études et information à l'appui

Le scénario de fermeture s'appuie sur les résultats d'études menées pour appuyer une analyse des options de déposition de résidus dans la fosse Expo depuis 2018. Les données suivantes ont été fournies par CRI :

- Composition chimique de l'eau du parc à résidu et de l'eau de procédé métallurgique (fichier Excel; ' « *Classeur1* ») reçus le 8 août 2019;
- Qualité de l'eau de contacte dans la fosse Expo prélevé à différentes dates, reçue le 2 août 2019;
- Algorithme développé par CRI dans MSExcel pour évaluer la qualité future de l'eau du parc à résidus et de l'eau de procédé, pour la période de 2018 à 2024 (fichier Excel; « *2019-10-30 Plan de pompage 2019 V1 pour Golder V2* »), reçu le 30 novembre 2019;
- Qualité d'eau du ruissellement naturel (fichier Excel; « *DEV-1* ») reçus le 8 mars 2020;
- Procédés opérationnels et d'ingénierie modélisés, reçus le 8 mars 2020 (décrits dans ce document);
- Proportions des unités lithologiques (roche ultramafique et sédimentaire) exposées dans la paroi finale de la fosse Expo (le palier 530), reçu le 9 mars 2020; et
- Valeurs du pH de l'eau potable du Camp Expo qui provient du lac Bombardier et qui représente le pH de l'eau du lac. Données d'avril à décembre 2019, reçues le 14 juillet 2020.

D.2.0 SCÉNARIO DE FERMETURE

Un résumé du scénario modélisé est fourni au tableau D-1. Dans ce scénario, l'eau de la fosse est recyclée vers le concentrateur pendant les opérations, et les résidus sont déposés depuis les parties est et ouest de la fosse, principalement sous l'eau. Ces éléments sont décrits ci-après :

- **Recouvrement sur les résidus** : pas d'ajout de couverture au-dessus des résidus dans la fosse. La modélisation de la migration par diffusion des composés chimiques présents dans les pores des résidus vers la colonne d'eau est discutée à la section D.6.3. Cet exercice démontre que le taux de diffusion du nickel est faible et donc que le recouvrement des résidus dans la fosse présente peu d'avantages à la qualité de l'eau de la fosse.
- **Élimination des eaux résiduelles** : les eaux résiduelles (eaux de procédé du concentrateur) contiennent des métaux et des réactifs de traitement du minerai. L'élimination de l'eau de procédé (prétraitement à l'aide d'un procédé Fenton, traitement à la station d'épuration principale d'Expo et rejet de l'effluent dans l'environnement) aura lieu avant l'ennoiement par pompage d'eau du lac Bombardier. L'évacuation des eaux résiduelles de la fosse aura lieu entre juillet 2023 et septembre 2030 à un taux de 180 000 m^3/mois de juillet à septembre de chaque année.
- **Ennoiement accéléré** : ce scénario comprend l'ennoiement accéléré de la fosse avec de l'eau pompée du lac Bombardier au moment de la fermeture, à un taux de 1 300 000 m ^{3}/an (108 330 m^3/mois) après la fin de

la déposition dans la fosse et suite à l'enlèvement de l'eau de procédé au-dessus des résidus. Ce taux de pompage est le maximum autorisé depuis le lac Bombardier. L'ennoiement accéléré résulte en une amélioration de la qualité de l'eau dans la fosse en raison de la plus courte durée d'exposition des parois. Le ruissellement sur les parois est le contributeur le plus important de charge chimique à la qualité d'eau. Il contient des concentrations élevées en nickel et autres éléments (tableau D-8). L'accélération de l'ennoiement se fait sur 5 ans comparativement à plus de 15 ans avec l'apport naturel des débits entrants uniquement.

- **Climat** : les données climatiques moyennes des 25 dernières années qui présument des précipitations annuelles moyennes de 600 mm ont été utilisées pour générer le bilan hydrique, car ce scénario modélise une période de temps relativement longue (des opérations en 2021 à l'année 2071 pendant la post-fermeture) qui devrait représenter les conditions climatiques moyennes globales.
- **Intrants chimiques** : les intrants utilisés dans le modèle sont basés sur des données réelles, lorsque disponibles, ou sur des hypothèses conservatrices. Certaines données sont bien définies, telle la qualité de l'eau des précipitations et du lac Bombardier, grâce aux données de suivi disponibles. D'autres données sont moins bien définies (plus d'incertitude) telle la qualité de l'eau de ruissellement sur les parois de la fosse. Cet intrant est un important contributeur de charge chimique à l'eau de la fosse. Des intrants conservateurs ont été utilisés dans ce scénario, tel que discuté à la section D.4.2.
- **Adsorption et précipitations** : les effets d'atténuation de la concentration des composés chimiques dans l'eau dus à l'adsorption et précipitation du nickel et d'autres métaux ont été évalués séparément de cet exercice de modélisation. L'effet de l'adsorption sur la concentration en métaux s'est avéré minime et n'a ainsi pas été incorporé dans ce modèle. La précipitation du fer a été retenue pour le modèle; ce procédé géochimique contrôle la concentration de fer dans l'eau de la fosse (section D.5.0).
- **Dureté** : L'engagement de CRI à maintenir la dureté de la qualité de l'eau de la fosse à 400 mg/L pendant la fermeture et en post-fermeture jusqu'en 2056 est considéré dans l'interprétation des résultats du modèle. Comme la limite de qualité d'eau de surface - effet chronique (CVAC) pour le Ni dépend de la dureté, l'augmentation de la dureté permet d'augmenter la limite de CVAC pour le Ni à 0,169 mg/L pendant cette période.
- **Traitement de l'eau** : pendant la fin des opérations de juillet à septembre, l'eau de procédé résiduelle sera pompée hors de la fosse vers l'usine de traitement à un taux de 180 000 m^3/mois. Aucun traitement de l'eau de la fosse n'est considéré suite à ceci pendant la fermeture et post-fermeture. L'effet du traitement sur la qualité de l'eau de la fosse pendant la fermeture a été jugé minime :il a pour effet de ralentir le taux d'ennoiement de la fosse, d'augmenter la durée d'exposition des parois de la fosse ce qui résulte en une charge chimique plus élevée provenant du ruissellement sur les parois exposées. Le traitement de l'eau de la fosse suite à l'ennoiement résulterait en une très faible diminution des concentrations dans l'eau de la fosse. Ceci n'a donc pas été considéré dans le modèle.

Tableau D-1 : Scénario pris en compte dans le MQE

Scénario retenu	Intrant	Valeurs associées
Recouvrement des résidus	Aucun recouvrement des résidus	-
Ennoiement accéléré avec l'eau du lac Bombardier	Taux de pompage d'eau du lac au maximum pendant la fermeture (2030-2034)	1 300 000 m^3/an (108 330 m^3/mois)
Année climatique	Scénario climatique moyen	600 mm/an de précipitations
Intrants	hypothèses prudentes (conservatrices)	Décrites à la section D.4.2
Précipitations de minéraux d'éléments sursaturés dans l'eau de la fosse	Phases minérales stables (principalement du fer) décrites à la d D.5.0	Décrits à la section D.6.1
Dureté	Maintenu par CRI pendant la fermeture et post-fermeture jusqu'en 2056	400 mg/L
Traitement de l'eau	Eau libre au-dessus des résidus retirée et traitée avant l'ennoiement. Aucun traitement d'eau par la suite	180 000 m^3/mois de juillet à septembre

D.2.1 Études et information à l'appui

Deux ensembles de critères ont été appliqués aux résultats du MQE et sont présentés à l'annexe D-1. Les limites provinciales de qualité d'eau d'effluent miné (Directive 019; MDDELCC 2012) sont applicables à la période d'opérations. Cette comparaison est à titre indicatif uniquement puisque CRI ne prévoit aucun rejet d'effluent non traité directement de la fosse pendant les opérations.

Les résultats du MQE ont également été comparés aux critères provinciaux de qualité des eaux de surface : les CVAC (critères provinciaux de protection de la vie aquatique, effets chroniques).

D'autres critères généralement utilisés dans les études minières et énoncés dans la Directive 019 tels que les critères de consommation des eaux souterraines (EC; eau de consommation) et les eaux souterraines s'infiltrant dans les eaux de surface (ESR : eau souterraine en résurgence dans l'eau de surface) ne sont pas applicables à ce site le site repose sur un pergélisol continu; il n'y a pas d'eau souterraine à proprement parler.

D.3.0 MODÈLE DE QUALITÉ DE L'EAU

Le MQE a été développé à l'aide du logiciel interactif PHREEQC (PHREEQCi) version 3.5.0 (Parkhurst et Appelo 2013) avec les intrants préparés dans Microsoft Excel. Ce logiciel a été développé par le Service géologique des États-Unis (USGS) pour la modélisation géochimique aqueuse. Il est largement accepté par les spécialistes pour utilisation dans des applications d'évaluation d'interaction géochimique entre le sol/la roche et l'eau, simulant des interactions à l'équilibre géochimique selon les conditions de pH et redox définies, tel qu'attendu pour l'eau de la fosse ennoyée. Le MQE a été configuré et exécuté sur un pas de temps annuel en suivant les étapes suivantes :

- **Débit entrant et proportions de mélange des eaux** : Le bilan hydrique (annexe C) défini pour le MQE a été utilisé pour calculer les proportions des différents intrants à mélanger chaque année dans la fosse, relatif à la quantité d'eau qui accumulée dans la fosse. Les détails de ce processus sont présentés à la section D4.1.
- **Composition chimique des intrants** : la composition chimique de chaque terme source à être incorporé dans le modèle a été développée à partir des données géochimiques disponibles décrites à la section D.1.1, et des hypothèses conservatrices jumelées aux donnés en main lorsque des valeurs spécifiques n'étaient pas disponibles (telle la qualité du ruissellement sur les parois de la fosse). Le développement des termes source et la justification derrière leur sélection sont abordés à la section D.4.2.
- **Calcul du modèle PHREEQC :** les proportions de mélange des eaux et leur qualité sont combinées dans Microsoft Excel pour produire un fichier d'entrée au logiciel PHREEQC, qui est ensuite exécuté dans PHREEQC. La sortie du modèle est interprétée dans Excel. Le détail des étapes de calcul suivies dans PHREEQC est fourni à la section D.5.0.
- **Concentration en nickel pendant la post-fermeture** : les effets de la diffusion des résidus de la fosse et de la dilution de l'eau de la fosse par les débits entrants naturels sur les concentrations en nickel dans l'eau de la fosse sont évalués dans Excel. Les calculs effectués pour la diffusion et la dilution sont résumés à la section D.5.0.

D.4.0 INTRANTS ET HYPOTHÈSES DU MODÈLE DE QUALITÉ DE L'EAU

Les intrants et les hypothèses utilisés sont décrits ci-après.

D.4.1 Bilan hydrique

Le bilan hydrique utilisé pour ce scénario est présenté en détail à l'annexe C. Le bilan hydrique a évalué les débits entrants et les pertes mensuelles d'eau provenant de diverses zones allant à l'installation de gestion de résidus de la fosse Expo pendant les opérations, la fermeture et la post-fermeture. Les débits entrants de l'installation et les termes source attribués à chaque débit entrant sont détaillés à la section D.4.2et illustrés au tableau D-2.

Afin de modéliser la qualité de l'eau, deux étapes de calcul ont été effectuées afin de convertir les débits mensuels en proportions annuelles de chaque intrant :

1) le total annuel de chaque débit à la fosse a été calculé pour chaque source; et
2) la proportion de chaque débit entrant de la fosse et contribuant au volume total d'eau dans la fosse au cours de chaque année a été calculée comme suit :

$$proportion\ du\ débit\ entrant = \frac{débit\ entrant\ annuel\ (m^3, année\ en\ cours)}{tout\ les\ débits\ (m^3, année\ en\ cours) + volume\ d'eau\ dans\ la\ fosse\ (m^3, année\ précédente)}$$

Tableau D-2 : Débits entrants du bilan hydrique et termes source de la qualité de l'eau associés

Période	Débit entrant du bilan hydrique	Terme représentatif de la source de qualité de l'eau
Opérations — fermeture	Ruissellement naturel sur le sol	Ruissellement naturel du sol
	Ruissellement sur les parois de la fosse Expo	Ruissellement de l'eau de contact avec les parois de la fosse
	Eau dans les résidus	Eau de procédé (de l'usine)
	Ruissellement des résidus humides	Eau de procédé (de l'usine)
	Ruissellement d'eau sur la plage de résidus	Eau de procédé (de l'usine)
	Pompage d'eau depuis la cellule 2	Eau du bassin du parc à résidu (de l'ISR)
	Précipitations à la surface des résidus	Aucune charge
	Précipitations à la surface du lac de la fosse	Précipitations
	Fonte de neige dans la fosse	Précipitations et ruissellement de l'eau de contact avec les parois de la fosse
	Pompage depuis le lac Bombardier	Lac Bombardier
Post-fermeture	Ruissellement naturel sur le sol naturel	Ruissellement naturel du sol
	Ruissellement sur les parois de la fosse Expo	Ruissellement de l'eau de contact sur les parois de la fosse
	Fonte de neige dans la fosse	Précipitations et ruissellement de l'eau de contact avec les parois de la fosse

D.4.2 Intrants de qualité de l'eau

Les intrants chimiques ont été sélectionnées à l'aide des données sur la qualité de l'eau recueillies sur le site et fournies par CRI et d'hypothèses prudentes pour les intrants dont la qualité future n'était pas définie. La concentration de tous les constituants évalués a été calculée pour les périodes d'opération et fermeture. Seul le nickel a été modélisé durant la période post-fermeture étant donné qu'il était le seul paramètre d'intérêt. Lorsque les concentrations étaient inférieures à la limite de détection, la valeur de la limite de détection a été utilisée.

D.4.2.1 Précipitations

La composition chimique des précipitations est résumée au tableau D-3. Elle représente la moyenne de la composition de l'ensemble de données de la station de surveillance des précipitations CapMon d'Environnement Canada (CapMon, 2012) dans le nord de l'Ontario. Elle est présumée constante dans le MQE.

Cet intrant est attribué à trois débits entrants dans le bilan hydrique :

- Précipitations à la surface du bassin d'eau dans la fosse;
- Opérations : 90 % de la fonte de neige cumulée dans la fosse. Le 10 % restant étant attribués à la qualité de l'eau de ruissellement de la paroi de la fosse pendant la fermeture des opérations; et
- Post-fermeture : 99 % de la fonte de neige cumulée dans la fosse à ciel ouvert, avec le 1 % restant attribué à la qualité de l'eau de ruissellement de la paroi de la fosse pendant la post-fermeture.

Suite à l'arrêt de la déposition des résidus dans la fosse et à l'ennoiement avec l'eau du lac Bombardier, les précipitations représentent le volume ajouté le plus important pendant la fermeture et post-fermeture.

Une température de précipitations de cinq degrés Celsius est présumée basé sur la température mensuelle moyenne de l'air enregistrée à la station météorologique du site Expo pendant les mois de juillet à septembre, lorsque la température mensuelle moyenne de l'air était supérieure à zéro degré. Cette température a été appliquée à tous les intrants au modèle PHREEQC (section D.5.0).

Tableau D-3 : Qualité de l'eau des précipitations

Paramètre[1]	Unités	Valeur
Température	°C	5,0
pH	u.s.	5,1
Rédox	mV	600
Sulfate	mg/L	0,82
Cl	mg/L	0,10
Na	mg/L	0,050
Ca	mg/L	0,15
Mg	mg/L	0,020
K	mg/L	0,040

Note:

[1] La concentration des paramètres non-indiqués, y compris les métaux traces, est présumée nulle.

D.4.2.2 Lac Bombardier

La composition chimique de l'eau du lac Bombardier est présentée au tableau D-4. Le pH de l'eau est le pH moyenne de l'eau potable au Camp Expo mesuré entre avril et décembre 2019, qui provient directement du lac Bombardier. La concentration d'arsenic, de cuivre, de fer, de manganèse, de nickel et d'uranium a été mesurée directement au lac Bombardier. La concentration des autres constituants a été considérée comme étant la même que celle des précipitations.

Tableau D-4 : Qualité de l'eau du lac Bombardier

Paramètre[1]	Unités	Valeur
Température	°C	5,0
pH	u.s.	6,5
Rédox	mV	600
Sulfate	mg/L	0,82
Cl	mg/L	0,10
Na	mg/L	0,050
Ca	mg/L	0,15
Mg	mg/L	0,020
K	mg/L	0,040
As	mg/L	0,001 0
Cu	mg/L	0,001 4
Fe	mg/L	0,060
Mn	mg/L	0,003 6
Ni	mg/L	0,002 0
U	mg/L	0,001 0

Note :

[1] La concentration des paramètres non indiqués est présumée être zéro.

D.4.2.3 Ruissellement naturel sur le sol

Le bilan hydrique présume que le fossé de dérivation est efficace à 60 %, c'est-à-dire que 40 % du ruissellement naturel dans le bassin versant au sud de la fosse Expo n'est pas capté par le fossé de dérivation. L'intrant de composition chimique est représenté par la qualité de l'eau de surface de la station de suivi du fossé de dérivation de 2018.

Le terme source de ruissellement naturel pendant les opérations représente la qualité de l'eau de contact sur le site de la Mine. Il se compose des deux dernières mesures de la qualité naturelle des eaux de ruissellement (emplacement EX-DEV 1) prises en juin et septembre 2019 par CRI. Les concentrations en Ni et Fe dépassent leur critère CVAC de dureté d'eau de 400 mg/L respectifs. Les concentrations de ces deux métaux ont été fixées à la concentration limite CVAC sur la base de l'engagement de CRI de réduire la concentration en métaux mesurée en dessous de leur limite CVAC de dureté de l'eau de 400 mg/L. Les concentrations en métaux non analysés ont été tirées du terme source de ruissellement naturel de mauvaise qualité de Golder (2020). La chimie de ce terme source pendant les opérations et la fermeture est illustrée au tableau D-5 (Ruissellement naturel : opérations – fermeture). Au cours de la post-fermeture, seules les concentrations de nickel ont été modélisées et CRI s'est engagée à réduire la concentration de nickel de ruissellement naturel à la limite CVAC de nickel la plus basse possible de 0,007 mg/L de Ni pendant cette période, comme illustrée au tableau D-5.

Ce terme source est généralement le deuxième en abondance après les précipitations pendant la post-fermeture.

Tableau D-5 : Intrants de qualité de l'eau de ruissellement naturel

Paramètre	Unités	Valeur	
		Opérations — fermeture	Post-fermeture
pH	u.s.	7,0	NC
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	10	
Al	mg/L	0,019	
As	mg/L	0,001 0	
Ba	mg/L	0,002 0	
Ca	mg/L	1,0	
Cd	mg/L	0,000 030	
Co	mg/L	0,000 10	
Cu	mg/L	0,016	
K	mg/L	2,8	
Fe	mg/L	1,3	
Ni	mg/L	0,17	0,007
Pb	mg/L	0,000 52	NC
Sulfate	mg/L	7,6	
V	mg/L	0,000 10	
Zn	mg/L	0,022	

Note :

NC : « Non pris en compte », pendant la post-fermeture, seul le Ni est modélisé

D.4.2.4 Eau du bassin de résidus/Eau de procédé du concentrateur

La qualité de l'eau de procédé, de l'eau dans les pores des résidus et de l'eau du bassin de résidus (des cellules de résidus 1 et 2) pompée dans la fosse Expo de 2021 à 2024 a été modélisée sur la période 2018 à 2024 à l'aide d'un algorithme dans MSExcel fourni par CRI. Ce modèle a ensuite été modifié par Golder pour mettre les eaux en équilibre géochimique.

L'algorithme de CRI calcule la concentration des constituants de l'eau du bassin de résidus et de l'eau de procédé de façon mensuel en tenant compte du bilan hydrique du concentrateur, de l'eau pompée avec les résidus vers les cellules de déposition et de l'eau des résidus recyclée vers le concentrateur.

Ce modèle débute en août 2018 avec des concentrations initiales basé sur la qualité d'eau du bassin de résidus le 30 juillet 2018 et d'une analyse de l'eau de procédé du 28 mars 2019. Ces concentrations initiales sont présentées au tableau D-6 et au tableau D-7. À l'aide de ces concentrations initiales, la concentration de chaque constituant chimique dans l'eau du bassin de résidus a été calculée sur une base mensuelle jusqu'en juillet 2021 comme suit (EP : eaux des pores, ER : eaux résiduelles, EC : eau du concentrateur, précip : Précipitations)

$$TSF\ concentration\ (mois\ en\ cours) = \frac{\left(EP\ concentration \times ER\ ajoutée\ (L) + \left(Precip\ Cell\ 1\ (L) + Precip\ Cell\ 2\ (L)\right) \times 0\ \frac{mg}{L} + eau\ parc\ résidus\ (L) \times concentration\ (mois\ précédent)\right)}{\left(ER\ ajouté\ (L) + Precip\ Cell\ 1\ (L) + Precip\ Cell\ 2\ (L) + eau\ parc\ résidus\ (L)\right)}$$

Au cours de la période précédant juillet 2021, l'eau dans les cellules de résidus se trouve à la fois sous forme d'eau libre au-dessus des résidus et d'eau dans les pores des résidus. En juin 2021, l'eau stockée dans la cellule 2 est pompée dans la fosse Expo et l'eau restante dans l'installation est constituée d'eau interstitielle de résidus. De juillet 2021 à décembre 2023, la concentration d'un constituant donné dans l'eau interstitielle est calculée comme suit :

$$ER\ concentration\ (mois\ en\ cours) = \frac{\left(EP\ concentration \times ER\ added\ (L) + \left(Precip\ Tailings\ (L)\right) \times 0\ \frac{mg}{L} + eau\ parc\ résidu\ (L) \times concentration\ (mois\ précédent)\right)}{\left(ER\ ajoutée\ (L) + Precip\ sur\ résidus\ (L) + Precip\ Cell\ 2\ (L) + eau\ parc\ résidus\ (L)\right)}$$

La concentration d'un élément donné dans l'eau de procédé a été calculée en septembre 2018 et chaque mois par la suite, jusqu'en décembre 2023, comme suit :

$$EC\ concentration\ (mois\ en\ cours) = EC\ concentration\ (mois\ précédent) + parc\ a\ résidu\ concentration\ (mois\ précédent) - parc\ à\ résidus\ concentration\ (deux\ mois\ avant)$$

Ce calcul suppose que le changement de la qualité de l'eau du bassin de résidus, qu'il s'agisse d'une augmentation ou d'une diminution de la concentration des constituants, se reflète ensuite dans la qualité de l'eau du concentrateur (à l'usine) lorsque l'eau du bassin de résidus est recirculée dans le concentrateur.

Certains paramètres montraient des concentrations qui diminuaient avec la recirculation, ce qui n'est pas anticipé. Pour ces paramètres, leur concentration de 2018 a été fixée pour la durée de la modélisation (pour la qualité de l'eau de procédé) afin de représenter l'apport fixe de charge chimique par le minerai traité dans l'usine. . Ceci représente. Des limites inférieures de concentration dans l'eau de procédé pour un mois donné ont été fixées dans le modèle basé sur cette hypothèse et sont présenté au tableau D-7. Les exceptions à cette approche incluent les suivantes :

- **Limites de détection** : les concentrations sous la limite de détection analytique ont été fixées comme étant la limite de détection.
- **Équilibre des charges chimiques** : les analyses de magnésium, de chlorure et de sulfate étaient élevées dans l'échantillon d'eau de procédé de 2018 et manquait quelques paramètres dont le thiosulfate : cette eau était en déséquilibre chimique et non utilisable tel quel dans le modèle PhreeqC. Ainsi, la concentration initiale de ces trois constituants sont celles de l'eau de procédé de 2019.
- **Alcalinité** : l'alcalinité mesurée dans l'eau de procédé de 2018 était élevée (50 mg/L de $CaCO_3$) menant à une alcalinité déraisonnablement élevée dans le modèle. En conséquence, l'alcalinité maximum observée dans les essais en cellules d'humidité (ECH) des roches stériles Expo a été utilisée (10 mg/L sous forme de $CaCO_3$).

- **Concentrations élevées** : les éléments pour lesquels les concentrations mesurées étaient plus élevées dans l'échantillon d'eau de procédé de 2018 ont utilisé la concentration de l'échantillon d'eau de procédé de 2019. Cette étape a été suivie, car des concentrations plus faibles ne sont généralement pas attendues après la recirculation, mais lorsqu'elles sont observées, elles doivent être prises en compte dans l'établissement de limites inférieures.

Le modèle présume que la qualité de l'eau de ruissellement de la zone industrielle est améliorée suite à par la construction de la couverture sur la cellule de résidus 2 qui débutera en juin 2023 et se terminera en octobre 2024. Pendant cette période, la superficie exposée des résidus diminue progressivement alors que la contribution des débits entrants naturels (représentant la surface restaurée) augmente. Afin de maintenir le conservatisme du modèle, des entrées d'eau de procédé et d'eau du bassin de résidus en 2024 identiques à celles calculées en 2023 ont été considérées, malgré la plus petite superficie exposée de résidus en 2024.

Tableau D-6 : Qualité de l'eau de l'installation de gestion des résidus

Paramètre	Unités	Concentration annuelle				
		2018	2021	2022	2023	2024
pH	u.s.	7,8	7,1	6,9	6,9	6,9
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	34	11	10	10	10
Ag	mg/L	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0
Al	mg/L	0,260	0,030	0,021	0,021	0,021
As	mg/L	0,001 2	0,000 33	0,000 21	0,000 21	0,000 21
Ba	mg/L	0,036	0,15	0,21	0,21	0,21
Ca	mg/L	440	950	1200	1200	1200
Cd	mg/L	0,000 20	0,000 20	0,000 20	0,000 20	0,000 20
Cl	mg/L	300	930	1300	1300	1300
Co	mg/L	0,0081	0,031	0,042	0,042	0,042
Cr	mg/L	0,0098	0,0013	0,00092	0,00092	0,00092
Cu	mg/L	0,027	0,011	0,011	0,011	0,011
F	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Hg	mg/L	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
Mg	mg/L	100	60	67	67	67
Mn	mg/L	0,038	0,015	0,016	0,016	0,016
Mo	mg/L	0,013	0,018	0,022	0,022	0,022
Fe	mg/L	1,6	0,18	0,12	0,12	0,12
Na	mg/L	140	360	470	470	470
Ni	mg/L	0,50	0,59	0,69	0,69	0,69
P	mg/L	0,018	0,016	0,018	0,018	0,018
Pb	mg/L	0,000 50	0,000 50	0,000 50	0,000 50	0,000 50

Paramètre	Unités	Concentration annuelle				
		2018	2021	2022	2023	2024
Se	mg/L	0,006 3	0,006 3	0,007 2	0,007 2	0,007 2
Sb	mg/L	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0
Sulfate	mg/L	530	920	1200	1200	1200
Zn	mg/L	0,019	0,002 6	0,001 9	0,001 9	0,001 9
Thiosulfate	mg/L	880	1700	2200	2200	2200

Tableau D-7 : Qualité de l'eau de procédé (effluent de l'usine du concentrateur) modélisée

Paramètre	Unités	Eau de procédé (minimum)	Concentration annuelle modélisée				
			2018	2021	2022	2023	2024
pH	u.s.	-	7,2	6,9	6,8	6,8	6,8
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	10[1]	29	10	10	10	10
Ag	mg/L	0,0010[2]	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0
Al	mg/L	0,021	0,057	0,021	0,021	0,021	0,021
As	mg/L	0,000 20	0,001 0	0,000 21	0,000 20	0,000 20	0,000 20
Ba	mg/L	0,071	0,12	0,23	0,29	0,29	0,29
Ca	mg/L	680	900	1400	1700	1700	1700
Cd	mg/L	0,00020[2]	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
Cl	mg/L	790[3]	790	1400	1700	1700	1700
Co	mg/L	0,011	0,025	0,047	0,058	0,058	0,058
Cr	mg/L	0,00094	0,0050	0,00094	0,00094	0,00094	0,00094
Cu	mg/L	0,013[4]	0,013	0,013	0,014	0,014	0,014
F	mg/L	0,060	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Hg	mg/L	0,00010[2]	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
Mg	mg/L	75[3]	75	77	84	84	84
Mn	mg/L	0,018[4]	0,018	0,018	0,019	0,019	0,019
Mo	mg/L	0,0042	0,020	0,025	0,028	0,028	0,028
Fe	mg/L	0,12	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12
Na	mg/L	200	320	530	640	640	640
Ni	mg/L	0,71[4]	0,71	0,80	0,89	0,89	0,89
P	mg/L	0,020[4]	0,020	0,021	0,023	0,023	0,023
Pb	mg/L	0,00050[2]	0,000 50	0,000 50	0,000 50	0,000 50	0,000 50
Se	mg/L	0,0080[4]	0,008 0	0,008 3	0,009 1	0,009 1	0,009 1

Paramètre	Unités	Eau de procédé (minimum)	Concentration annuelle modélisée				
			2018	2021	2022	2023	2024
Sb	mg/L	0,0010[2]	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0	0,001 0
Sulfate	mg/L	940[3]	940	1300	1600	1600	1600
Zn	mg/L	0,002 0	0,007 0	0,002 0	0,002 0	0,002 0	0,002 0
Thiosulfate	mg/L	1700	1700	2400	2900	2900	2900

Notes :
Voici les exceptions à l'utilisation de l'échantillon d'eau de procédé 2018 pour fixer les valeurs limites inférieures, comme indiqué à la section D.4.2.4

[1] Alcalinité minimum du lixiviat de tests cinétiques sur des échantillons de la fosse Expo.
[2] Minimum selon la limite de détection analytique.
[3] Minimum de l'eau procédé 2018, non utilisé en raison des déséquilibres de charge.
[4] La concentration minimum provient de l'eau de procédé de 2019; la concentration en 2018 était plus élevée qu'en 2019.

D.4.2.5 Ruissellement sur les parois de la fosse

Deux sources de données ont été prises en compte dans l'estimation de la qualité de l'eau de ruissellement sur les parois de la fosse :

- Qualité de l'eau du puisard de la fosse : utilisée pour représenter le ruissellement pendant les opérations et la fermeture; et,
- Composition du lixiviat des cellules d'humidité sur les stériles: utilisée pour calculer les concentrations nickel dans le ruissellement post-fermeture (seul le nickel est modélisé durant cette période).

La qualité de l'eau du puisard de la fosse Expo du 12 juin 2019 a été utilisée pour représenter le ruissellement exposé de la paroi de la fosse pendant les périodes d'opération et de fermeture. Cette eau a été en contact avec du minerai. Elle a été analysée pour une série limitée de constituants (Al, As, Cr, Co, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, alcalinité, Cl, SO_4, pH, conductivité); la concentration de certains constituants non analysés (Ca, Mg, Fe) a été prélevée des tests de lixiviation cinétiques en cellule humide (ECH) sur les stériles de la fosse Expo. L'estimation spécifique des concentrations de calcium, de magnésium et de potassium dans l'eau du puisard de la fosse est basée sur la concentration de ces éléments dans ECH pour les mêmes types de stérile multipliée par un rapport d'échelle observé sur la concentration d'aluminium qui elle est mesuré dans les ECH et la fosse.

Il est à noter que la concentration de nickel mesurée de 4,7 mg/L dans l'eau du puisard de la fosse Expo du 12 juin 2019 est l'une des plus faibles concentrations de nickel mesurées historiquement (Figure D-1). La concentration moyenne de nickel des neuf mesures de 2017-2018 (utilisée dans Golder, 2019a) était de 9,9 mg/L de nickel, alors que les mesures précédentes ont dépassé 60 mg/L de nickel. CRI considère que les mesures élevées provenaient d'un environnement où le minerai riche en sulfure était exposé et stocké au fond de la fosse, augmentant ainsi les concentrations de nickel mesurées dans l'eau du puisard.

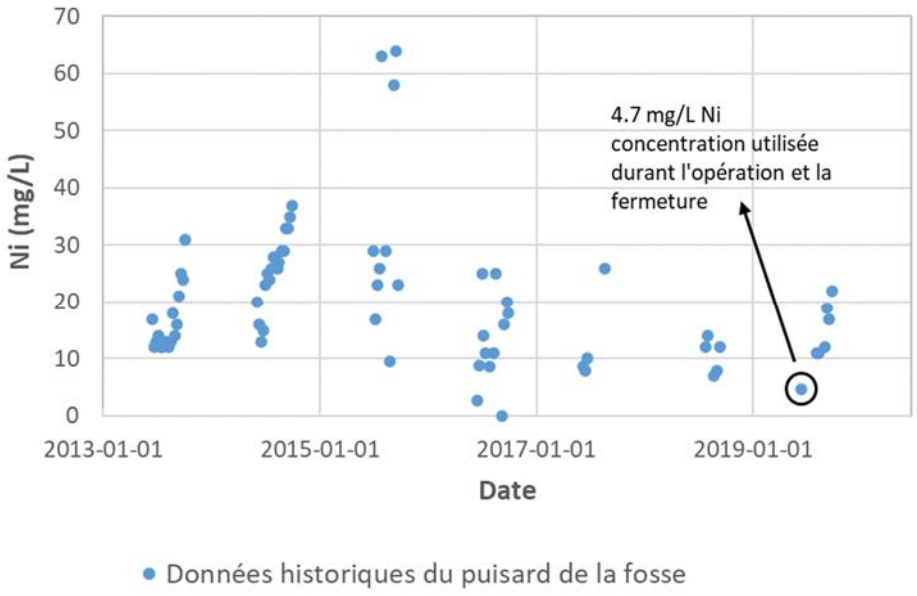


Figure D-1 : Concentrations historiques de Ni dans le puisard de la fosse. L'encerclé noir représente la concentration de nickel utilisée comme intrant pour représenter l'eau de ruissellement sur les parois de la fosse durant la période d'opération et fermeture.

Pendant la période post-fermeture, il est présumé que peu de minerai sera exposé et ainsi, que le taux de lixiviation de nickel à long terme sera semblable à celui des ECH sur les stériles non minéralisés. Par conséquent, pour cette période, les concentrations moyennes de nickel des deux derniers cycles d'essais cinétiques de chacun des trois échantillons ultramafiques du site Expo testés (EX-109-03, EX-49-02, EX-31-03) et chacun des trois échantillons sédimentaires du site Expo testés (EX-02-01, EX-84-01, EX-76-01) ont été utilisées pour représenter la concentration de nickel du ruissellement en post-fermeture (Golder, 2013). Il en résulte une concentration moyenne globale de nickel de 8,0 mg/L pour le ruissellement sur la roche ultramafique et une concentration de 0,45 mg/L pour le ruissellement sur la roche sédimentaire. Considérant les proportions lithologiques exposés sur les parois finale (le palier vertical EL. 530 m : 28,8 % de roche ultramafique et 71,2 % de roche sédimentaire), la concentration de nickel du ruissellement sur les parois de la fosse en post-fermeture est calculée à 2,62 mg/L. Les intrants de ruissellement sur les parois sont présentés au tableau D-8.

La variabilité historique des concentrations mesurées dans l'eau du puisard de la fosse et leur différence avec les concentrations des lixiviats des stations de lavage des parois souligne l'incertitude de cet intrant dans le modèle et donc dans l'évaluation de la qualité de l'eau de la fosse ennoyée.

Tableau D-8 : Estimation de la qualité de l'eau de ruissellement sur les parois de la fosse Expo

Paramètre	Unités	Puisard de la fosse Expo Est	ECH sur stériles sédimentaires	ECH sur stériles ultramafiques	Mélange proportionnel entre le puisard/test lixiviation des parois de la fosse[1]
		Opérations - fermeture	Ni post-fermeture (71 % [1])	Ni post-fermeture (29 % [1])	Post-fermeture
pH	u.s.	7,4	NC	NC	NC
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	14			
Ag	mg/L	-			
Al	mg/L	0,29			
As	mg/L	0,001 0			
Ba	mg/L	-			
Ca	mg/L	15			
Cd	mg/L	-			
Cl	mg/L	36			
Co	mg/L	0,21			
Cr	mg/L	0,0050			
Cu	mg/L	0,10			
,Hg	mg/L	-			
K	mg/L	29			
Mg	mg/L	55			
Mn	mg/L	-			
Mo	mg/L	-			
Fe	mg/L	1,9			
Na	mg/L	-			
Ni	mg/L	4,7	0,45	8,0	2,6
Pb	mg/L	0,000 50	NC	NC	NC
Se	mg/L	-			
Sb	mg/L	-			
Sulfate	mg/L	310			
Zn	mg/L	0,058			
Thiosulfate	mg/L	-			

Notes:
– aucun résultat rapporté, présumé avoir une concentration de 0 mg/L
NC : « non modélisé »
[1] Constituants autres que le nickel n'ont pas été modélisés en post-fermeture.

D.4.2.6 Diffusion de nickel à partir de l'eau interstitielle des résidus stockés

La quantité de nickel diffusée (ajoutée) à la colonne d'eau au-dessus des résidus chaque année pendant la période post-fermeture est calculée comme suit :

$$Diffusion\ ajout\ de\ Ni\ \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{Volume\ de\ résidus\ qui\ contribue\ du\ Ni\ \ (1905.4\ m^3) \times (2024\ EP\ concentration\ Ni\ \left(0.89\frac{mg}{L}\right) - Eau\ de\ la\ fosse, concentration\ Ni\ (\frac{mg}{L})}{volume\ d'eau\ acumulée\ dans\ la\ fosse\ (7{,}031{,}964\ m^3)}$$

La quantité de nickel ajoutée par diffusion de l'eau des pores des résidus vers la colonne d'eau sus-jacente est calculée pour la période post-fermeture en multipliant la superficie des résidus (95 270 m^2) par une épaisseur présumée de 5 cm de résidus sur laquelle le nickel serait perdu chaque année, de façon continue, considérant une porosité des résidus de 50 %, et que les pores plus profonds continuent d'alimenter cette intervalle superficielle (qui diffuse dans la colonne d'eau) jusqu'à l'épuisement de la masse de nickel stockée dans l'eau des pores des résidus.

L'enlèvement complet du nickel par diffusion à partir d'une telle couche a été calculé en utilisant la première loi de Fick (Geller et al. 2012) :

$$J_z = \frac{D°\,J}{F}\phi\frac{dC}{dz}$$

où :

Jz est le flux de nickel à travers l'interface résidus-eau de fosse (mg/(cm^2 s))

D°J est le coefficient de diffusion du nickel en fonction de la température, de 6,23 x 10^{-6} cm^2/s (Martin et al. 2003)

F est le facteur de formation (Manheim, 1970), de 1

ϕ est la porosité de la formation de 0,5 (cohérente avec les résidus)

*d*C est le changement de concentration à travers l'interface résidus-eau de surface dans la fosse (mg/(cm^3)

dz est la distance estimée de 5 cm sur laquelle se produit le changement de concentration

Le gradient de concentration a été calculé de manière itérative en utilisant la concentration initiale en Ni de l'eau de la fosse après la fermeture (0,10 mg/L) et la concentration initiale en Ni de l'eau de procédé dans les résidus (0,89 mg/L).

D.5.0 DÉMARCHE DU MODÈLE

Le MQE a été exécuté en utilisant PHREEQC Interactive (PHREEQCi) version 3.5.0 avec une version modifiée de la base de données thermodynamique Minteq.v4 qui est bien adaptée à la modélisation des environnements miniers. Ce modèle présume que des conditions d'équilibre hydrogéochimiques se produisent, ce qui est une hypothèse appropriée compte tenu des étapes de modélisation annuelles (les conditions moyennes annuelles sont modélisées). Pour incorporer les thiosulfates, l'espèce $S_2O_3^{2-}$ été ajoutée à cette base de données. Les constantes d'équilibre reliant le thiosulfate à d'autres espèces de sulfates ont été ajustées pour modéliser sa présence sans dégradation dans les MQE, ce qui reflète une hypothèse conservatrice. En réalité, le thiosulfate peut décomposer en sulfate et en acidité, ce qui peut diminuer le pH de l'eau et affecter la qualité de l'eau de la fosse. Cependant, la codification de cette réaction est complexe et sort du cadre de ce travail.

Pour chaque étape du modèle PHREEQC, l'équilibre thermodynamique est atteint avec toutes les espèces aqueuses de la base de données thermodynamique et la spéciation de chaque élément est obtenue. Lorsque cela est spécifié, la solution peut également être mise en équilibre thermodynamique avec des phases minérales plausibles (qui peuvent se former à température et pression atmosphériques anticipées dans l'eau de fosse) et des gaz atmosphériques, simulant ainsi la précipitation des phases minérales secondaires. Une liste des assemblages minéraux qui sont mis en équilibre avec la solution obtenue après le mélange à chaque pas de temps annuel dans les MQE est présentée au tableau D-9.

Comme indiqué à la section D.2.0, l'adsorption n'a aucun effet sur la concentration de nickel. Elle n'est donc pas modélisée dans ce scénario.

Tableau D-9 : Minéraux pris en compte dans le MQE

Nom	Formule minérale idéale
Gibbsite	$Al(OH)_3$
Otavite	$CdCO_3$
Malachite	$Cu_2(OH)_2CO_3$
Azurite	$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$
Ferrihydrite	$Fe(OH)_3$
Sidérite	$FeCO_3$
Mélantérite	$FeSO_4\ 7H_2O$
Rhodochrosite	$MnCO_3$
Birnessite	MnO_2
Manganite	$MnOOH$
Hydroxyde de zinc	$Zn(OH)_2$
Smithsonite	$ZnCO_3$
Goslarite	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
Gypse	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Calcite	$CaCO_3$
Magnésite	$MgCO_3$
Barite	$BaSO_4$
Fluorite	CaF_2
Carbonate de cobalt	$CoCO_3$
Cérusite	$PbCO_3$
Chromite	$FeCr_2O_4$
Hydroxyde de nickel	$Ni(OH)_2$
Hydroxyde de cuivre	$Cu(OH)_2$

Les étapes de calcul des périodes de fermeture et de post-fermeture sont résumées comme suit :

Période de fermeture (ennoiement de la fosse)

1) Chacun des intrants répertoriés au tableau D-2, avec les qualités de l'eau décrites aux tableaux de la section D.4.0, est amené à l'équilibre thermodynamique avec la base de données thermodynamique modifiée Minteq.v4.

2) Les intrants sont mélangés selon les proportions du débit entrant dans la fosse, déterminées dans le bilan hydrique, en utilisant la méthode décrite à la section D.4.1 pour obtenir la qualité de l'eau de la fosse avant la précipitation de phases minérales secondaires.

3) La qualité de l'eau de la fosse peut s'équilibrer avec les minéraux énumérés au tableau D-9 et avec le CO_2 (gaz).

4) Les étapes 2 et 3 décrivent la période de fermeture (durant l'ennoiement); elles sont répétées pour chaque année du modèle jusqu'à la fin de la période de fermeture, lorsque le niveau d'eau de la fosse Expo atteint l'élévation 535,4 m.

Période post-fermeture

5) La concentration de nickel dans l'eau de la fosse est calculée comme suit :

$$eau\ de\ fosse, concentration\ \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{\left(\begin{array}{c} pit\ water\ Ni\ concentration\ \left(previous\ year, \frac{mg}{L}\right) \times cumulative\ water\ stored\ in\ pit\ (7{,}031{,}964\ m^3) + \\ yearly\ natural\ inflow\ average\ Ni\ concentration\ \left(\frac{mg}{L}\right) \times yearly\ natural\ inflow\ (355{,}903\ m^3) \end{array}\right)}{yearly\ natural\ inflow\ (355{,}903\ m^3) + cumulative\ water\ stored\ in\ pit\ (7{,}031{,}964\ m^3)} + diffusion\ Ni\ ajouté\ (\frac{mg}{L})$$

où la concentration annuelle moyenne de nickel des débits entrants est calculée comme suit :

$$Yearly\ natural\ inflow\ average\ Ni\ concentration\ \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{\left(\begin{array}{c} pit\ wall\ runoff\ Ni\ concentration\ \left(2.62\ \frac{mg}{L}\right) \times (yearly\ pit\ wall\ runoff\ inflow\ (9{,}223\ m^3)\ +\ 0.01\ \times \\ (yearly\ snow\ melt\ pit\ contact\ water\ (209{,}090\ m^3)\ )\ +\ yearly\ natural\ ground\ runoff\ average\ Ni\ concentration\ \left(0.007\ \frac{mg}{L}\right) \\ \times\ yearly\ natural\ ground\ runoff\ inflow\ (62{,}089\ m^3) \end{array}\right)}{yearly\ natural\ inflow\ (355{,}903\ m^3)}$$

6) la dureté de l'eau est prévue être maintenue à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ par CRI à l'aide de contrôles techniques jusqu'à la fin de 2056; la dureté de l'eau de la fosse subséquente est calculée comme étant diluée avec un volume de débit entrant naturel annuel de 355 903 m^3, présumé avoir une dureté de 0 mg/L, qui s'écoule vers le lac de la fosse contenant 7 031 964 m^3 d'eau.

D.5.1 Hypothèses du modèle de qualité de l'eau

Les sections suivantes décrivent les hypothèses qui ont été développées aux fins de compléter le MQE.

- Les intrants de qualité d'eau représentent adéquatement chaque source et continueront d'être représentatifs à l'avenir (par exemple : les taux de lixiviation de métaux, d'oxydation des sulfures et de neutralisation du drainage minier acide).
- Il est présumé que le minerai est extrait de la fosse et que l'eau de procédé au-dessus des résidus est pompée avant l'ennoiement.

- Les intrants chimiques dont la concentration est inférieure à la limite de détection analytique sont présumés avoir une concentration égale à cette limite.
- Les composés dont la concentration n'est pas disponible (non analysée), sont présumés avoir une concentration de 0 mg/L. Les éléments d'intérêt, y compris le Ni et le Cu, ont des valeurs pour tous les intrants, par contre d'autres éléments, dont le sélénium, ne sont pas analysés dans tous les intrants et pourraient être sous-estimées dans l'eau de la fosse. Les valeurs de thiosulfate ne sont disponibles que pour les eaux de procédé, mais ne devraient pas être élevées dans les autres sources d'eau à la fosse. Les concentrations de constituants d'intérêt pour chaque intrant sont présentés à l'annexe D-1, au tableau D-1; les valeurs de 0 mg/L indiquent une absence de données.
- Les minéraux qui précipitent dans chaque pas de temps annuel modélisé sont retirés de l'eau, se déposent au fond de la fosse et sont amenés à l'équilibre géochimique avec les débits entrants ultérieurs, ce qui leur permet de se resolubiliser dans l'eau.
- Toutes les sources d'eau se mélangent entièrement dans la fosse; aucune stratification ne se développe.
- Les débits entrants d'eau souterraine dans la fosse Expo sont négligeables, car la fosse est entièrement contenue dans le pergélisol. En post-fermeture, il est présumé qu'une épaisseur de pergélisol demeure entre le fond de la fosse ennoyée et l'aquifère profond, c'est-à-dire, qu'il n'y a pas de communication (débits ou échanges) entre les deux eaux.
- Les solutions modélisées ont été équilibrées avec le CO_2 atmosphérique mais ne présument pas que l'eau soit saturée en oxygène, ce qui entraînerait une dissociation du thiosulfate et des diminutions potentiellement irréalistes du pH avant l'ennoiement avec l'eau du lac Bombardier.
- La température de l'eau de chaque intrant est présumée à 5 degrés Celsius (°C).
- Les conditions climatiques sont présumées persister indéfiniment et ne tiennent pas compte de changements climatiques étant donné la courte période modélisée. À long terme en post-fermeture, les conditions climatiques sont présumées converger vers des conditions moyennes.
- Le modèle simule les concentrations de constituants dissous et non les concentrations totales. L'effet sur la qualité de l'eau de matières en suspension (MES) qui pourraient être présentes dans l'eau n'est pas considéré. Si les MES sont élevées, celles-ci peuvent transmettre une masse chimique dissoute à l'eau. Il n'est pas possible d'évaluer l'effet précis des MES sur la qualité de l'eau puisque ceci dépend de l'agitation de l'eau dans la fosse et de la composition des MES. Cet aspect n'est pas modélisé.
- Le modèle est exécuté sur un pas de temps annuel et ne tient pas compte des variabilités mensuelles ou saisonnières des débits et de la composition des intrants et donc sur la qualité d'eau de la fosse Expo. Le potentiel de dilution causé par un débit élevé de crue printanière, le potentiel d'évapo-concentration lors de conditions sèches au milieu de l'été et de cryoconcentration sous la glace en hiver sont susceptibles d'affecter la qualité de l'eau de façon ponctuelle, sans nécessairement affecter la qualité de l'eau de manière mensuelle ou annuelle moyenne. Par contre, ces variations sont apte à générer des concentrations qui varient par rapport aux concentrations moyennes annuelles modélisées.
- Les concentrations de thiosulfate ont été modélisées en utilisant une démarche de bilan massique sans tenir compte des réactions géochimiques pouvant impliquer les thiosulfates. La décomposition des thiosels peut entraîner des changements de pH dans l'eau de la fosse. L'engagement de CRI d'ajuster la dureté de l'eau

de la fosse jusqu'en 2056 pourrait entraîner une modification du pH et affecter la qualité de l'eau sur cette période.

- Le modèle reflète les conditions de fermeture proposées par CRI. Les résultats du modèle sont des estimations plutôt que des valeurs précises, basées sur les connaissances actuelles du site, les données en main, l'engagement de CRI, les conditions de fermeture prévues, et les hypothèses raisonnables énoncées dans ce rapport.

D.6.0 RÉSULTATS

Les résultats du modèle de qualité de l'eau pour la fosse Expo ennoyée sont présentés à l'annexe D-1 et aux tableaux D1-1 et D1-2. Les concentrations sont exprimées en moyennes mensuelle, fraction dissoute, en unité de mg/L. Les résultats sont comparés aux recommandations provinciales pour la qualité de l'eau CVAC (critères provinciaux de protection de la vie aquatique, effets chroniques) pour une dureté de l'eau de 400 mg/L éq. $CaCO_3$. Un sommaire des résultats les plus pertinents pour les périodes d'opération et de fermeture, et la teneur en nickel prévue en post-fermeture sont présentés au tableau D-10.

La concentration de nickel dissous dans l'eau de la fosse Expo à la fermeture lorsque le niveau de l'eau de la fosse atteint 535,4 m est prévu être de l'ordre de 0,15 mg/L et se maintenir autour de cette valeur à la fin de la période modélisée (0,10 mg/L en 2071). La concentration de nickel est légèrement inférieure à la limite CVAC de nickel pour une dureté de l'eau de 400 mg/L éq. $CaCO_3$ durant la période modélisée. Ces concentrations sont des moyennes annuelles qui pourraient varier ponctuellement ou sur des périodes en fonction des conditions climatiques; elles sont sujettes aux incertitudes précédemment énoncées à la section D.5.1.

Le critère CVAC du nickel dépend de la dureté. Pour une dureté de l'eau de 10 mg/L éq. $CaCO_3$ (la plus basse pouvant être prise en compte selon les lignes directrices CVAC), le critère CVAC du nickel est de 0,007 mg/L. La dureté de l'eau de la fosse sera maintenue à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ jusqu'en 2056 pour prendre en compte les limites CVAC nickel de 0,169 mg/L. À partir de 2057, il est attendu que la dilution avec les débits entrants naturels diminue la dureté de l'eau, ce qui réduirait également la limite CVAC pour le nickel.

Au cours de la période post-fermeture, les débits entrants annuels totalisent 355 903 m^3; l'excès d'eau se déversera naturellement dans le milieu récepteur. La surverse de la fosse est prévue contenir une concentration de nickel inférieure au critère CVAC (figure D-2, annexe D-1, tableau D1-2).

Il est anticipé que le pH de l'eau de la fosse demeurera neutre (autour de 7,0 à 7,3) lorsque l'eau de procédé est présente dans la fosse, puis diminuera vers un pH autour de 6,2 avec l'apport d'eau du lac Bombardier qui est naturellement un peu acide.

Les concentrations de sulfate et de thiosulfate pendant les périodes d'opération et de fermeture suivent une tendance semblable : des concentrations élevées des deux composés sont présentes durant l'opération et au début de la fermeture, lorsque l'eau de procédé est présente dans la fosse, pour ensuite diminuer substantiellement lors de l'ennoiement avec l'eau du lac Bombardier. L'effet de l'élimination des eaux procédé sur les concentrations de ces composés est marquée; les concentrations descendent en dessous de 100 mg/L suite à l'ennoiement.

Les tendances du pH ainsi que des concentrations de nickel, de cuivre et de sélénium sont indiquées à la figure D-2 et la tendance des concentrations de nickel est discutée à la section D.6.2. La concentration modélisée

de sélénium dans l'eau de la fosse est également présentée; elle dépasse brièvement la limite CVAC sur une période de moins de trois ans durant l'opérations en raison des concentrations élevées de sélénium dans l'eau du bassin de résidus et dans l'eau de procédé. Les concentrations de sélénium diminuent avec l'apport du ruissellement naturel et des précipitations dans le bassin d'eau de la fosse.

Les minéraux gibbsite ($Al(OH)_3$), ferrihydrite ($Fe(OH)_3$), birnessite (MnO_2) et baryte ($BaSO_4$) sont précipités de l'eau de la fosse en début d'opération, limitant la concentration de fer, manganèse et baryum dans l'eau de la fosse. La majorité de ces minéraux sont cependant redissous au cours des années suivantes sauf la ferrihydrite qui continue de limiter la concentration de fer dans l'eau sur la période modélisée.

D.6.1 Constituants dépassant les critères, autres que le nickel

Tel qu'indiqué au tableau D-10, les composés qui dépassent les directives CVAC applicables dans le modèle sont l'argent, le nickel et le sélénium, quoique le dépassement du sélénium est limité à moins de trois ans avant le pompage de l'eau de procédé. Le dépassement d'argent est un artefact de l'utilisation de la valeur limite de détection analytique dans les eaux de procédé. La limite de détection analytique pour l'argent (0,001 mg/L) est supérieure à la directive CVAC pour ce composé (0,0001 mg/L). Une plus grande précision analytique est nécessaire pour déterminer si l'argent dépasse actuellement les lignes directrices applicables dans ces échantillons. Suite au pompage de l'eau de procédé hors de la fosse, aucun dépassement d'argent ni de sélénium ne sont prévus, à condition qu'une dureté de 400 mg/L éq. $CaCO_3$ soit maintenue jusqu'en 2056. La concentration de cuivre demeure sous le critère CVAC sur la période modélisée.

Tableau D-10 : Résultats du modèle de qualité de l'eau pour les opérations et la fermeture

Étape	Période	Description	Plage de Ni anticipée (mg/L)	Dureté (mg/L)	Plage de pH anticipée	Plage de sulfate anticipée (mg/L)	Plage de thiosulfate anticipée (mg/L)	Paramètres > CVAC[1]	Précipitations minérales modélisées
Opérations	06-2021 au 10-2024	Pompage d'eau de la cellule 2, dépôt de résidus	0,85 à 0,87	400	7,2 à 7,3	670 à 1000	1200 à 1900	Ag[2], Ni, Se	gibbsite, ferrihydrite, birnessite, barite
Fermeture	11-2024 au 09-2030	Pompage de l'eau de procédé	0,85 à 1,0		7,0 à 7,2	180 à 760	220 à 1400	Ag[2], Ni	
	10-2030 au 01-2035	Ennoiement de la fosse avec l'eau du lac Bombardier	0,15 à 0,18		6,2	18 à 36	14 à 45	-	
Post-fermeture	02-2035 au 12-2056	Débits entrants naturels, dureté maintenue	0,11 à 0,14		NM	NM	NM	-	NM
	01-2057 au 12-2070	Débits entrants naturels, dureté non maintenue	0,10 à 0,11	Diminuant à 200				-	

Notes :

NM : « non modélisé »

[1] Critères provinciaux des eaux de surface pour la protection de la vie aquatique, effets chroniques (critères de protection de la vie aquatique, effets chroniques; CVAC) (MEF 1998; version 2019). En post-fermeture, seul le nickel est modélisé.

[2] Les limites de détection analytique pour l'argent (0,001 mg/L) dans l'eau de procédé et de l'ISR sont supérieures au CVAC (de 0,0001 mg/L).

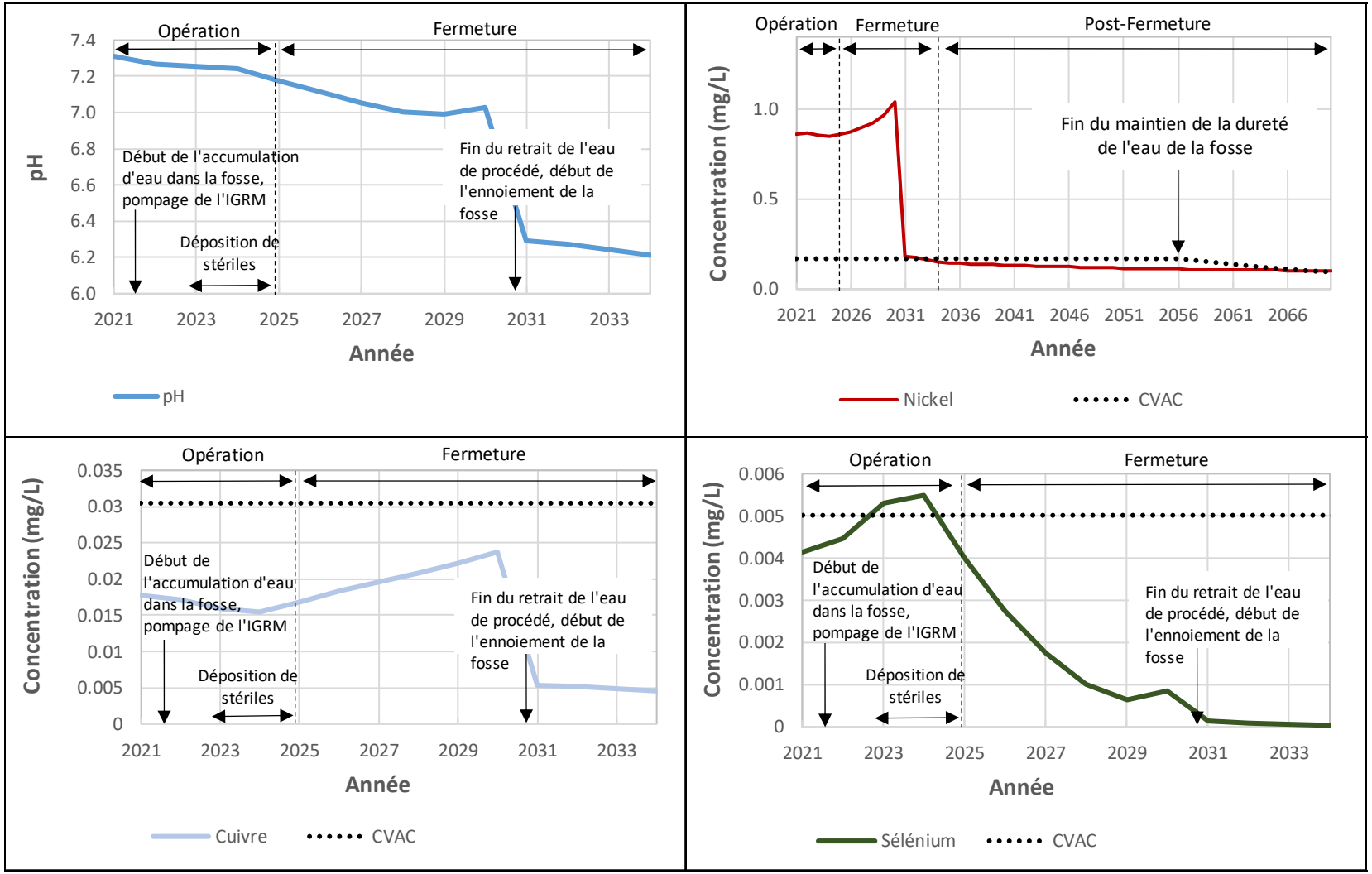


Figure D-2 : Résultats pour le scénario du modèle

Notes :

1. Les limites CVAC indiqués dans les figures sont pour une dureté de l'eau de 400 mg/L éq. $CaCO_3$ sauf à partir de 2057.
2. Les minima de concentrations à l'année 2031 correspondent à septembre 2030 lorsque l'eau de procédé a été enlevée de la fosse.

D.6.2 Concentration en nickel à la fermeture

La concentration de nickel en fin de fermeture est anticipée être de l'ordre de 0,15 mg/L, soit inférieure à la limite CVAC de 0,169 mg/L à une dureté de 400 mg/L éq. $CaCO_3$. L'élimination de l'eau de procédé entraîne une forte baisse des concentrations de nickel dans l'eau de la fosse de 1,0 mg/L de Ni en 2030 à 0,18 mg/L de Ni en 2031. Le principal contributeur à la charge de nickel à la fin de la fermeture (2031 à 2034) est le ruissellement de l'eau sur les parois de la fosse. L'ennoiement accéléré avec l'eau du lac Bombardier diminue considérablement le temps nécessaire pour remplir la fosse diminuant le temps d'exposition des parois et donc la quantité de ruissellement. Le traitement de l'eau à la fin de la fermeture est inefficace pour réduire les concentrations de nickel dans l'eau de la fosse, car les diminutions de la charge de nickel attribuables au traitement sont compensées par une augmentation de la charge de nickel en raison d'une période prolongée d'exposition des parois de la fosse.

D.6.3 Évolution de la concentration de nickel dans l'eau de la fosse en post-fermeture

En post-fermeture, il est supposé que les charges chimiques provenant du ruissellement sur les parois de la fosse et des du ruissellement naturel (sur les surface restaurés, propres, de la mine) sont diminuées, tel que décrit aux sections D.4.2.2 et D.4.2.5. Il est calculé que le ruissellement sur les parois de la fosse apporte quand même 2,6 mg/L de Ni à l'eau de la fosse, et que le ruissellement naturel apporte 0,007 mg/L, à perpétuité dans l'eau de la fosse Expo. Ces sources d'eau représentent 20,6 % du total des débits annuels entrants dans la fosse (ruissellement de la paroi haute et fonte des neiges 3,2 %, et ruissellement naturel sur les sols 17 %, respectivement). Il est anticipé que les autres débits entrants naturels (79% : précipitations et restant de la fonte des neiges) ne possèdent aucune charge chimique. Ensemble, ces débits ont une concentration moyenne de 0,085 mg/L en Ni. Comme la concentration en nickel au début de la post-fermeture est de 0,11 mg/L, la concentration en nickel dans l'eau de la fosse reste pratiquement inchangée en post-fermeture, comme illustré à la figure D-2. Ce résultat est légèrement inférieur à la limite CVAC alors que la dureté de l'eau est maintenue à 400 mg/L. Une baisse de la dureté de l'eau, par en dessous de 200 mg/L, entrainerait, par contre, un dépassement du CVAC.

Il est calculé que la concentration en nickel de l'eau de la fosse augmente de façon peu significative (de 0,00027 mg/L sur une base annuelle) par diffusion de nickel dissous contenu dans les pores des résidus. Cette faible charge chimique s'explique par l'absence de gradient hydraulique et le faible différentiel de concentration entre les pores et l'eau de la fosse. En l'absence du procédé de diffusion, la concentration en nickel dans l'eau de la fosse est modélisée à 0,105 mg/L en 2056 plutôt que de 0,109 mg/L en considération de la diffusion, inclus dans le modèle. Cette estimation est conservatrice puisqu'elle présume que les quantités fixes de nickel pourront être transférées des résidus à la colonne d'eau de la fosse sur une base annuelle, même si le nickel provient d'une partie de plus en plus profonde des résidus. Compte tenu de l'effet négligeable sur la qualité de l'eau de la fosse un recouvrement des résidus avant l'ennoiement n'offre pas d'amélioration significative de la qualité de l'eau de la fosse.

La concentration en nickel dans l'eau de la fosse en post-fermeture est très sensible à la concentration en nickel du ruissellement sur les parois de la fosse et du ruissellement naturel. Compte tenu de l'incertitude associée à ces valeurs, les engagements de contrôle de ces aspects par CRI, et la validation de ces intrants par suivi de la qualité de l'eau de contact sera nécessaire afin d'atteindre les objectifs de restauration et de qualité d'eau de la fosse Expo. Si les concentrations en nickel ou autres éléments sont plus élevées que ce qui est présumé ici, cela pourrait affecter la qualité de l'eau de la fosse à long terme.

D.7.0 RISQUES ET OPPORTUNITÉS

Le MQE vise à évaluer la qualité de l'eau de la fosse durant les périodes d'opérations, de fermeture et en post-fermeture, considérant le scénario de fermeture, les intrants et les hypothèses décrites dans ce rapport. Ce modèle a été conçu pour reproduire le concept de fermeture décrit et les engagements de CRI pour contrôler la qualité de l'eau de la fosse. Néanmoins, les incertitudes du modèle liées aux éléments suivants pourraient entraîner une qualité de l'eau différente et des dépassements additionnels de critères par rapport à ceux prévus par le modèle:

- La concentration en nickel du ruissellement sur les parois de la fosse demeurent la plus grande incertitude de charge chimique du MQE. La concentration historique en nickel mesurée dans l'eau de contacte de la fosse a varié considérablement, qui est expliqué par CRI comme étant dû à la présence de minerai dans la fosse et qui contribue une plus importante charge chimique que le stérile. La valeur de l'intrant sélectionné pour ce modèle présume que la contribution du minerai exposé sera moindre pendant la fermeture et moindre encore post-fermeture. En post-fermeture, la concentration de nickel sera semblable à celle du lixiviat des tests cinétiques réalisés sur des échantillons de stériles. Si la concentration en nickel du ruissellement sur les parois de la fosse s'avéraient plus élevée, la concentration en nickel dans l'eau de la fosse pourraient également être plus élevée que prédit par le MQE;
- Il est supposé que la concentration en nickel dans le ruissellement naturel rencontrera la limite permise (CVAC de 0,169 mg/L Ni à 400 mg/L $CaCO_3$) durant l'opération et la fermeture, et sera d'avantage réduite à 0,007 mg/L (la limite CVAC de nickel à 10 mg/L $CaCO_3$) en post-fermeture. Cela s'appuie sur un engagement de CRI à restaurer le sol des airs d'accumulation des matériaux minés pour atteindre ces concentrations en nickel dans le ruissellement naturel. Si ces concentrations ne peuvent pas être atteintes, cet intrant devra être réévalué car elle affectera la prédiction de concentration de nickel dans l'eau de la fosse;
- La dureté de l'eau sera maintenue par CRI à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ dans l'eau de la fosse jusqu'en 2056. Si la dureté de l'eau ne pouvait pas être maintenue, la limite CVAC serait inférieure et les concentrations de nickel dans l'eau de la fosse dépasseraient la limite;
- Le MQE présume que la fosse Expo se trouve dans un pergélisol continu et qu'aucune eau souterraine ou infiltration ne s'y écoule. Si cela devait changer, les débits entrants dans la fosse devraient être réexaminés.

D.8.0 RECOMMANDATIONS

Sur la base des résultats de cette étude, les investigations suivantes sont suggérées afin de diminuer les incertitudes identifiées :

- Le respect du CVAC pour le nickel dépend de la dureté de l'eau de la fosse, comme indiqué à la Figure D-2; une évaluation des critères spécifiques au site pour le nickel pourrait être réalisée afin d'évaluer la nécessité de maintenir ce niveau de dureté;
- Durant l'ennoiement de la fosse, un suivi de la qualité de l'eau et des débits entrants pourrait être réalisé et les résultats comparés aux intrants utilisés dans le MQE afin de vérifier l'exactitude du modèle. Si des divergences sont observées, le modèle et/ou les méthodes de fermeture pourraient être adaptées pour vérifier que la qualité d'eau de la fosse rencontre les objectifs fixés. Une surveillance pendant la période de fermeture permettrait de valider les tendances de concentrations à long terme et l'efficacité des stratégies d'atténuation décrites dans ce rapport;
- Une investigation supplémentaire sur le ruissellement sur les parois des fosses devrait être entreprise pour réduire l'incertitude de cet intrant dans le MQE. Un moyen d'obtenir de l'information supplémentaire pourrait inclure des stations additionnelles de lavage des parois, ainsi que des analyses de lixiviat sur des veilles parois de roches et des parois ayant diverses teneurs en minéraux sulfurés pour documenter l'effet de ces variables sur la qualité de l'eau de contact;
- L'effet des thiosulfates sur la qualité de l'eau de la fosse, en particulier pendant l'opération et en début de fermeture, pourrait être évalué plus précisément en utilisant de l'information spécifique au site sur leur taux de dégradation dans l'eau de procédé. Par contre, l'effet à long terme des thiosels dans l'eau de procédé est considéré comme négligeable puisque cette eau sera pompée hors de la fosse avant l'ennoiement.

D.9.0 LIMITATIONS DU RAPPORT

Le présent rapport a été préparé à l'usage exclusif de Canadian Royalties Inc. Le présent rapport, qui comprend spécifiquement tous les tableaux, figures et annexes, est basé sur les données recueillies par Golder Associates Ltd. et l'information fournie à Golder Associates Ltd. par CRI. L'information fournie par CRI n'a pas été vérifiée de manière indépendante ou autrement examinée par Golder Associates Ltd. pour en déterminer l'exactitude ou l'exhaustivité. Golder Associates Ltd. s'est fiée de bonne foi à cette information et décline toute responsabilité en cas de carence, d'anomalie ou d'inexactitude contenue dans l'information à la suite d'une omission, d'une fausse interprétation ou d'actes frauduleux des personnes qui ont fourni l'information. Golder Associates Ltd. ne saurait être tenue responsable des dommages découlant de conditions imprévisibles ou non connues de la fosse, d'information erronée fournie par et/ou obtenue de sources autres que de Golder Associates Ltd., et de modification ultérieure des conditions du site à moins que Golder Associates Ltd. ait été informée par Canadian Royalties Inc. de tout événement, activité, information ou découverte, passé(e) ou futur(e), qui pourrait modifier les conditions de la fosse décrites aux présentes, et ait eu l'occasion de réviser ses interprétations et commentaires. Golder Associates Ltd. ne saurait être tenue responsable des dommages découlant de toute modification future aux règlements, normes et critères applicables. Toute utilisation de ce rapport et de son contenu par un tiers est de la responsabilité de ce dernier. Golder Associates Ltd. ne saurait être tenue responsable des dommages, le cas échéant, subis par un tiers à la suite de décisions ou d'actions prises sur la base de ce rapport.

Le MQE décrit dans les présentes est conçu pour fournir une prévision raisonnablement prudente (conservatrice) de la qualité annuelle moyenne de l'eau. Cependant, dans les systèmes naturels et les systèmes artificiels complexes, les conditions observées (particulièrement saisonnières et quotidiennes) varieront presque certainement par rapport aux conditions estimées. La modélisation de la qualité de l'eau nécessite l'utilisation de nombreuses hypothèses en raison de l'incertitude liée à la détermination des caractéristiques physiques et géochimiques d'un système complexe. La prévision de la qualité de l'eau est basée sur plusieurs intrants qui ont tous une variabilité et une incertitude inhérentes. Compte tenu des incertitudes inhérentes, les résultats du MQE doivent être utilisés comme un outil pour faciliter la conception de la planification de la fermeture, développer des stratégies d'atténuation et donner un aperçu des risques potentiels plutôt que pour fournir des concentrations absolues. Les concentrations fournies représentent des estimations d'ordre de grandeur plutôt que des valeurs absolues. Ainsi, une des concentrations de constituants légèrement supérieures ou inférieures à un critère pourrait ou non dépasser ce critère en moyenne ou à un pas de temps plus restreint (mensuel, hebdomadaire, quotidien).

De plus, les contrôles de solubilité imposés par les réactions d'équilibre prennent en compte l'état de saturation des phases minérales sélectionnées et indiquent uniquement quelles réactions sont possibles thermodynamiquement, pas nécessairement les réactions qui sont susceptibles de se produire dans l'environnement. Les barrières cinétiques peuvent empêcher de nombreuses réactions de précipitations minérales de se produire. De plus, une incertitude importante demeure pour la chimie de certains intrants, en particulier le ruissellement sur les parois de la fosse.

Les services rendus tels que décrits dans le présent rapport ont été réalisés d'une manière cohérente avec le niveau de soin et de compétence normalement exercé par d'autres membres des professions en génie et géosciences exerçant actuellement dans des conditions semblables, sous réserve des délais et des contraintes financières et physiques applicables aux services.

Les constatations et conclusions de ce rapport ne sont valables qu'à la date de ce rapport. Si une nouvelle information est découverte au cours de travaux futurs, y compris d'excavations, de forages ou d'autres études, il convient de demander à Golder Associates Ltd. de réévaluer les conclusions du présent rapport et d'y apporter des modifications, le cas échéant.

Le présent rapport fournit un avis professionnel à la lumière de l'information disponible au moment du présent rapport et par conséquent aucune garantie n'est exprimée, implicite ou donnée quant aux conclusions, conseils ou recommandations proposés dans les présentes.

D.10.0 CONCLUSIONS

Une évaluation prédictive de la qualité de l'eau future de la fosse Expo ennoyée a été réalisée, utilisant des intrants moyen annuels, une année climatique moyenne, aucun recouvrement des résidus avant l'ennoiement, un ennoiement accéléré de la fosse par pompage de d'eau du lac Bombardier, et le scénario et les engagements de fermeture de CRI décrits dans ce rapport.

Les résultats de la modélisation suggèrent qu'aucun constituant ne devrait dépasser les limites CVAC à la fin de la période de fermeture et durant la majorité de la période post-fermeture (modélisée jusqu'en 2071), à condition que la dureté de l'eau de la fosse soit maintenue à 400 mg/L éq. $CaCO_3$ jusqu'en 2056 au moins. Par contre, les concentrations prévues de nickel sont proche du critère CVAC en post-fermeture. Des changements dans le mode de fermeture ou des conditions différentes (plus élevées) dans les intrants pourraient résulter en un dépassement du critère CVAC.

La qualité de l'eau de contact avec les parois de la fosse et le ruissellement naturel sur la surface restauré d'entreposage des rejets miniers sont les plus grandes incertitudes dans la prédiction de la qualité de l'eau de la fosse Expo. La modélisation actuelle démontre l'utilité potentielle de l'élaboration de critères de qualité d'eau spécifiques au site pour le nickel. L'exactitude des prédictions de ce modèle dépendent du succès des techniques de contrôle et des activités proposées par CRI pour réduire la charge chimique des débits entrants dans la fosse. De l'information supplémentaire sur le site et un suivi de la qualité d'eau permettrait de préciser et/ou valider les intrants et, par conséquent, l'exactitude et/ou la certitude des prévisions de la qualité de l'eau.

D.11.0 FERMETURE

Le lecteur est renvoyé à la section Limitations et incertitudes du modèle, qui forme la section D.9.0 et fait partie intégrante du présent rapport. Nous espérons que l'information contenue dans cette annexe répond à vos exigences actuelles. Veuillez contacter les soussignés pour toute question ou tout commentaire.

Golder Associates Ltd.

Alexander Timofeev, Ph. D.
Géochimiste junior

Valérie Bertrand, géo., M.Sc.A.
Géochimiste senior – Associée

AT/VJB/sg

Annexe :
Annexe D-1 : Débits entrants du MQE et résultats

RÉFÉRENCES

Geller, W., Klapper, H. et Salomons, W. 2012. Acidic mining lakes: acid mine drainage, limnology and reclamation. Springer Science & Business Media.

Golder Associates Ltd. (2013). Résultats d'essais cinétiques sur les stériles, Projet nickélifère Raglan Sud. Projet de mémorandum technique. Projet nº 10-1127-0085. Soumis à Canadian Royalties Inc. Juin 2013.

Manheim, FT 1970. The diffusion of ions in unconsolidated sediments. Earth and Planetary Science Letters, 9 (4), 307 à 309.

Martin, A.J., Crusius, J., McNee, J.J., et Yanful, E.K. 2003. The mobility of radium-226 and trace metals in pre-oxidized subaqueous uranium mill tailings. Applied Geochemistry.

MDDELCC (2012). Directive 019 sur l'industrie minière. Gouvernement du Québec, ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Mars 2012.

MEF (1998). Critères de qualité de l'eau de surface au Québec, Québec. Des critères de protection de la vie aquatique chronique (CVAC). Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, 387 p. 2019 versions consultées.

Parkhurst, DL et Appelo, CAJ, 2013, Description of input and examples for PHREEQC version 3—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, livre 6, ch. A43, 497 p., disponible uniquement sur https://pubs.usgs.gov/tm/06/a43/.

Smith, K.S., 1999, Metal Sorption on Mineral Surface: An Overview with Examples Relating to Mineral Deposits. dans Plumlee, GS et Logsdon, MJ (eds.), The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A. Processes, Techniques, and Health Issues: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology, v. 6A, pp. 161–1.

ANNEX D-1

Débits entrants du MQE et résultats

					Qualité d'eau des intrants:								
Paramètre	**Unités**	Directive 019 - Concentration moyenne mensuelle acceptable[1]	Directive 019- Concentration maximale acceptable[1]	**CVAC[2]**	Précipitations	Ruissellement Naturel	Eau IGRM 2021	Eau IGRM 2022	Eau IGRM 2023	Eau IGRM 2024	Eau de procédé 2022	Eau de procédé 2023	Expo East Pit Sump
pH	-	6.0 à 9.5	*6.0 à 9.5*	-	5.1	7.0	7.1	6.9	6.9	6.9	6.8	6.8	4.5
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	-	-	-	0	10	11	10	10	10	10	10	14
Argent	mg/L	-	-	**0.0001**	0	0	**0.001**	**0.001**	**0.001**	**0.001**	**0.001**	**0.001**	0
Aluminium	mg/L	-	-	**0.087**	0	0.019	0.03	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	**0.29**
Arsenic	mg/L	0.2	*0.4*	**0.15**	0	0.0010	0.00033	0.00021	0.00021	0.00021	0.0002	0.0002	0.0010
Baryum	mg/L	-	-	**1.9**	0	0.002	0.15	0.21	0.21	0.21	0.29	0.29	0
Calcium	mg/L	-	-	-	0.15	1.0	954	1245	1245	1245	1681	1681	15
Cadmium	mg/L	-	-	**0.00076**	0	0.00003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0
Chlorures	mg/L	-	-	-	0.10	0.5	928	1256	1256	1256	1719	1719	36
Cobalt	mg/L	-	-	**0.1**	0	0.0001	0.031	0.042	0.042	0.042	0.058	0.058	**0.21**
Chrome	mg/L	-	-	**0.011**	0	0	0.0013	0.00092	0.00092	0.00092	0.00094	0.00094	0.005
Cuivre	mg/L	0.3	*0.6*	**0.031**	0	0.016	0.011	0.011	0.011	0.011	0.014	0.014	**0.1**
Fer	mg/L	3	*6*	**1.3**	0	**1.3**	0.18	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	**1.9**
Mercure	mg/L	-	-	**0.00091**	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0
Nickel	mg/L	0.5	*1*	**0.169**	0	0.17	**0.59**	**0.69**	**0.69**	**0.69**	**0.89**	**0.89**	**4.7**
Plomb	mg/L	0.2	*0.4*	**0.019**	0	0.00052	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Sulfates	mg/L	-	-	-	0.82	7.6	922	1167	1167	1167	1556	1556	310
Sélénium	mg/L	-	-	**0.005**	0	0	**0.006**	**0.0065**	**0.0065**	**0.0065**	**0.0082**	**0.0082**	0
Zinc	mg/L	0.5	*1*	**0.39**	0	0.022	0.0026	0.0019	0.0019	0.0019	0.002	0.002	0.058
Thiosulfates	mg/L	-	-	-	0	0	1686	2165	2165	2165	2903	2903	0

Notes:

Les critères CVAC ne s'appliquent qu'à l'année de fermeture et ont été calculés avec une dureté maximale de 400 mg CaCO3/L.

(1) Exigences au point de rejet de l'effluent final, Directive 019 (MDDELCC, 2012)

(2) Critères de protection de la vie aquatique, effets chronique (CVAC) (MEF 1998; version 2019)

					Qualité d'eau simulée:													
Paramètre	**Unités**	Directive 019 - Concentration moyenne mensuelle acceptable[1]	Directive 019- Concentration maximale acceptable[1]	**CVAC[2]**	Année 2021	Année 2022	Année 2023	Année 2024	Année 2025	Année 2026	Année 2027	Année 2028	Année 2029	Année 2030	Année 2031	Année 2032	Année 2033	Année 2034
pH	-	6.0 à 9.5	*6.0 à 9.5*	-	7.3	7.3	7.3	7.2	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	6.3	6.3	6.2	6.2
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	-	-	-	8.9	8.3	8.3	8.1	6.7	5.5	4.6	3.9	3.7	4.1	0.68	0.64	0.59	0.54
Argent	mg/L	-	-	**0.0001**	**0.0007**	**0.00069**	**0.00074**	**0.00074**	**0.00054**	**0.00037**	**0.00024**	**0.00013**	0.000083	**0.00011**	0.000016	0.0000097	0.0000066	0.000005
Aluminium	mg/L	-	-	**0.087**	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0022	0.0022	0.0023	0.0023	0.0022	0.0052	0.0053	0.0056	0.0058
Arsenic	mg/L	0.2	*0.4*	**0.15**	0.00038	0.00031	0.00027	0.00025	0.00028	0.0003	0.00032	0.00034	0.00036	0.00038	0.00088	0.00086	0.00085	0.00085
Baryum	mg/L	-	-	**1.9**	0.0089	0.0087	0.0083	0.0082	0.0088	0.0096	0.011	0.012	0.013	0.012	0.035	0.043	0.05	0.057
Calcium	mg/L	-	-	-	665	807	1026	1087	791	546	349	201	131	177	27	17	11.7	8.9
Cadmium	mg/L	-	-	**0.00076**	0.00014	0.00014	0.00015	0.00015	0.00011	0.000077	0.000051	0.000031	0.000021	0.000026	0.0000041	0.0000029	0.0000024	0.000002
Chlorures	mg/L	-	-	-	649	807	1039	1106	806	557	358	207	137	185	28	18	12.6	9.6
Cobalt	mg/L	-	-	**0.1**	0.041	0.045	0.048	0.049	0.046	0.044	0.043	0.042	0.043	0.047	0.0081	0.0077	0.007	0.0063
Chrome	mg/L	-	-	**0.011**	0.0014	0.0012	0.001	0.00098	0.00096	0.00095	0.00095	0.00097	0.001	0.0011	0.00019	0.00018	0.00016	0.00015
Cuivre	mg/L	0.3	*0.6*	**0.031**	0.018	0.017	0.016	0.015	0.017	0.018	0.02	0.021	0.022	0.024	0.0053	0.0052	0.0049	0.0046
Fer	mg/L	3	*6*	**1.3**	0.0011	0.0013	0.0013	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0021	0.002	0.01	0.01	0.011	0.012
Mercure	mg/L	-	-	**0.00091**	0.00007	0.000069	0.000074	0.000074	0.000054	0.000037	0.000024	0.000013	0.0000083	0.000011	0.0000016	0.00000097	0.00000066	0.0000005
Nickel	mg/L	0.5	*1*	**0.169**	**0.86**	**0.87**	**0.86**	**0.85**	**0.86**	**0.87**	**0.89**	**0.92**	**0.97**	**1.0**	**0.18**	**0.18**	0.16	0.15
Plomb	mg/L	0.2	*0.4*	**0.019**	0.00042	0.00041	0.00042	0.00042	0.00035	0.0003	0.00026	0.00023	0.00021	0.00023	0.000041	0.000039	0.000037	0.000035
Sulfates	mg/L	-	-	-	671	788	977	1028	764	544	369	238	178	223	36	27	21	18
Sélénium	mg/L	-	-	**0.005**	0.0041	0.0045	**0.0053**	**0.0055**	0.004	0.0027	0.0018	0.0010	0.00064	0.00085	0.000128	0.000079	0.000054	0.000041
Zinc	mg/L	0.5	*1*	**0.39**	0.0083	0.0075	0.006	0.0055	0.0079	0.0099	0.012	0.013	0.014	0.015	0.0027	0.0027	0.0026	0.0024
Thiosulfates	mg/L	-	-	-	1173	1407	1779	1882	1368	942	601	343	222	300	45	28	19	14

Notes:

Les critères CVAC ne s'appliquent qu'à l'année de fermeture et ont été calculés avec une dureté maximale de 400 mg CaCO3/L.

(1) Exigences au point de rejet de l'effluent final, Directive 019 (MDDELCC, 2012)

(2) Critères de protection de la vie aquatique, effets chronique (CVAC) (MEF 1998; version 2019)

Paramètre	Unités	Directive 019 - Concentration moyenne mensuelle acceptable[1]	Directive 019- Concentration maximale acceptable[1]	CVAC[2]	Année 2035	Année 2036	Année 2037	Année 2038	Année 2039	Année 2040	Année 2041	Année 2042	Année 2043	Année 2044	Année 2045	Année 2046
pH	-	6.0 à 9.5	*6.0 à 9.5*	-												
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	-	-	-												
Argent	mg/L	-	-	**0.0001**												
Aluminium	mg/L	-	-	**0.087**												
Arsenic	mg/L	0.2	*0.4*	**0.15**												
Baryum	mg/L	-	-	**1.9**												
Calcium	mg/L	-	-	-												
Cadmium	mg/L	-	-	**0.00076**												
Chlorures	mg/L	-	-	-												
Cobalt	mg/L	-	-	**0.1**												
Chrome	mg/L	-	-	**0.011**												
Cuivre	mg/L	0.3	*0.6*	**0.031**												
Fer	mg/L	3	*6*	**1.3**												
Mercure	mg/L	-	-	**0.00091**												
Nickel	mg/L	0.5	*1*	**0.169**	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.129	0.127	0.126	0.124	0.122	0.121
Plomb	mg/L	0.2	*0.4*	**0.019**												
Sulfates	mg/L	-	-	-												
Sélénium	mg/L	-	-	**0.005**												
Zinc	mg/L	0.5	*1*	**0.39**												
Thiosulfates	mg/L	-	-	-												

Notes:

Les critères CVAC ne s'appliquent qu'à l'année de fermeture et ont été calculés avec une dureté maximale de 400 mg CaCO3/L.

(1) Exigences au point de rejet de l'effluent final, Directive 019 (MDDELCC, 2012)

(2) Critères de protection de la vie aquatique, effets chronique (CVAC) (MEF 1998; version 2019)

Paramètre	Unités	Directive 019 - Concentration moyenne mensuelle acceptable[1]	Directive 019- Concentration maximale acceptable[1]	CVAC[2]	Année 2047	Année 2048	Année 2049	Année 2050	Année 2051	Année 2052	Année 2053	Année 2054	Année 2055	Année 2056	Année 2057	Année 2058	Année 2059
pH	-	6.0 à 9.5	*6.0 à 9.5*	-													
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	-	-	-													
Argent	mg/L	-	-	**0.0001**													
Aluminium	mg/L	-	-	**0.087**													
Arsenic	mg/L	0.2	*0.4*	**0.15**													
Baryum	mg/L	-	-	**1.9**													
Calcium	mg/L	-	-	-													
Cadmium	mg/L	-	-	**0.00076**													
Chlorures	mg/L	-	-	-													
Cobalt	mg/L	-	-	**0.1**													
Chrome	mg/L	-	-	**0.011**													
Cuivre	mg/L	0.3	*0.6*	**0.031**													
Fer	mg/L	3	*6*	**1.3**													
Mercure	mg/L	-	-	**0.00091**													
Nickel	mg/L	0.5	*1*	**0.169**	0.119	0.118	0.116	0.115	0.114	0.113	0.112	0.111	0.11	0.109	0.108	0.107	0.106
Plomb	mg/L	0.2	*0.4*	**0.019**													
Sulfates	mg/L	-	-	-													
Sélénium	mg/L	-	-	**0.005**													
Zinc	mg/L	0.5	*1*	**0.39**													
Thiosulfates	mg/L	-	-	-													

Notes:
Les critères CVAC ne s'appliquent qu'à l'année de fermeture et ont été calculés avec une dureté maximale de 400 mg CaCO3/L.

(1) Exigences au point de rejet de l'effluent final, Directive 019 (MDDELCC, 2012)

(2) Critères de protection de la vie aquatique, effets chronique (CVAC) (MEF 1998; version 2019)

Paramètre	Unités	Directive 019 - Concentration moyenne mensuelle acceptable[1]	Directive 019- Concentration maximale acceptable[1]	CVAC[2]	Année 2060	Année 2061	Année 2062	Année 2063	Année 2064	Année 2065	Année 2066	Année 2067	Année 2068	Année 2069	Année 2070
pH	-	6.0 à 9.5	*6.0 à 9.5*	-											
Alcalinité	mg/L $CaCO_3$	-	-	-											
Argent	mg/L	-	-	**0.0001**											
Aluminium	mg/L	-	-	**0.087**											
Arsenic	mg/L	0.2	*0.4*	**0.15**											
Baryum	mg/L	-	-	**1.9**											
Calcium	mg/L	-	-	-											
Cadmium	mg/L	-	-	**0.00076**											
Chlorures	mg/L	-	-	-											
Cobalt	mg/L	-	-	**0.1**											
Chrome	mg/L	-	-	**0.011**											
Cuivre	mg/L	0.3	*0.6*	**0.031**											
Fer	mg/L	3	*6*	**1.3**											
Mercure	mg/L	-	-	**0.00091**											
Nickel	mg/L	0.5	*1*	**0.169**	0.105	0.105	0.104	0.103	0.103	0.102	0.102	0.101	0.10	0.10	0.10
Plomb	mg/L	0.2	*0.4*	**0.019**											
Sulfates	mg/L	-	-	-											
Sélénium	mg/L	-	-	**0.005**											
Zinc	mg/L	0.5	*1*	**0.39**											
Thiosulfates	mg/L	-	-	-											

Notes:

Les critères CVAC ne s'appliquent qu'à l'année de fermeture et ont été calculés avec une dureté maximale de 400 mg CaCO3/L.

(1) Exigences au point de rejet de l'effluent final, Directive 019 (MDDELCC, 2012)

(2) Critères de protection de la vie aquatique, effets chronique (CVAC) (MEF 1998; version 2019)

ANNEXE E

Analyse thermique

E.1.0 INTRODUCTION

Canadian Royalties Inc. (CRI) mène actuellement une étude pour évaluer la faisabilité de la déposition de résidus à l'intérieur de la fosse Expo à la mine Nunavik Nickel, dans le nord du Québec, suivie de l'ennoyage de la fosse. La déposition initiale de résidus chauds à l'intérieur de la fosse provoquera le dégel du pergélisol adjacent à la fosse, et l'ennoyage subséquent de la fosse entraînera la formation d'un lac de fosse de 50 m de profondeur au-dessus des résidus qui affectera également les conditions de pergélisol.

Cette annexe présente les résultats de la modélisation thermique préparée pour évaluer les effets de la déposition de résidus dans la fosse et de l'ennoyage subséquent de la fosse sur les conditions de pergélisol pendant l'opération et la post-fermeture à long terme avec des considérations de changement climatique à long terme.

E.2.0 CONDITIONS DU SITE

E.2.1 Climat et température du sol

Le site est situé sur la péninsule d'Ungava au Nunavik, dans le nord du Québec, à 61° 32' de latitude nord et 73° 28' de longitude ouest. Les données climatiques recueillies à partir de la station météorologique sur site entre 2014 et 2018 indiquent une température moyenne annuelle de l'air de -10,3 °C (annexe A). Le tableau E-1 résume la température mensuelle moyenne de l'air mesurée sur le site.

Tableau E-1 : Température de l'air mensuelle moyenne à la mine Nunavik Nickel

Mois	Moyenne (2014 à 2018)
Janvier	-26,7
Février	-29,5
Mars	-22,4
Avril	-15,5
Mai	-6,6
Juin	1,4
Juillet	8,1
Août	7,3
Septembre	0,4
Octobre	-6,5
Novembre	-12,9
Décembre	-20,3
Moyenne	**-10,3**

Le site se trouve dans une zone de pergélisol continu. Le pergélisol dans la région atteint jusqu'à 400 m de profondeur, mais aucune information sur la profondeur réelle du pergélisol n'est disponible. Les données historiques des thermistances installées en 2006 (c.-à-d. EL-06-4, MXE-06-1 et EX-06-155), indiquaient une température du sol de -5,7 °C jusqu'à la profondeur d'installation maximale de 50 m sous la surface. Aucune

donnée n'était disponible pour ces thermistances après 2006. Des données plus récentes obtenues à partir de la thermistance TS2030, qui est installée en aval de la digue périphérique de la cellule de résidus 1, montrent que les températures du sol à 5 m sous la surface ont fluctué entre -5,4 °C et -4,1 °C entre juillet 2015 et août 2018.

De plus, plusieurs thermistances sont installées à l'interface entre les résidus et l'enrochement le long de la face amont des digues périphériques des cellules de résidus 1 et 2. Les données les plus récentes de certaines de ces thermistances en août 2018 indiquent qu'en général, la température des résidus est inférieure ou environ égale à 0 °C, avec une certaine variation spatiale et temporelle.

Actuellement, il n'y a aucune thermistance installée dans la fosse Expo et les conditions thermiques sous le fond de la fosse sont inconnues.

E.2.2 Déposition de résidus dans la fosse et ennoyage de la fosse

Selon une estimation conceptuelle des volumes de résidus et de la capacité d'entreposage de la fosse, les résidus seraient déposés dans la fosse Expo sur une période de 2 ans et auraient une élévation finale moyenne de 484 m, ou une épaisseur d'environ 35 m. Après la fin de la déposition des résidus, l'eau surnageante sera pompée hors de la fosse pendant une période de six ans, et la fosse sera ensuite ennoyée avec de l'eau douce à une élévation de 535,4 m, conduisant à la formation d'un lac de fosse de 50 m de profondeur au-dessus du corps de résidus épais de 35 m. Le tableau E-2 résume l'évolution estimée des résidus dans la fosse et l'élévation de l'eau au fil du temps.

Tableau E-2 : Évolution conceptuelle des élévations de l'eau et des résidus dans la fosse Expo

Période	Élévation de l'eau (m)	Élévation des résidus (m)
Juillet 2020 à décembre 2022	482	-
Janvier à décembre 2023	492	474
Janvier à octobre 2024	497	484
Octobre 2024 à septembre 2030	484	484
Septembre 2030 à janvier 2035	535	484

Selon l'information fournie par CRI, les résidus sortent du moulin à des températures d'environ 30 °C ou plus. Les résidus déposés dans la fosse Expo auraient des températures initiales comprises entre 20 °C en hiver et 25 °C en été.

E.3.0 MODÉLISATION THERMIQUE

E.3.1 Géométrie du modèle

Des modèles thermiques bidimensionnels (2D) ont été préparés à l'aide du logiciel aux éléments finis TEMPW2020, développé par Geoslope International Ltd. La géométrie du modèle a été définie à partir d'une coupe transversale de la fosse Expo qui comprenait une partie de la cellule de résidus 2 au nord et s'étendait jusqu'à une profondeur de 350 m sous la base de la fosse Expo (c.-à-d. El. 100 m). Un modèle initial en régime

permanent a été exécuté pour définir les conditions initiales de température du sol, suivi de modèles séquentiels transitoires préparés pour tenir compte de la déposition progressive des résidus dans la fosse; les résidus et l'eau étant ajoutés à la géométrie du modèle suivant le calendrier de déposition présenté au tableau E-2. La figure E-1 illustre la géométrie du modèle pendant la post-fermeture avec les résidus et le lac de fosse à leur élévation finale. Les alignements A et B de la figure E-1 représentent les emplacements de référence où les profils de température sont obtenus pour illustrer les résultats du modèle.

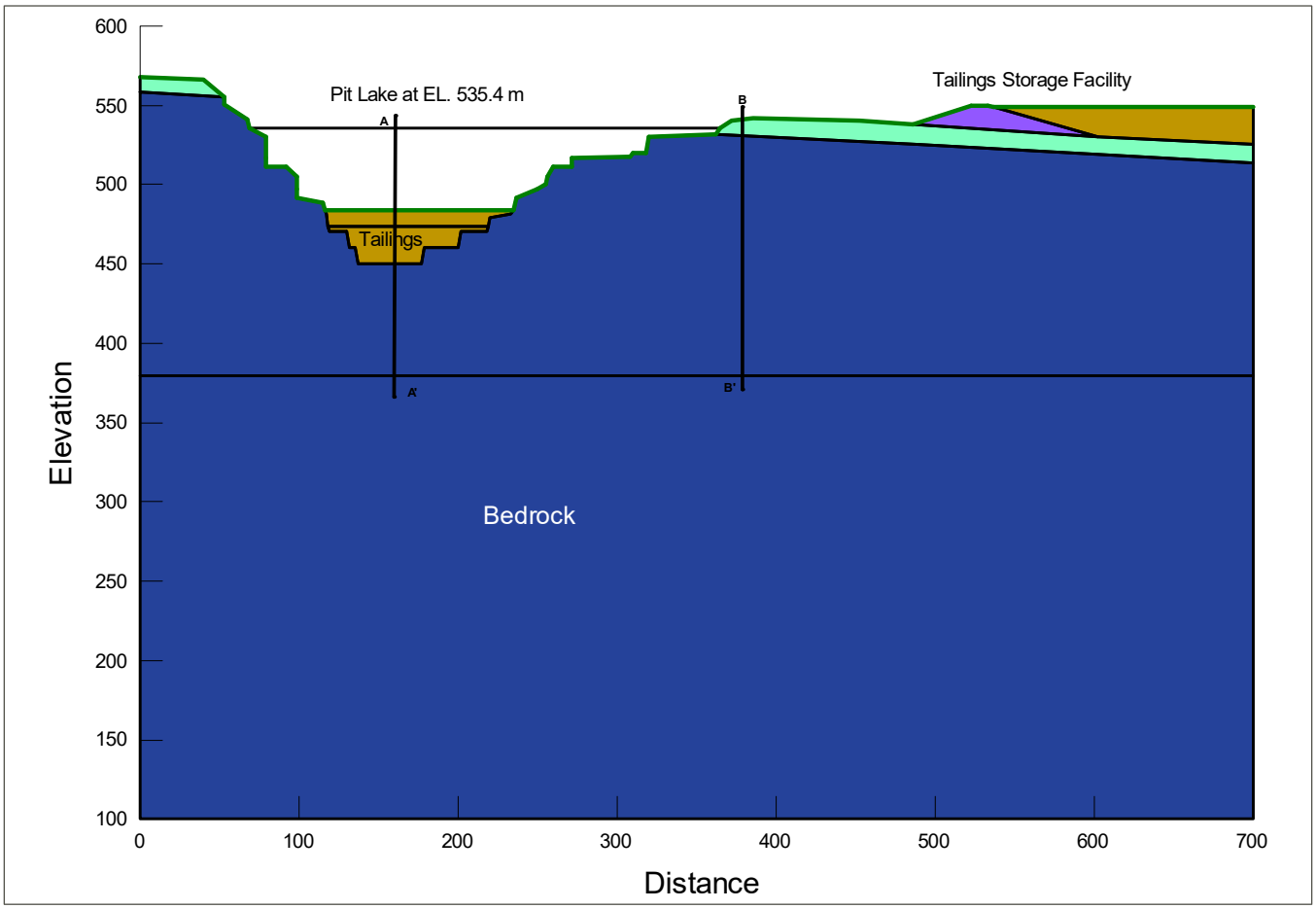


Figure E-1 : La figure E-1 illustre la géométrie du modèle pour les conditions de post-fermeture avec les résidus de la fosse et le lac de fosse à leur élévation finale.

E.3.2 Scénarios modélisés et conditions initiales

Des modèles ont été défini selon une séquence de scénarios pour les conditions d'opération et de post-fermeture comme suit :

- régime permanent initial : considère la fosse Expo à sec avant de commencer la déposition des résidus. Ce modèle a été utilisé pour définir les conditions initiales de température du sol.
- juillet 2020 à décembre 2021 : aucun résidu et niveau d'eau à El. 473 m
- janvier à décembre 2022 : aucun résidu et niveau d'eau à El. 482 m

- janvier à décembre 2023 : résidus à El. 474 m et niveau d'eau à El. 492 m
- janvier à octobre 2024 : résidus à El. 484 m et niveau d'eau à El. 497 m
- novembre 2024 à septembre 2030 : résidus à El. 484 m et niveau d'eau à El. 484 m (période de pompage des eaux surnageantes)
- octobre 2030 à janvier 2035 : résidus à El. 484 m et lac de fosse à El. 535,4 m
- août 2023 à janvier 2035 : résidus à El. 484 m et lac de fosse à El. 535,4 m.

Les conditions initiales du modèle ont été définies dans l'analyse en régime permanent qui comprenait la distribution de température suivante :

- une température de surface initiale de -6,4 °C appliquée au sol, à la paroi de la fosse et au fond de la fosse Expo. Cette valeur est la température moyenne annuelle de la surface du sol définie pour les modèles, tel que décrit à la section E.3.3;
- une température du sol de -5,7 °C à 50 m sous la surface du sol dans les zones éloignées de la fosse, telle que mesurée par les thermistances existantes;
- une limite de flux thermique de 0,048 J/s/m^2 a été appliquée à la base de la géométrie du modèle pour représenter un gradient géothermique de 0,016 °C/m, qui a été défini de la façon indiquée à la section E.3.3; et
- la température des résidus dans la cellule de résidus 2 a été définie comme étant de 0 °C.

Pour les modèles transitoires, la température initiale de déposition des résidus dans la fosse Expo était présumée être de 22 °C, et la température de l'eau du bassin se situait entre 2 et 4 ˚C, selon la profondeur tel que décrit ci-après.

E.3.3 Conditions aux limites du modèle

Un gradient géothermique de 0,016 °C/m, équivalent à un flux de chaleur ascendant de 0,048 J/s/m^2, basé sur la conductivité thermique du substrat rocheux présumé de 3 W/m/°C, a été appliqué à la base de la géométrie du modèle. Ce gradient géothermique a été défini en présumant un pergélisol de 400 m d'épaisseur avec une température augmentant de -5,7 °C à une profondeur de 50 m sous la surface (telle que mesurée par les thermistances existantes) à 0 ˚C à une profondeur de 400 m sous la surface.

L'effet thermique de l'eau du lac de fosse sur la paroi de la fosse et au-dessus des résidus a été incorporé dans le modèle en appliquant des conditions aux limites de température constante basées sur la profondeur du lac, comme suit :

- 0 à 20 m de profondeur : eau du lac de fosse à 2 °C,
- 20 à 40 m de profondeur : eau du lac de fosse à 3 °C, et
- eau du lac de fosse à 4 °C pour les profondeurs supérieures à 40 m.

Les températures à la surface du sol sont généralement plus chaudes que la température de l'air en raison du processus d'absorption d'énergie, de rayonnement et de transfert de chaleur du sol vers l'atmosphère. Pour cette étude de faisabilité, une démarche simplifiée a été adoptée pour estimer la fonction de température de surface du

sol basée sur des multiplicateurs (facteurs N) entre 0,75 (hiver) et 1,3 (été), qui sont des valeurs typiques utilisées en pratique générale lorsque la température de surface du sol n'est ni mesurée ni modélisée à l'aide de techniques plus sophistiquées.

Le changement climatique a été inclus dans les modèles basés sur les projections climatiques futures du cinquième rapport d'évaluation (AR5) du Groupe d'experts intergouvernemental sur le réchauffement climatique (GIEC, 2013) pour le scénario d'émission RCP6, qui prévoit une augmentation de la température de l'air de 5,3 °C sur 100 ans pour les zones proches de l'arctique. La fonction de température de surface du sol a été ajustée linéairement pour incorporer une augmentation de la température dans le même ordre des augmentations projetées de la température de l'air. Le tableau E-3 résume les températures mensuelles moyennes de l'air et de la surface du sol utilisées dans les modèles.

Tableau E-3 : Température du sol utilisée dans les modèles thermiques

Mois	Température moyenne de l'air au site (°C)	Température du sol définie (°C)	Température du sol définie dans 100 ans (°C)
Janvier	- 26,7	- 20,0	- 14,7
Février	- 29,5	- 22,1	- 16,8
Mars	- 22,4	- 16,8	- 11,5
Avril	- 15,5	- 11,6	- 6,3
Mai	- 6,6	- 5,0	0,3
Juin	2,4	3,1	8,4
Juillet	8,2	12,3	17,6
Août	7,9	11,9	17,2
Septembre	0,7	1,1	6,4
Octobre	- 4,4	- 3,3	2,0
Novembre	- 15,7	- 11,8	- 6,5
Décembre	- 21,8	- 16,3	- 11,0
Moyenne	*- 10,3*	*- 6,6*	*- 1,3*

E.3.4 Propriétés des matériaux

Un échantillon de résidus a été expédié au laboratoire Golder de Calgary pour en mesurer les propriétés thermiques (c.-à-d. la conductivité thermique et la capacité thermique) pour les conditions de gel et de non-gel. Des essais de distribution granulométrique, de densité, de conductivité thermique et de capacité thermique ont été effectués sur les échantillons de résidus provenant du site minier. Les résultats de ces essais de laboratoire sont inclus à l'annexe E-1. Les propriétés thermiques des autres matériaux inclus dans les modèles ont été présumées sur la base de l'expérience de Golder avec des études semblables et en utilisant les équations d'estimation proposées par Johansen (1977). Le tableau E-4 résume les propriétés des matériaux adoptées pour cet exercice de modélisation.

Tableau E-4 : Propriétés des matériaux utilisés dans les modèles thermiques

Matériel	Teneur volumétrique en eau (m^3/m^3)	Saturation (%)	Capacité thermique volumétrique ($MJ/m^3/°C$)		Conductivité thermique ($W/m/°C$)	
			Gelé	Non gelé	Gelé	Non gelé
Résidus	0,35	100	2,5	2,9	2,7	1,9
Enrochement	0,06	20	1,5	1,7	1,4	1,3
Surcharge	0,29	90	1,9	2,4	1,8	1,5
Substrat rocheux	0,02	100	2,0	2,0	3,0	3,0

E.3.5 Limitations du modèle

Les modèles thermiques impliquent un certain nombre d'hypothèses et de limitations comme suit :

- l'information sur la profondeur du pergélisol et les données récentes sur les températures du sol en profondeur (c.-à-d. plus de 50 m) n'étaient pas disponibles. Cette information est utilisée pour déterminer les températures initiales du sol et le gradient géothermique, qui jouent un rôle important dans le processus de transfert de chaleur. Un gradient géothermique plus élevé entraînerait un dégel plus rapide du pergélisol sous la fosse Expo, alors qu'un gradient géothermique plus faible entraînerait un dégel plus lent du pergélisol;
- aucune information sur la température du sol à la base de la forme Expo et en dessous n'était disponible. Au fur et à mesure que la fosse Expo sera approfondie, elle sera exposée à la température de l'air et le sol deviendra plus froid avec le temps. Bien que les modèles présument des températures plus froides à la base de la fosse, l'étendue des températures plus froides dans le substrat rocheux sous la fosse est inconnue;
- les températures de surface du sol ont été présumées à l'aide d'une méthode simplifiée, laquelle n'intègre pas, par exemple, l'accumulation de neige au sol. La neige au sol a un effet isolant et la température moyenne de la surface du sol en hiver sera plus chaude par rapport à un scénario sans neige. Des températures de surface du sol plus chaudes accéléreraient le processus de dégel du pergélisol à long terme;
- les résultats d'essai en laboratoire sur des échantillons d'eau de procédé ont montré que les eaux de ressuage des résidus contiennent environ 2 090 mg/L de concentration en sels. Ce niveau de salinité pourrait faire en sorte que le point de congélation des eaux de ressuage se situe entre -0,1 et -0,25 ˚C, selon les contraintes appliquées (Andersland et Ladanyi, 2004). Ceci n'est pas jugé significatif et, pour cette évaluation thermique en phase de faisabilité, la diminution du point de congélation n'a pas été incluse dans les modèles.

E.4.0 RÉSULTATS DU MODÈLE

La figure E-2 montre les températures initiales du sol obtenues à partir du modèle en régime permanent en considérant une fosse sèche et avant le début de la déposition des résidus dans la fosse.

La figure E-3 montre les courbes de température calculées à la fin du processus de pompage des eaux surnageantes (c.-à-d. septembre 2030) avec des résidus à une élévation de 484 m et sans étang, et la figure E-4 montre les courbes de température après la fin de l'ennoyage de la fosse Expo (c.-à-d. janvier 2035), avec le lac de fosse à une élévation de 535 m. Les figures E-5 et E-6 montrent les courbes de température à long terme calculées pour les années 2073 et 2120, respectivement.

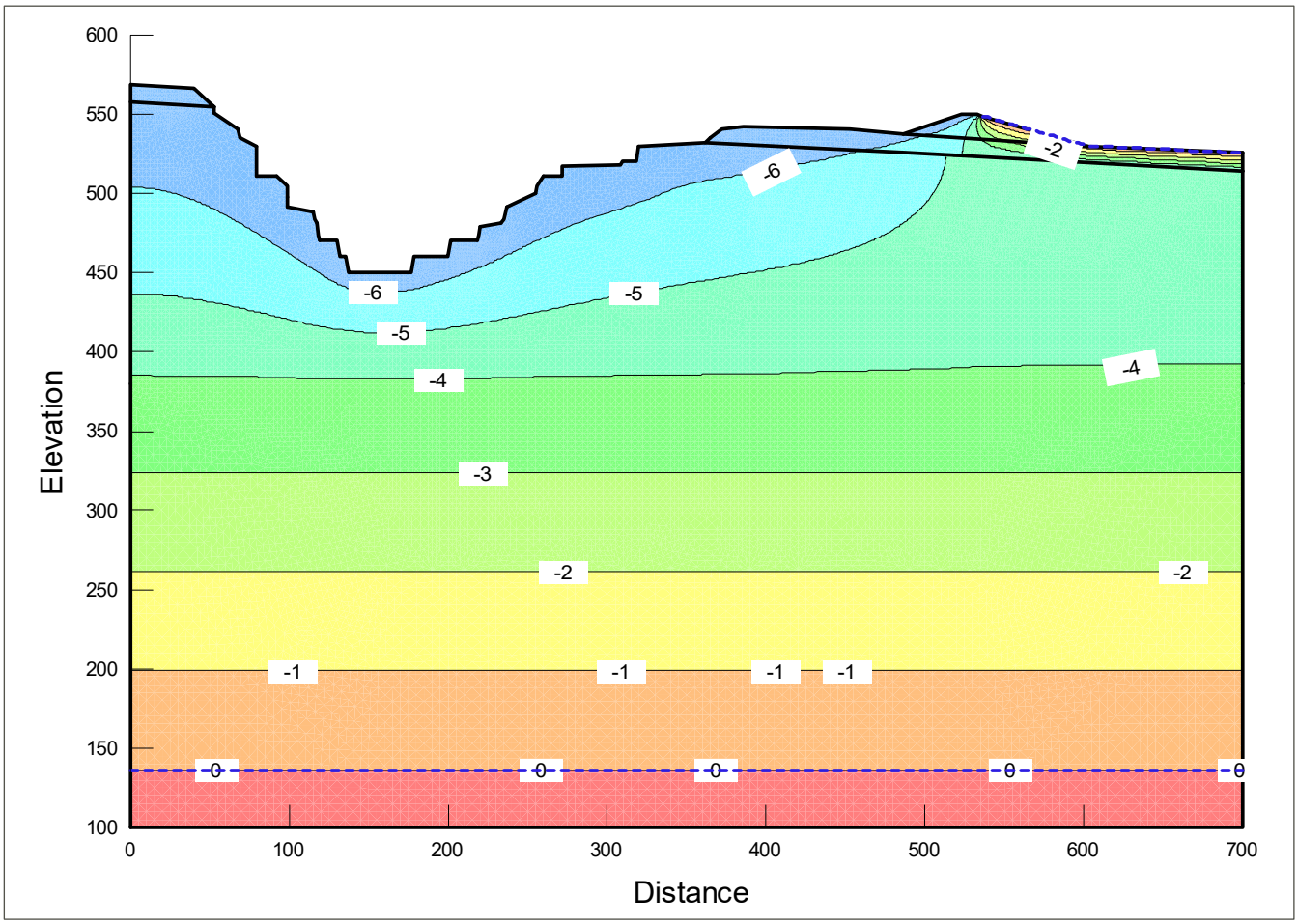


Figure E-2 : Températures initiales du sol avec une fosse Expo sèche avant le début de la déposition des résidus

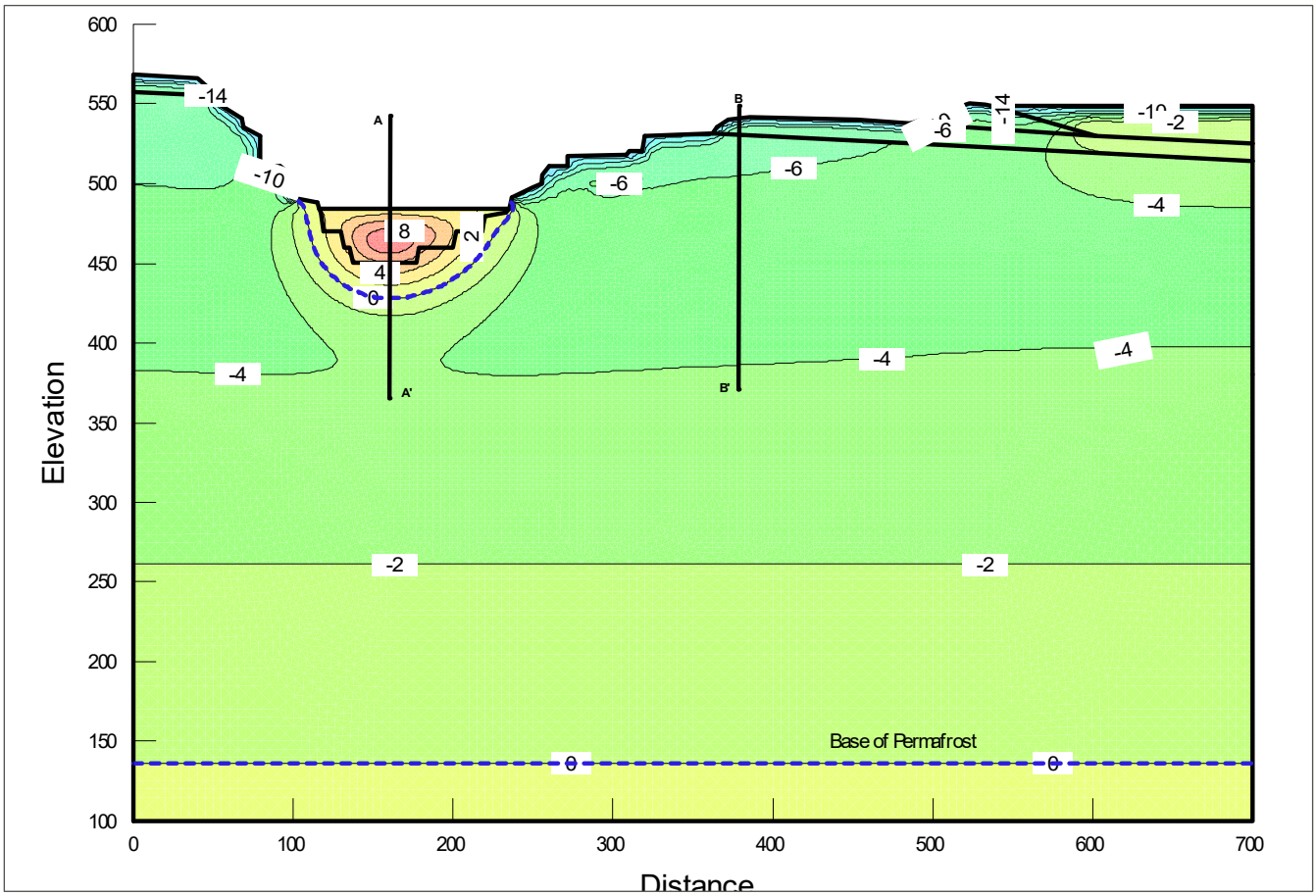


Figure E-3 : Contours de température calculés à la fin des opérations (septembre 2030) sans lac de fosse

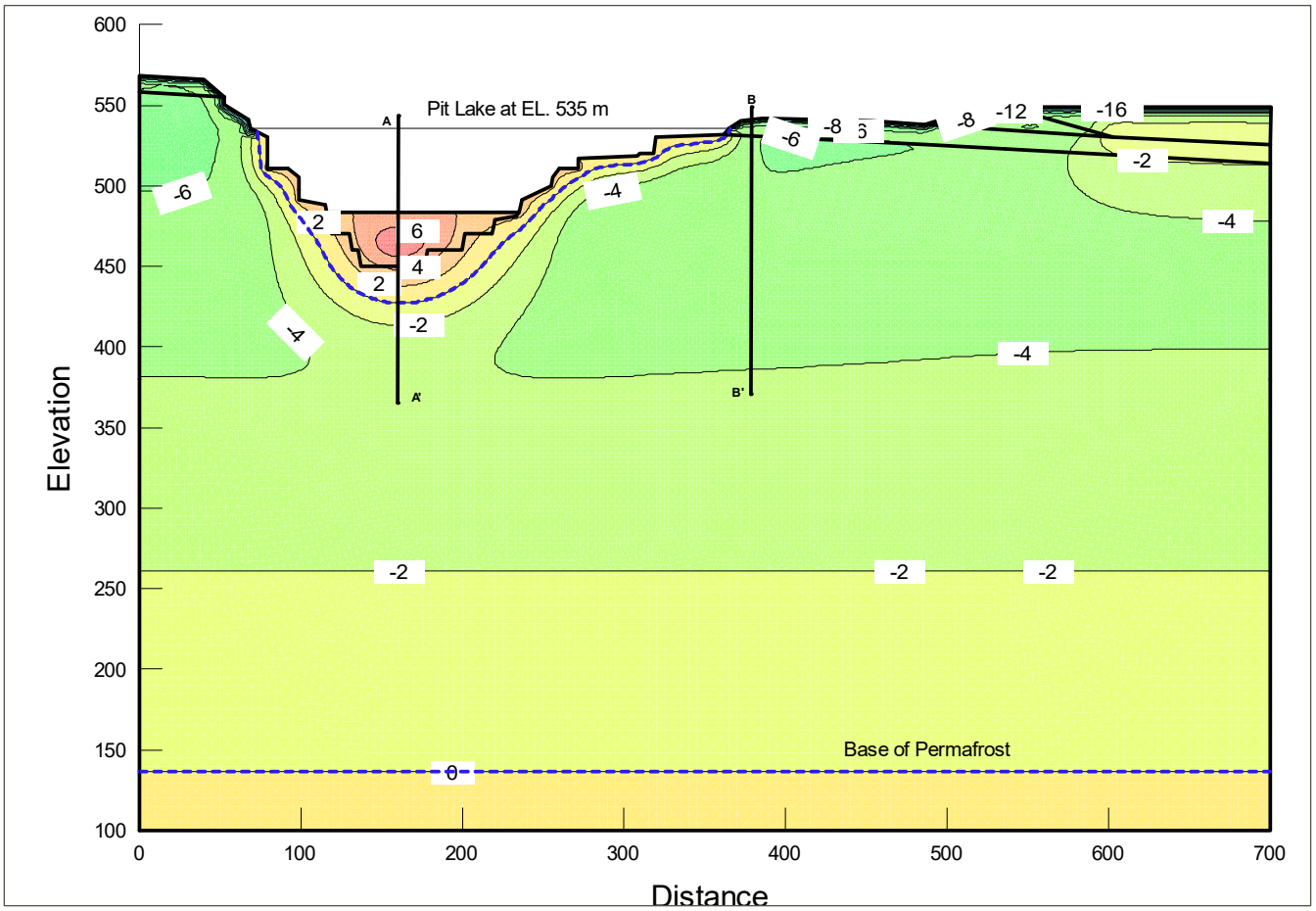


Figure E-4 : Contours de température calculés à la fin de l'ennoyage de la fosse avec lac de fosse à une élévation de 535,4 m (juillet 2033)

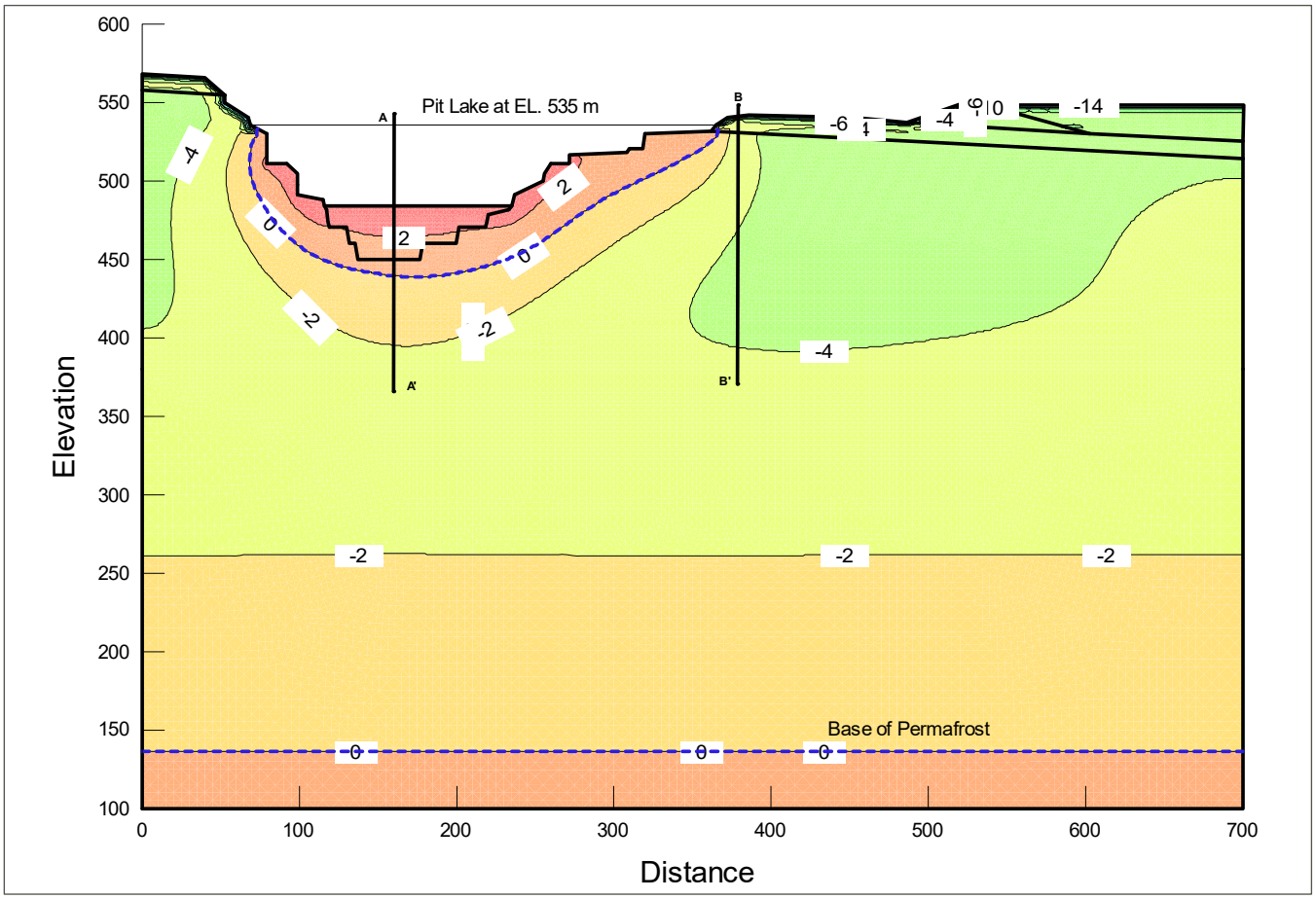


Figure E-5 : Contours de température pour la condition de post-fermeture calculés en 2073

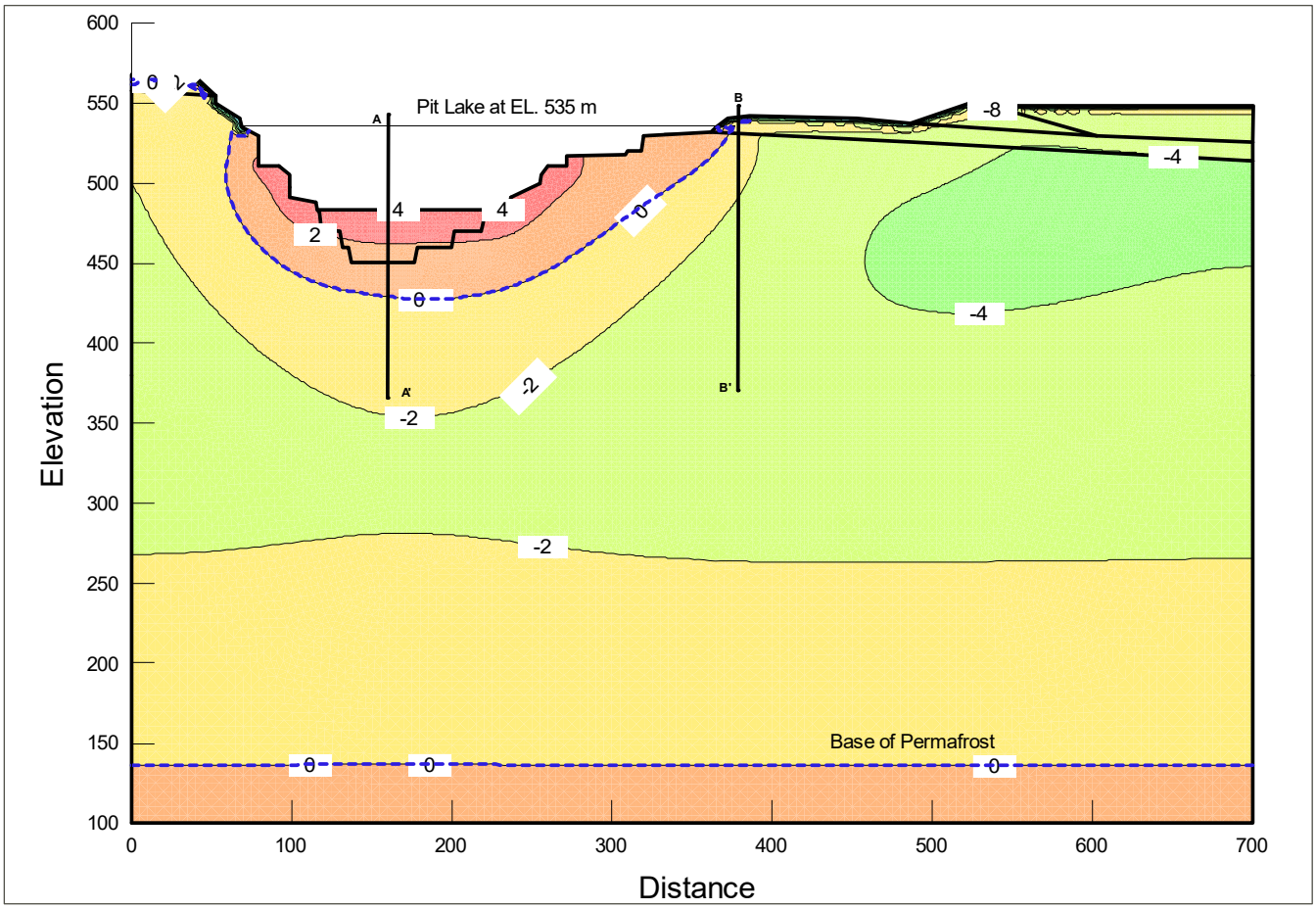


Figure E-6 : Contours de température pour la condition de post-fermeture calculés en 2120

Les figures E-7 et E-8 montrent les profils de température à l'intérieur de la fosse (le long de l'alignement A) et adjacents à la fosse Expo (le long de l'alignement B), respectivement, pour les scénarios d'opération et de post-fermeture.

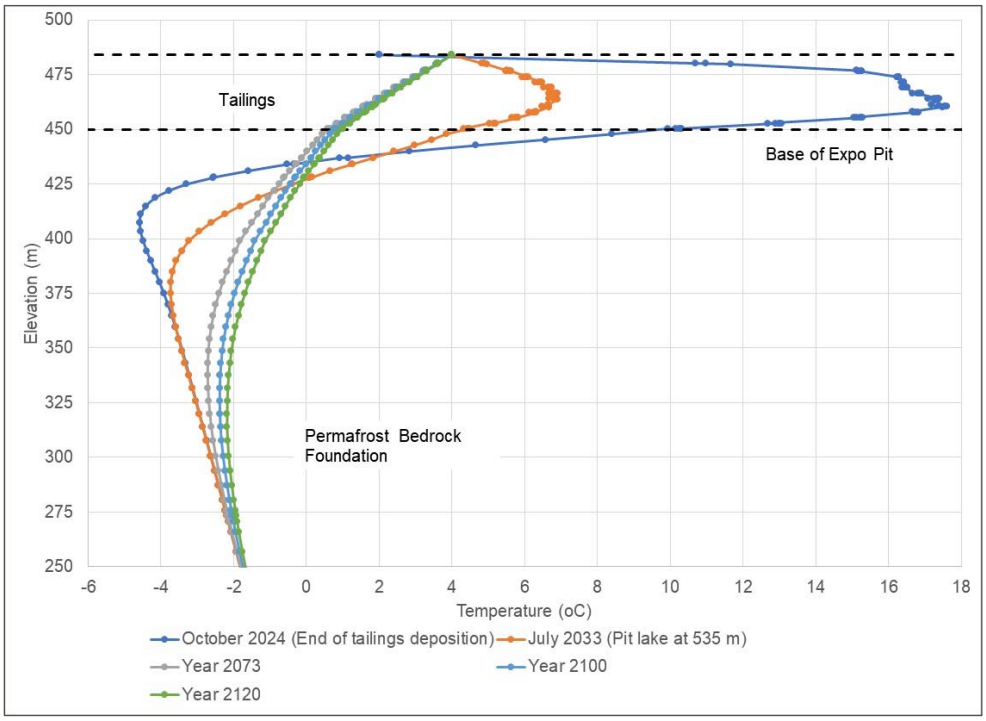


Figure E-7 : Profils de température calculés le long de l'alignement A à l'intérieur de la fosse Expo

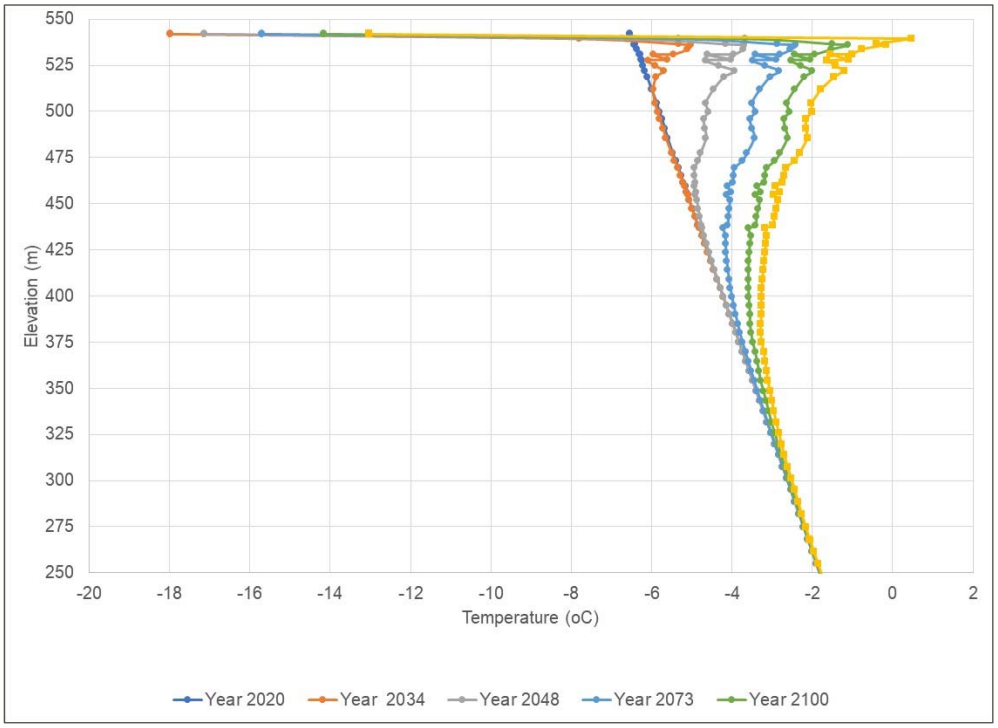


Figure E-8 : Profils de température calculés le long de l'alignement B adjacent à la fosse Expo

Les résultats du modèle suggèrent que d'ici octobre 2024, lorsque la déposition des résidus sera terminée avec une élévation de la surface des résidus à 484 m et de l'eau surnageante à 497 m, le front de dégel aura progressé dans le pergélisol à une profondeur d'environ 15 m sous la base de la fosse (c.-à-d. El. 435 m). Au moment où l'ennoyage de la fosse Expo sera terminé à l'élévation prévue de 535,4 m en janvier 2035, les résultats du modèle montrent que le front de dégel se sera encore approfondie de 8 m dans le pergélisol jusqu'à une profondeur de 23 m sous la base de la fosse (c.-à-d. El. 427 m). Cependant, à mesure que la température des résidus se refroidit et se stabilise en raison de l'effet du lac de la fosse, la partie du pergélisol sous la fosse qui est dégelée à long terme demeure à environ 20 m sous la base de la fosse jusqu'à l'année 2120.

Comme le montre la figure E-7, avec les profils de température dans la fosse le long de l'alignement A, les modèles montrent que le pergélisol se réchauffera progressivement au fil du temps, en particulier jusqu'à une élévation d'environ 300 m, mais que des températures globalement négatives continueront de prévaloir.

Le long de l'alignement B, entre la fosse Expo et la cellule de résidus 2 (figure E-8), les résultats du modèle montrent que les températures du sol resteront sous le point de congélation en tout temps, même si une tendance au réchauffement est prévue principalement à une profondeur de 200 m sous la surface du sol (c.-à-d. El. 340 m). Cela indique que l'écoulement des eaux souterraines ne se produirait pas entre le lac de la fosse et la zone du parc à résidus miniers.

E.5.0 CONCLUSIONS

Une évaluation thermique a été réalisée pour évaluer les effets de la déposition de résidus dans la fosse Expo sur les conditions du pergélisol sous et adjacent à la paroi de la fosse. Des modèles transitoires bidimensionnels ont été réalisés pour les conditions d'opération et de post-fermeture en tenant compte du changement climatique sur une période de 100 ans.

Les résultats du modèle montrent que la déposition des résidus à l'intérieur de la fosse, suivie de la formation d'un lac de fosse, provoquera le dégel du pergélisol à une profondeur d'environ 22 m sous la base de la fosse. Bien que le pergélisol se réchauffe progressivement à long terme, les modèles ont montré que l'étendue de cette zone non gelée n'augmenterait pas sur une période de 100 ans.

Les modèles ont également montré que le sol entre la fosse Expo et les cellules de résidus restera essentiellement gelé en tout temps, ce qui empêchera l'écoulement des eaux souterraines entre la fosse Expo et les zones de résidus.

Les variations de profondeur de la couche active sujette au gel et au dégel saisonniers n'ont pas été évaluées dans ce modèle en raison de la grande échelle du modèle. La profondeur de la couche active devrait augmenter en réponse aux effets du changement climatique, mais elle serait probablement encore limitée à une zone proche de la surface. La préparation d'un modèle unidimensionnel spécifique (1D) serait nécessaire pour évaluer le comportement à long terme de la couche active.

Il est recommandé d'installer des thermistances profondes adjacentes à la fosse Expo pour surveiller l'évolution des températures du sol à long terme. Cette information pourrait être utilisée ultérieurement pour affiner et calibrer les modèles, selon les besoins.

RÉFÉRENCES

Andersland, OB et Ladanyi, B. (2004), Frozen Ground Engineering. 2e édition, John Wiley & Sons Inc.

GIEC (2013), Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis, 1535 p.

Johansen, O. (1975), Thermal conductivity of Soils. Ph.D. diss., Norwegian Technical Univ., Trondheim; également, US Army Cold Reg. Res. Labo de génie trad. 637, juillet 1977.

ANNEX E-1

Résultats des tests de laboratoire

GOLDER

PRAIRIES AND NORTH LABORATORIES

ATTN: Fernando Junqueira, D.Sc., M.Sc., P.Eng.
Senior Geotechnical Engineer
Golder Associates Ltd.

Received: 03-Oct-18
Report Date: 01-Nov-18
Version: Final

Geotechnical Laboratory Testing Report

Client: Canadian Royalties Inc.
Project Title: CRI/2018 DSI/Nunavik - CRI Pit Backfill Study
Golder Billing: 18101259.1000
Lab Schedule No.: C904

Matthew Becker
Geotechnical Laboratory Manager
Calgary Geotechnical Laboratory
Golder Associates Ltd.

Our liability is limited to the cost of the test requested. The test results only relate to the sample as received. No liability in whole or in part is assumed for the collection, handling or transport of the sample, application or interpretation of the test data or results.

Golder Associates Ltd., Bay 8, 820 28th Street NE, Calgary Alberta, Canada T2K 6K1
Tel. (403) 248-6386 Fax. (403) 248-6387

GOLDER

GENERAL LAB TESTING SUMMARY

Project No.:	18101259	Phase:	1000
Short Title:	CRI/2018 DSI/Nunavik - CRI Pit Backfill Study	Sched:	C904
Tested By:	DS	Date:	1-Nov-18

Sample Identification		**Laboratory Test Results**				
Sample	Lab No.	Water Content (%) (Decanted Process Water)			Water Content (%) (Mixed with Process Water)	Specific Gravity (Gs)
		Bottom	Top (Trial 1)	Top (Trial 2)		
Eav Praede - USINE CRI - 2018-08-31 9h30	C904-01	16.9	16.7	16.0	23.6	3.18

GOLDER

THERMAL PROPERTIES LAB TESTING SUMMARY

Project No.: 18101259
Short Title: CRI/2018 DSI/Nunavik - CRI Pit Backfill Study
Tested By: FC

Phase: 1000
Sched: C904
Date: 1-Nov-18

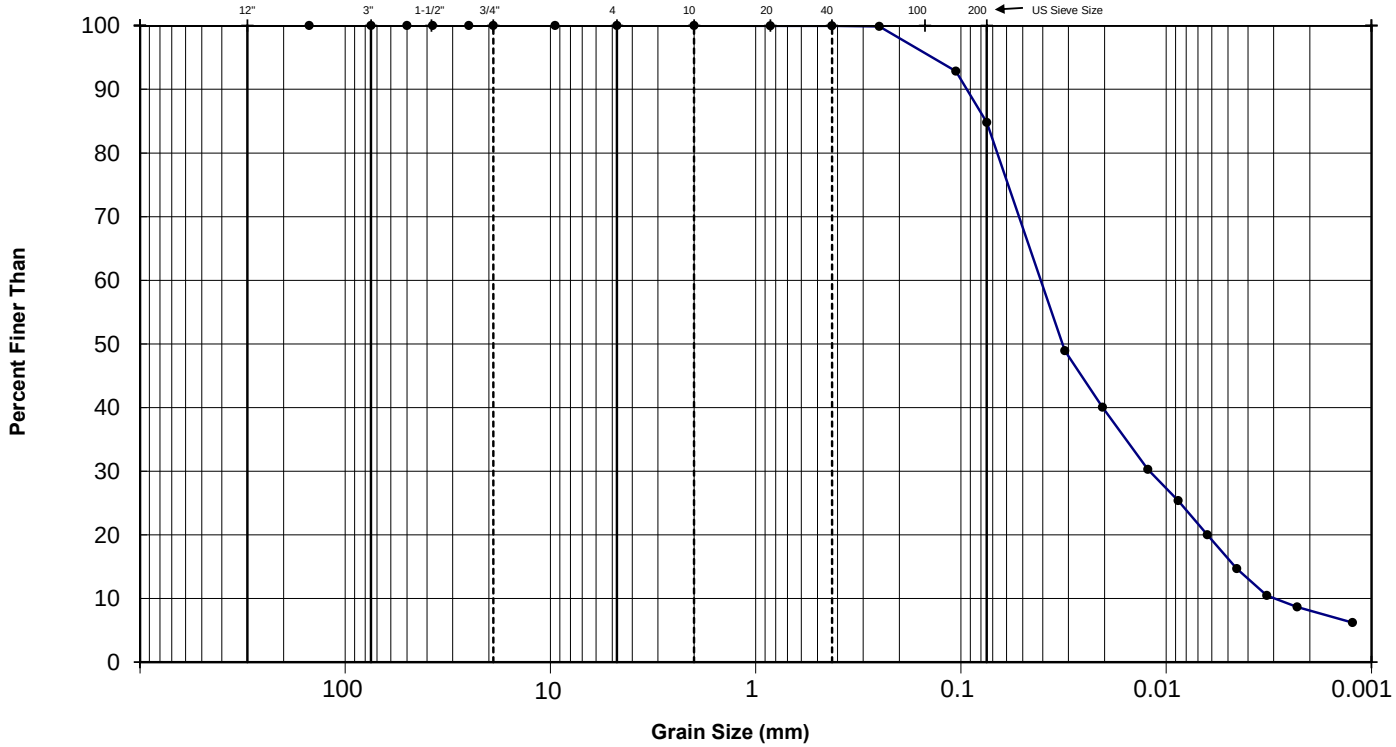
Sample Identification		Laboratory Test Results							
				Thermal Conductivity			Volumetric Specific Heat Capacity		
Sample	Lab No.	Remolded Dry Density (kg/m^3)	Water Content (%)	Average Temperature (°C)	Avg. Thermal Conductivity, K (W/m•K)	Avg. Thermal Resistivity, R (m•K/W)	Average Temperature (°C)	Avg. Volumetric Specific Heat Capacity, C $mJ/(m^3 \cdot K)$	Avg. Thermal Diffusivity, D (mm^2/s)
Eav Praede - USINE CRI - 2018-08-31 9h30	C904-01	1933	19.3	5.1	1.869	0.535	5.3	2.911	0.627
				-5.6	2.680	0.373	-5.1	2.521	0.961

GOLDER

Project No.:	18101259.1000	Lab No.:	C904-01
Project Title:	CRI/2018 DSI/Nunavik - CRI Pit Backfill Study		
Sample:	Eav Praede - USINE CRI - 2018-08-31 9h29		
Depth:	-		
Date Tested:	04-Oct-18	By:	DS

PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOIL

(ASTM D422)



Diameter of Sieve (mm)	Percent Passing (%)
150.0	100.0
75.0	100.0
50.0	100.0
37.5	100.0
25.0	100.0
19.0	100.0
9.50	100.0
4.75	100.0
2.00	100.0
0.850	100.0
0.425	99.9
0.250	99.9
0.106	92.9
0.075	84.8
0.031	48.9
0.020	40.0
0.012	30.3
0.009	25.3
0.006	20.0
0.005	14.7
0.003	10.5
0.002	8.7
0.001	6.2

Comments:

PERCENT GRAVEL, SAND, SILT AND CLAY OF SAMPLE

COBBLE	GRAVEL		SAND			SILT / CLAY
	Coarse	Fine	Coarse	Medium	Fine	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	15.2%	84.8%
0.0%	0.0%		15.2%			84.8%

GOLDER

THERMAL CONDUCTIVITY OF SOIL BY THERMAL NEEDLE PROBE

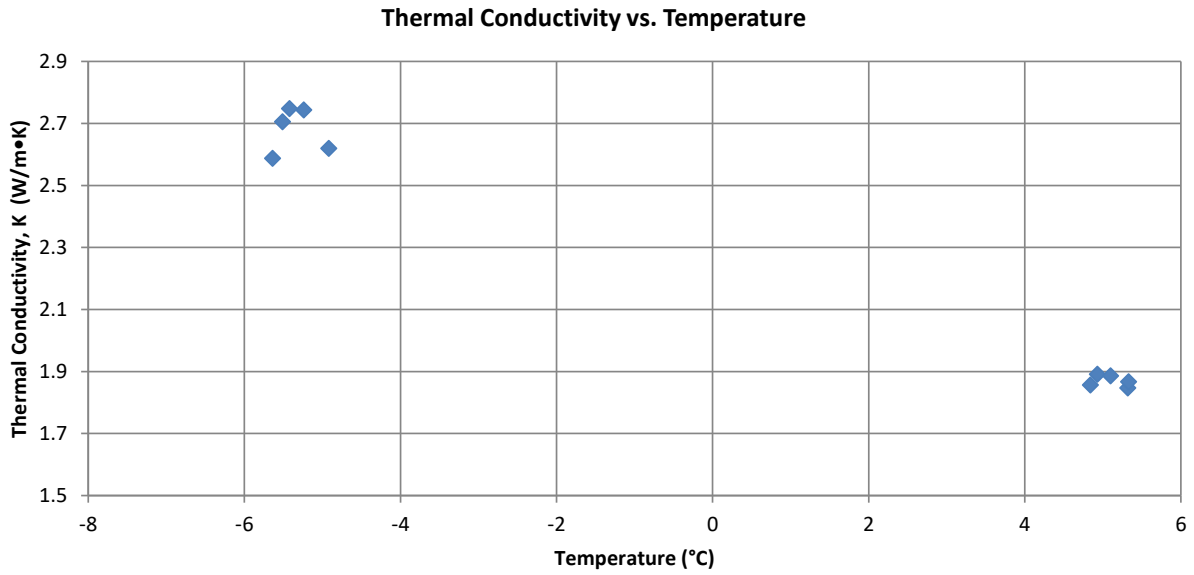
(ASTM D5334-08)

Project No.: 18101259 — Phase: 1000
Short Title: CRI/2018 DSI/Nunavik - CRI Pit Backfill Study — Lab No.: C904-01
Tested By: FC — Date: 01-Nov-18

Location:	Eav Praede - USINE CRI	**Undisturbed or Remolded:**	Remolded
Sample No.:	2018-08-31 9h30	**Wet Density (kg/m^3):**	2307
Height (mm):	201.27	**Water Content (%):**	19.3
Diameter (mm):	101.92	**Dry Density (kg/m^3):**	1933
Mass (g):	3788.10	**Void Ratio:**	0.645
Thermal Probe No.:	TR-1	**Saturation (%):**	95.3
Probe Length (mm):	50.0	**G_s:**	3.2

Test Results:

Trial No.	Temp. (°C)	Avg. Temp. (°C)	Thermal Conductivity, K (W/m•K)	Avg. Thermal Conductivity, K (W/m•K)	Thermal Resistivity, R (m•K/W)	Avg. Thermal Resistivity, R (m•K/W)
1	4.84	5.10	1.856	1.869	0.539	0.535
2	4.93		1.891		0.529	
3	5.10		1.886		0.530	
4	5.32		1.847		0.541	
5	5.33		1.867		0.536	
1	-4.92	-5.6	2.619	2.680	0.382	0.373
2	-5.24		2.743		0.365	
3	-5.42		2.748		0.364	
4	-5.51		2.705		0.370	
5	-5.64		2.587		0.387	



GOLDER

VOLUMETRIC SPECIFIC HEAT CAPACITY OF SOIL BY THERMAL NEEDLE PROBE

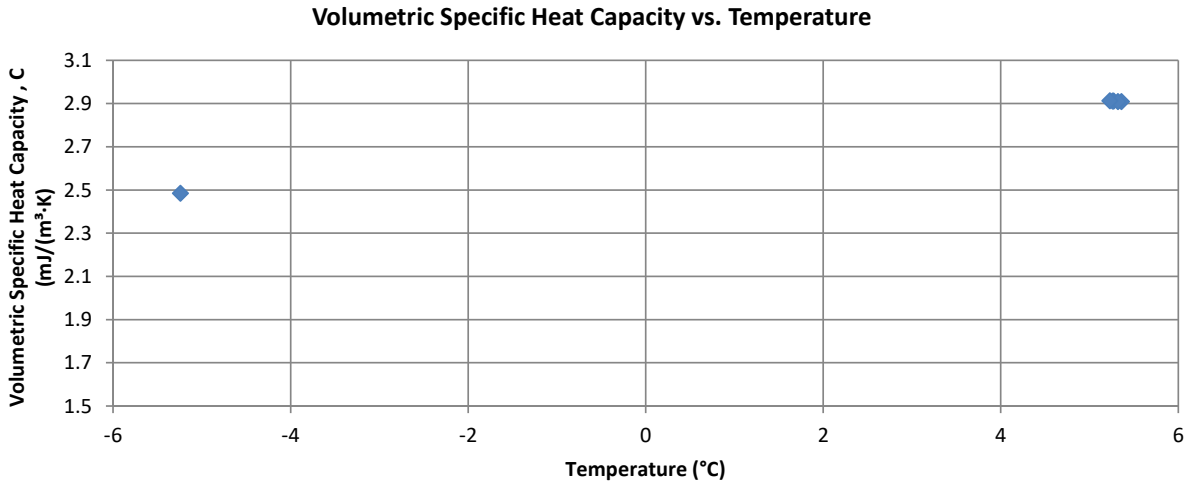
(ASTM D5334-08)

Project No.: 18101259 — Phase: 1000
Short Title: CRI/2018 DSI/Nunavik - CRI Pit Backfill Study — Lab No.: C904-01
Tested By: FC — Date: 01-Nov-18

Location:	Eav Praede - USINE CRI	**Undisturbed or Remolded:**	Remolded
Sample No.:	2018-08-31 9h30	**Wet Density (kg/m^3):**	2307
Height (mm):	201.27	**Water Content (%):**	19.3
Diameter (mm):	101.92	**Dry Density (kg/m^3):**	1933
Mass (g):	3788.10	**Void Ratio:**	0.645
Thermal Probe No.:	SH-1	**Saturation (%):**	95.3
Probe Length (mm):	50.0	**G_s:**	3.2

Test Results:

Trial No.	Temp. (°C)	Avg. Temp. (°C)	Volumetric Specific Heat Capacity, C mJ/(m³·K)	Avg. Volumetric Specific Heat Capacity, C mJ/(m³·K)	Thermal Diffusivity, D (mm^2/s)	Avg. Thermal Diffusivity, D (mm^2/s)
1	5.36	5.3	2.909	2.911	0.626	0.627
2	5.27		2.912		0.626	
3	5.26		2.911		0.627	
4	5.32		2.909		0.627	
5	5.23		2.913		0.628	
1	-5.24	-5.1	2.484	2.521	0.974	0.961
2	-5.06		2.542		0.957	
3	-5.10		2.507		0.965	
4	-4.99		2.529		0.956	
5	-4.90		2.545		0.951	



ANNEXE F

Stabilité de la pente de la fosse Expo

F.1.0 INTRODUCTION

Cette annexe fournit les détails de l'analyse de la stabilité de la pente de la fosse effectuée dans le cadre de l'évaluation conceptuelle de l'élimination des résidus dans la fosse Expo. L'évaluation de la stabilité de la pente a été réalisée pour évaluer le potentiel d'instabilité de la pente de la fosse au cours des différentes étapes de remplissage de la fosse à ciel ouvert. Les sections suivantes décrivent la méthode d'analyse, les cas analysés, les paramètres intrants et les hypothèses ainsi que les résultats de l'analyse.

F.2.0 CONTEXTE

La fosse Expo a été opérationnelle entre 2013 et avril 2020. La fosse à ciel ouvert Expo minée mesure environ 850 m de longueur dans l'orientation est-ouest et environ 330 m de largeur dans l'orientation nord-sud. L'élévation du fond de la fosse est d'environ 460 m. La profondeur maximale de la fosse est d'environ 105 m.

La géologie projetée dans la paroi finale de la fosse suggère qu'environ 57 % de la paroi se trouvera dans l'unité de roche métasédimentaire et 32 % des parois dans l'unité de roche ultramafique, comme le montre le graphique F-1.

En 2006, un total de quatre forages orientés ont été réalisés dans la fosse Expo (Golder 2007). L'épaisseur du mort terrain varie entre 1,6 m et 4,4 m et peut même atteindre 13 m d'épaisseur à certains endroits. L'épaisseur de la couche active sur le site Expo varie entre 1,5 m et 2,5 m. Le mort terrain est inclus dans l'analyse de stabilité de la pente.

L'analyse de la stabilité de la pente a été réalisée à partir des données géotechniques présentées dans Golder (2007). La dernière inspection de la fosse Expo (MDEng 2017) a identifié des plans de litage qui plongent vers la fosse. Les effets de ces plans de litage ont été inclus dans l'étude sur la stabilité globale de la paroi de la fosse. L'analyse comprend diverses étapes de remplissage de la fosse à ciel ouvert en présumant des conditions entièrement dégelées et gelées dans l'unité de roche métasédimentaire. Le mode de rupture circulaire a été analysé.

F.3.0 ANALYSE DE STABILITÉ

F.3.1 Méthode d'analyse

La conception globale de la pente et la stabilité du des bancs dans les mines à ciel ouvert sont contrôlées par la cinématique (stabilité structurelle) et la rupture globale de la pente (stabilité de la masse rocheuse). Le logiciel commercial de modélisation aux équilibres limites bidimensionnel (2D) Slide (RocScience 2018) a été utilisé pour l'analyse de la stabilité de la pente de la fosse.

F.3.2 Paramètres intrants et coupe transversale critique

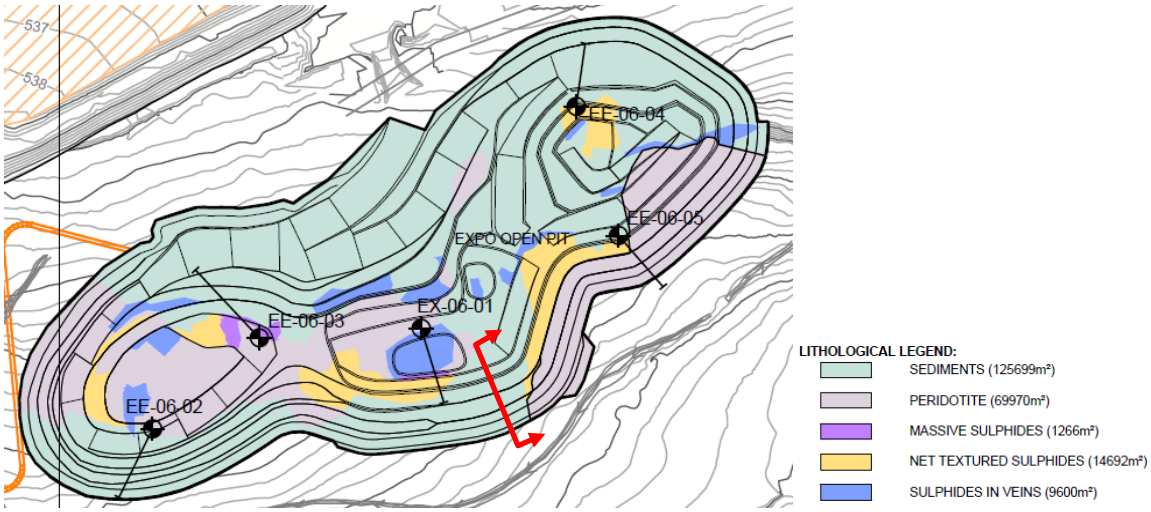
L'analyse de la stabilité de la pente a été réalisée à partir des données géotechniques présentées dans Golder (2007). La fosse Expo comprend deux unités géotechniques principales : ultramafique et métasédiments. Les paramètres géotechniques utilisés pour l'analyse de stabilité sont présentés au tableau F-1.

Tableau F-1 : Paramètres géotechniques

Unité géotechnique	Densité (kN/m^3)	UCS (MPa)	RMR_{76}	m	s	c (kPa)	Φ (°)
Ultramafique[1]	30	200	77	3,6751	0,0216	-	-
Métasédiments[1]	27	150	77	3,4817	0,0216	-	-
Mort-terrain[2,4] (couche active)	19	-	-	-	-	0	30,0
Résidus miniers[2]	20	-	-	-	-	0	32,0
Litage[3]	27	-	-	-	-	180	32,4

Notes :

1. Paramètres utilisés dans la conception précédente de la pente de la fosse (Golder 2007)
2. Paramètres utilisés dans la conception précédente de la cellule des résidus 2 du site Expo (Golder 2015)
3. Paramètre de cohésion du litage obtenu à partir d'une analyse régressive
4. Le mort terrain sous la zone active est considéré comme complètement gelé et se comporte comme de la roche



Graphique F- 1 : Coupe de la fosse Expo utilisée dans l'analyse de stabilité de la pente

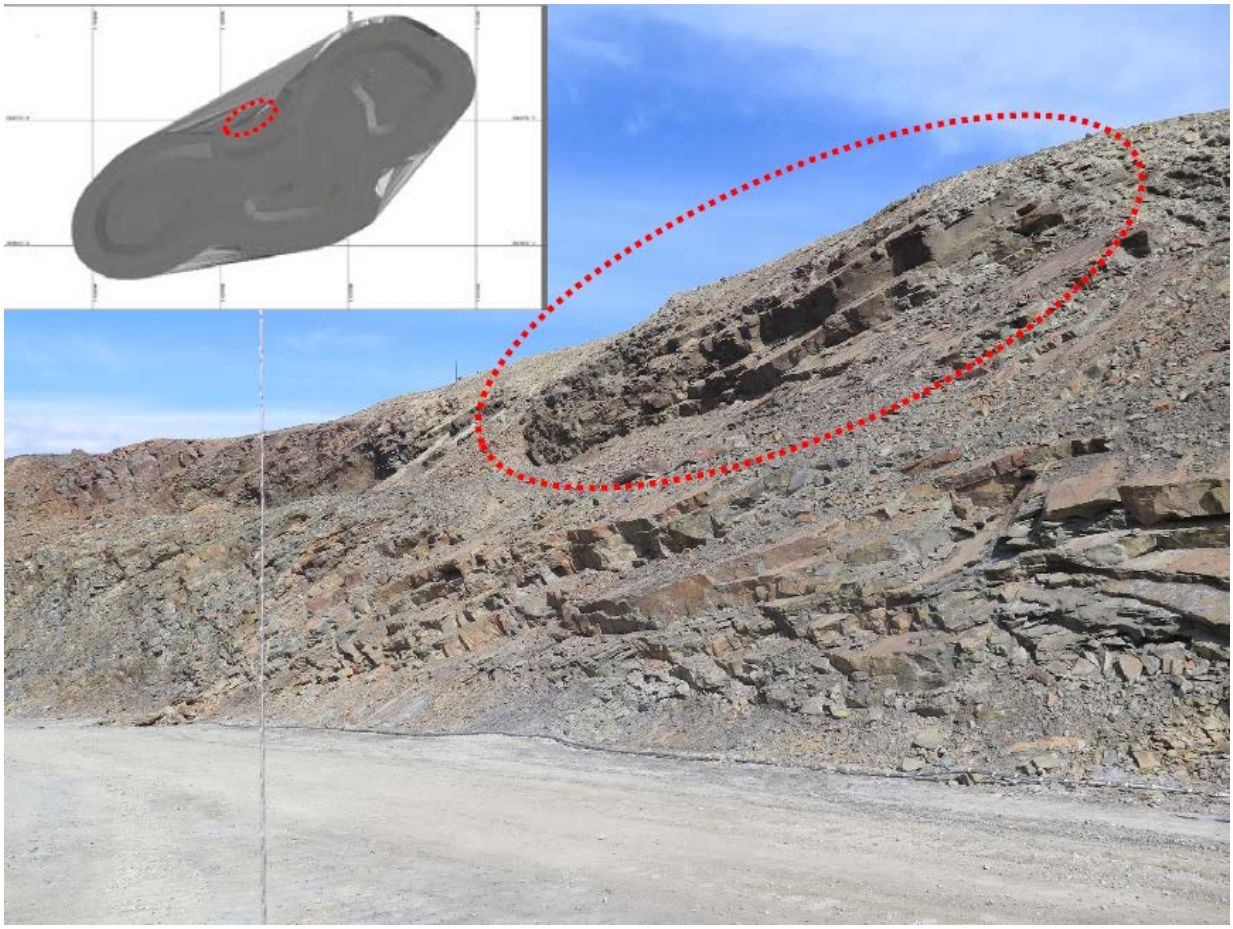
L'analyse de stabilité a été réalisée sur la coupe la plus critique de la fosse à ciel ouvert. L'emplacement de la coupe transversale modélisée est indiqué au graphique F-1. La pente la plus raide se situe sur cette coupe transversale et recoupe principalement l'unité métasédimentaire, qui la plus faible des deux principales unités géologiques.

L’nspection de la fosse Expo la plus récente (MDEng 2017) a identifié des plans de litage qui plongent vers la fosse. Les effets de ces plans de litage ont été inclus dans l’étude sur la stabilité globale de la paroi de la fosse.

La conception initiale de la fosse (Golder 2007) ne tenait pas compte de l’impact du litage sur la stabilité globale de la paroi. La prise en compte du litage dans l’analyse de stabilité incluait le cas le plus défavorable : rupture planaire due au dégel du pergélisol en raison de la chaleur des résidus.

L’unité métasédimentaire est un synclinal est-ouest. Le litage plonge vers la fosse avec des angles compris entre 20° et 40° selon l’interprétation des stéréonets réalisée en 2007, suite à la description des structures rencontrées dans les trous de forage. D’après les résultats des essais de laboratoire, le litage a une cohésion de 0 kPa et un angle de frottement de 32,4° (Golder 2007). Afin de valider la cohésion, une analyse régressive a été réalisée.

L’analyse régressive de la rupture planaire montre que pour un pendage du litage de 40°, une cohésion d’environ 180 kPa est nécessaire pour atteindre un facteur de sécurité de 1,0 en considérant la présence d’une nappe phréatique derrière la pente. Pour une masse rocheuse sèche, une cohésion d’environ 100 kPa s’avère nécessaire. D’après l’examen des photos de la paroi de la fosse, comme le montre le graphique F-2 du rapport d’inspection MDEng de 2017, la continuité observée du joint semble inclure suffisamment de ponts rocheux pour que la résistance au cisaillement soit supérieure à 180 kPa (ce qui est équivalent à environ 2 % de la résistance des ponts rocheux intacts le long des joints et constitue une hypothèse de résistance raisonnablement faible).



Graphique F-2 : Photo de la paroi nord (MDEng 2017)

F.3.3 Scénarios analysés

Des analyses de stabilité de la pente ont été effectuées pour identifier les problèmes potentiels de stabilité au moment du remblayage. L'analyse de stabilité a pris en compte la fosse vide (avant le remblayage) et la fosse une fois remplie jusqu'à l'élévation finale des résidus. L'analyse de stabilité a été effectuée pour évaluer la stabilité globale de la pente de la fosse dans des conditions de charge statique.

L'analyse repose sur des solutions d'équilibre limite afin de calculer les facteurs de sécurité (FS) pour les surfaces de glissement potentielles à partir de l'évaluation des propriétés d'ingénierie des différentes unités lithologiques. Les ruptures circulaires ont été analysées. L'analyse de la stabilité de la pente a été réalisée en utilisant une surface phréatique présumée.

F.3.4 Facteur de sécurité minimum

Un facteur de sécurité minimum (FS) de 1,2 a été choisi comme cible appropriée pour la pente de la fosse en fonction du niveau de risque qui est généralement acceptable dans un environnement minier (Golder 2007).

F.4.0 RÉSULTATS DE STABILITÉ DE LA PENTE

Le tableau F-2 résume les résultats de l'analyse de la stabilité de la pente pour une rupture circulaire avec des conditions de pente très conservatrices afin d'encadrer le potentiel d'instabilité de la fosse finale et l'augmentation relative de des FS avec le remblai de résidus.

Tableau F-2 : Résultats des analyses de stabilité de la masse rocheuse de la fosse Expo – scénario présumé le plus défavorable – nappe phréatique et sol non gelé

Scénario	FS calculé — circulaire	FS visé issu de l'analyse régressive — présumant qu'aucun pergélisol ne stabilise la pente	Pourcentage d'augmentation du de FS avec le remblayage
Fosse vide	1,30	1,2	s.o.
Fosse remblayée de résidus	1,86	1,2	43 %

Ce modèle de stabilité de pente est trèsconservateur. La pente finale de la fosse sera gelée et non saturée. Avec un sol gelé, il n'y aurait aucune pression d'eau et le RQD effectif de la masse rocheuse serait de 100 %.

Une analyse plus représentative a été effectuée en présumant que la roche et le sol entourant la fosse sont gelés comme prévu par le modèle thermique (annexe E). Le tableau F-3 et la figure F-1 résument les résultats de l'analyse de stabilité de la pente pour une rupture circulaire. La fosse finale avant remblayage a le FS le plus bas. Le remblai sert de support à la pente et améliore la stabilité globale. Aucun problème potentiel de stabilité de la pente pendant les étapes intermédiaires de remblayage n'a été identifié.

En résumé, la stabilité de la pente de la fosse s'améliore avec le remblayage des résidus sans égard aux changements potentiels du pergélisol, de la pente de la fosse ou de la surface phréatique. Le potentiel de rupture cinématique a été évalué en utilisant des résistances présumées très faibles.

Tableau F-3 : Résultats des analyses de stabilité de la masse rocheuse de la fosse Expo – cas présumé de pergélisol

Scénario	FS calculé — circulaire	FS visé — en présumant qu'aucun pergélisol ne stabilise la pente (modèle de pente sèche)	Pourcentage d'augmentation du de FS avec le remblayage
Fosse vide	1,44	1,2	s.o.
Fosse remplie à une élévation de 485 m	1,90	1,2	32 %

F.5.0 CONCLUSIONS

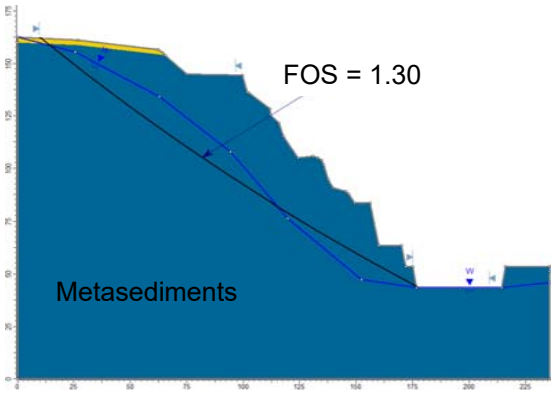
La stabilité de la fosse à ciel ouvert a été analysée dans des conditions entièrement dégelées et gelées. Le potentiel de rupture cinématique a été évalué en utilisant des résistances présumées très faibles. Quel que soit le cas analysé, la fosse finale avant le début du remblayage par les résidus produit le FS le plus bas. Le FS de la paroi de la fosse augmente une fois les résidus déposés. Les résidus servent de support à la pente de la fosse et améliorent la stabilité globale. Dans des conditions entièrement dégelées, ce qui est un scénario très conservateur, le FS calculé varie entre 1,30 et 1,86. Dans des conditions de pergélisol, représentatives des conditions au terrain, le FS calculé varie entre 1,44 et 1,90, indiquant que la paroi de la fosse à ciel ouvert sera stable.

RÉFÉRENCES

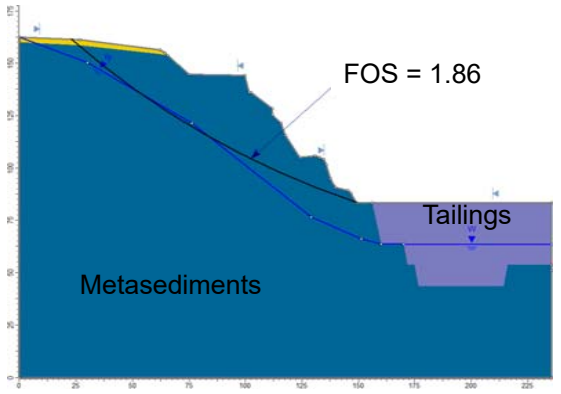
Golder Associates Ltd. (Golder), (2007). *Slope design recommendations, Expo and Mesmax ultimate open pits, Projet nickélifère Raglan Sud*. Réf. nº 05-1117-055.

Génie de conception minière (MDEng) 2017 *Inspection du site pour la fosse Expo et travaux souterrains Allammaq au Nunavik, au Québec.* Rapport nº 17019-101.

Assumed Worst Case - Water table and no frozen ground

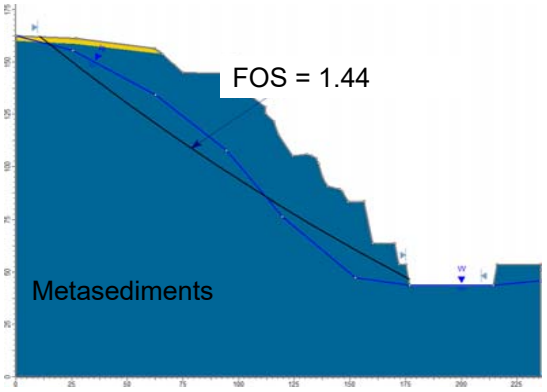


Empty Pit

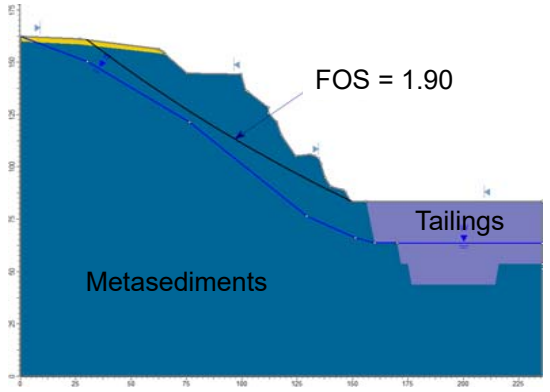


Tailings Backfilled Pit

Assumed Permafrost Case - Frozen ground, water table not applied to the rockmass



Empty Pit



Tailings Backfilled Pit

GOLDER				Scale: N.T.S Date: Jul-20 Design: SC Check: KBH Review:	**Slope Stability Analysis - Empty Pit and Tailings Backfilled Pit Static Conditions in Metasedimentary Rock**
Project No.	19117253		Version 1		**NUNAVIK NICKEL MINE, QUEBEC** — FIGURE F-1

ANNEXE G

Dimensionnement du déversoir et du canal d’écoulement

G.1. INTRODUCTION

Un déversoir de sortie sera construit à l'angle nord-est de la fosse Expo et à l'est de la cellule de résidus 1. Une fois l'ennoyage accéléré de la fosse terminé, le canal acheminera le trop-plein de la fosse vers l'affluent de la rivière Puvirnituq, qui est situé au nord de l'infrastructure de résidus et de stériles. Cette annexe résume les critères et les hypothèses utilisés pour dimensionner le déversoir et le canal d'écoulement de la fosse Expo.

G.1.1 Modélisation hydraulique

Une analyse hydrologique a été effectuée pour appuyer la conception du déversoir et du canal d'écoulement. L'exercice de routage hydraulique a été modélisé à l'aide du logiciel de modélisation HEC-HMS 4.3 du United States Army Corps of Engineers (Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis). Les critères suivants ont été adoptés pour le dimensionnement du déversoir :

- l'événement de précipitations maximales probables (PMP) sur 24 h correspondant à 207 mm. Pour tenir compte du changement climatique, un facteur de charge de 18 % a été utilisé selon le MTMDET (ministère des Transports, de la Mobilité et de l'Électrification des transports) pour les bassins versants de moins de 25 km^2. Ainsi, la tempête choisie pour le dimensionnement du déversoir correspond à 244 mm;
- les pertes ont été déterminées en utilisant la méthode des nombres de courbes du service de la conservation du sol des États-Unis (SCS) et en attribuant un numéro CN de 93,4 pour le sol naturel et aucune perte pour la zone du bassin;
- des bassins versants de 22,15 ha et 26,83 ha correspondant respectivement à la surface de l'eau du bassin de la fosse et au sol naturel;
- le temps de latence utilisé dans le modèle pour les bassins versants a été estimé à 40 minutes pour l'aire du sol naturel, en utilisant la méthode du SCS, qui est basée sur des paramètres tels que la longueur du chemin et la pente;
- la distribution de type II développée par le SCS a été utilisée pour représenter la séquence temporelle des précipitations de l'événement.

Le modèle HEC-HMS a été utilisé pour estimer le débit entrant de pointe vers la fosse Expo provoqué par l'événement de conception. Le débit entrant de pointe dans le bassin de collecte principal (BCP) dans le cadre de l'événement de conception est de 23,5 m^3/s.

G.1.2 Dimensionnement du déversoir

Le déversoir de sortie sera situé du côté nord-est de la fosse Expo. Les hypothèses et les intrants pour le dimensionnement du déversoir de la fosse Expo sont les suivants :

- le radier du déversoir est supposé être à une élévation de 535,4 m, ce qui correspond à la plus basse élévation le long du bord de la fosse;
- le niveau d'eau initial est supposé être à l'élévation du radier du déversoir (535,4 m); et
- des pentes latérales de 3H : 1V.

Avec une largeur de fond de 3,0 m, le débit de pointe à travers le déversoir d'urgence est de 1,46 m^3/s. La profondeur de l'écoulement de pointe à travers le déversoir sous l'événement de conception (BMP 24 h) est de 0,4 m, ce qui donne une revanchede 0,2 m par rapport à l'élévation de la crête. La vitesse maximum de débit

dans le goulot du déversoir est estimée à 1,1 m/s. Un enrochement avec un D_{50} de 0,1 m pour éviter l'érosion sera placé au-dessus d'une couche de matériau de transition.

Les détails du déversoir de sortie de la fosse Expo sont inclus à la figure 9.

G.1.3 Dimensionnement du canal d'écoulement

Le canal d'écoulement s'écoulera par gravité autour du côté est de la cellule de résidus 1 jusqu'à l'affluent de la rivière Puvirnituq. Deux segments de canal d'écoulement ont été considérés :

- canal d'écoulement sud : le canal d'écoulement s'étend du déversoir de sortie au coin sud-est de la cellule de résidus 1; le canal mesure environ 350 m de longueur avec une pente approximative de 2,1 %;
- canal d'écoulement nord : le canal d'écoulement s'étend du coin sud-est de la cellule de résidus 1 jusqu'au canal du déversoir du bassin de collecte inférieur; le canal mesure environ 1 100 m de longueur avec une pente approximative de 1,1 %.

L'équation de Manning pour les canaux ouverts a été utilisée pour dimensionner le canal d'écoulement. L'enrochement a été dimensionné en utilisant la méthodologie du service de la conservation du sol des États-Unis (SCS) (USACE 1991). Les résultats de ces essais de laboratoire sont inclus au tableau G-1.

Tableau G-1 : Résultats du dimensionnement du canal d'écoulement

Canal d' écoulement	Longueur (m)	Largeur de la base (m)	Pente latérale	Pente moyenne du canal	Débit de pointe (m^3/s)	Profondeurdécoulement [1] (m)	Revanche (m)	Profondeur minimum du canal [2]	Vitesse d' écoulement(m/s)	D_{50} minimum requis(mm)
Sud	350	3,0	2H : 1V	2,1 %	1,46	0,23	0,3	0,6	1,8	150
Nord	1 100	3,0	2H : 1V	1,1 %	1,46	0,28	0,4	0,7	1,5	100

RÉFÉRENCE

USACE, (1991). Hydraulic Design of Flood Control Channels. United States Army Corps of Engineers, EM 1119-2-1601.

golder.com

ANNEXE 5

Procédure de surveillance des installations minières, et de gestion des résidus, des stériles et des eaux (CRI), 2020

(En pièce-jointe)

ANNEXE 6

Programme de suivi environnemental version 4 – Suivis 27 (WSP), juin 2015

(En pièce-jointe)

27. PARC À RÉSIDUS ET À STÉRILES

27.1 Objectif

Le suivi du comportement des résidus et des stériles dans le parc à Expo vise à évaluer leur comportement au cours de leur accumulation dans une cellule du parc. Il vise à confirmer si la génération d'acide s'installe ou non à l'intérieur des délais mesurés lors des essais en laboratoire et, advenant une réactivité plus rapide que prévu, à réagir en modifiant la stratégie d'accumulation des résidus et de la roche stérile dans le parc (p. ex. recouvrement plus hâtif d'une cellule).

27.2 Zone d'étude

La zone d'étude comprend le parc à résidus et à stériles situé à Expo (carte 27.1).

27.3 Méthode

Les roches stériles de la mine Expo ainsi que les résidus produits lors du traitement du minerai de toutes les mines satellites seront entreposés dans le parc à résidus et à stériles d'Expo, lequel est construit en cellules et par étapes. Le projet prévoit un empilement de roches stériles, deux cellules contenant des résidus épaissis, retenus par des bermes de roches stériles de la mine Expo, et un bassin de collecte des eaux. La construction par cellule et par étapes permet une fermeture progressive du parc à mesure que les cellules sont remplies. La crête et les pentes des digues de confinement des résidus sont recouvertes d'une géomembrane pour limiter l'infiltration d'air et d'eau. À sa fermeture, le parc sera recouvert d'une géomembrane qui empêchera l'infiltration d'eau et la circulation d'oxygène dans les résidus pour prévenir le développement de drainage minier acide.

Les digues du parc sont construites avec des matériaux qui ne sont pas susceptibles de se liquéfier. Elles sont érigées sur le socle rocheux ou sur du mort-terrain granulaire qui n'est pas susceptible de se liquéfier. Les facteurs de sécurité des digues face à la rupture sont élevés. Il existe un faible potentiel de tassement des fondations et la géomembrane choisie est en mesure de résister à des faibles tassements sans déchirure. Le tassement au pied des digues qui pourrait être occasionné par le transfert de chaleur des résidus chauds vers le pergélisol est étudié par l'installation de thermistances, des bornes de tassement et des piézomètres dans la digue et dans le roc sous les résidus. Ces instruments sont lus de façon périodique par le personnel de CRI.

Dans le but d'entreposer les résidus et les roches stériles de manière à générer le moins d'impacts possible, le suivi est axé sur la ségrégation en fonction de la taille des particules, de l'assèchement et de la vulnérabilité face à l'érosion éolienne et sur le comportement des résidus à la suite de la mise en place des stériles en couches de superposition en considérant les phénomènes de gel/dégel, de courants préférentiels et de formation de lentilles de glace.

Pour satisfaire les objectifs, le suivi du parc à résidus et à stériles d'Expo comprend quatre activités distinctes, soit :

- l'inspection visuelle et la stabilité physique des ouvrages;
- l'évaluation du comportement des résidus et des stériles lors de leur dépôt dans le parc;
- le potentiel de génération d'acide;
- l'inspection visuelle.

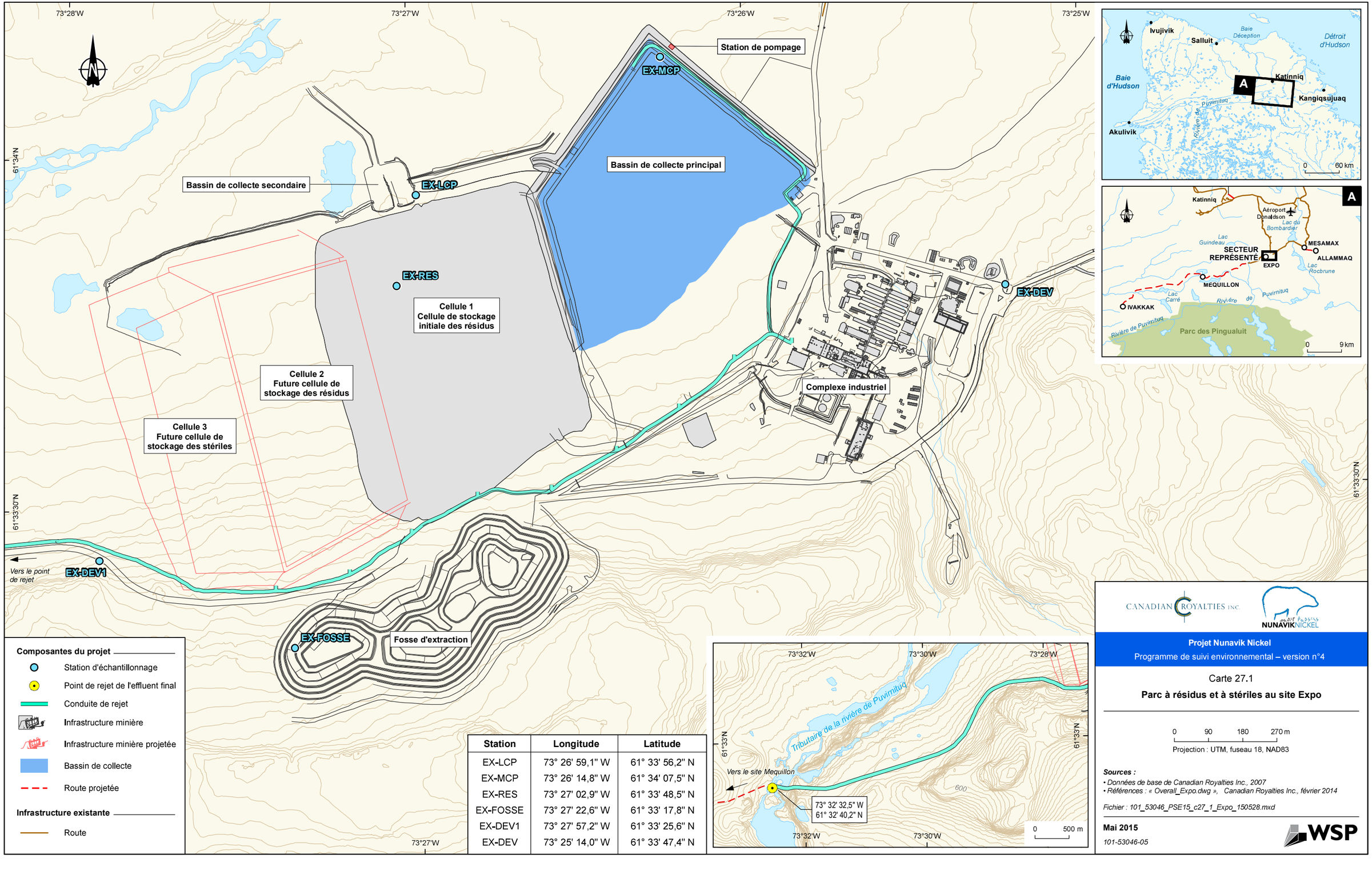
27.3.1 Inspection visuelle et stabilité physique des ouvrages

L'inspection visuelle et la stabilité physique des ouvrages visent à satisfaire l'une des exigences de la Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2012).

Une inspection visuelle des ouvrages est effectuée deux fois par année, soit lors de la période de fonte des neiges et avant la première neige. Cette inspection se fait en marchant les fossés, les déversoirs, le pied aval puis la crête des digues. Toute irrégularité est notée lors de ces inspections, dont notamment la présence d'érosion, le blocage d'écoulement par des débris, les zones de déformation et les affaissements localisés. L'inspection visuelle est réalisée par l'ingénieur de CRI responsable du parc à résidus et à stériles. Au besoin, des photographies référencées sont prises pour suivre l'évolution d'un point d'observation donné. Le responsable du parc à résidus et à stériles doit, le cas échéant, prendre action pour corriger les situations qui le justifient, comme une dégradation découlant de l'érosion.

L'évaluation de la stabilité physique des ouvrages permet d'évaluer le régime thermique du site et l'ampleur du mouvement des digues qui pourrait découler du dégel partiel de la fondation. Pour ce faire, il est proposé de mettre en place des thermistances pour le suivi de la température et des bornes de tassement pour le suivi du mouvement des digues. Il est également prévu d'installer des puits d'observation au voisinage des fossés de drainage pour suivre la qualité de l'eau souterraine dans la couche active du sol. Les thermistances sont notamment installées dans les sols de fondations sous les digues et dans les résidus déposés. Elles sont lues à fréquence régulière par le personnel de CRI. Elles permettent de s'assurer que la température demeure sous le point de congélation à la base des ouvrages, ce qui permet d'assurer l'intégrité et l'étanchéité de ceux-ci.

Les bornes de tassement sont installées en crête des digues. Elles sont relevées par arpentage et leur élévation est rattachée à un repère fixe, ce qui permet d'en suivre l'évolution dans le temps. Comme les digues sont progressivement rehaussées dans le temps par mode de construction aval, de nouvelles bornes doivent être mises en place lors de chaque étape de rehaussement. De préférence, les bornes sont positionnées à l'extérieur des voies de circulation, idéalement à proximité des talus amont et à une certaine distance des coins de cellules. Les bornes sont lues périodiquement chaque année par le personnel d'arpentage de CRI et les résultats sont interprétés par le géotechnicien responsable de la conception de l'ouvrage.



Station	Longitude	Latitude
EX-LCP	73° 26' 59,1" W	61° 33' 56,2" N
EX-MCP	73° 26' 14,8" W	61° 34' 07,5" N
EX-RES	73° 27' 02,9" W	61° 33' 48,5" N
EX-FOSSE	73° 27' 22,6" W	61° 33' 17,8" N
EX-DEV1	73° 27' 57,2" W	61° 33' 25,6" N
EX-DEV	73° 25' 14,0" W	61° 33' 47,4" N

CANADIAN ROYALTIES INC.

NUNAVIK NICKEL

Projet Nunavik Nickel

Programme de suivi environnemental – version n°4

Carte 27.1

Parc à résidus et à stériles au site Expo

0 90 180 270 m

Projection : UTM, fuseau 18, NAD83

Sources :

- *Données de base de Canadian Royalties Inc., 2007*
- *Références : « Overall_Expo.dwg », Canadian Royalties Inc., février 2014*

Fichier : 101_53046_PSE15_c27_1_Expo_150528.mxd

Mai 2015

101-53046-05

WSP

Des puits d'observation sont aménagés dans la couche active du pergélisol, en amont hydraulique du site et en aval des fossés externes de drainage. Ceux-ci ne sont toutefois pas utilisables puisqu'ils sont gelés en permanence.

27.3.2 Évaluation du comportement des résidus lors de leur dépôt dans le parc

L'inspection visuelle et la stabilité physique des ouvrages seront couplées à l'évaluation du comportement des résidus lors de leur dépôt dans le parc, laquelle sera réalisée mensuellement et portera sur les éléments suivants :

- la mesure du niveau d'eau ou de glace à l'intérieur des diverses cellules;
- la mesure de la revanche relative à la déposition des solides;
- le relevé des canaux d'érosion à la surface des résidus (été seulement);
- la vérification de l'état de fonctionnement des pompes.

La mesure du niveau de glace et celui des résidus dans les diverses cellules se fera en plusieurs points le long de chacune des digues afin d'évaluer l'ensemble de la déposition à un moment donné et la capacité de stockage résiduelle d'une cellule. Pour ce faire, un système de repères sera établi afin de conserver la position de ces points d'observation. La pertinence de ces mesures deviendra plus grande lorsque le projet atteindra la pleine capacité d'une cellule donnée, tel qu'en 2016 dans le cas de la cellule 2 et en 2021 pour la cellule 3. Une augmentation de la fréquence d'observation pourrait être requise lors de ces périodes critiques. Les données accumulées lors du dégel permettront, entre autres, d'évaluer les gains d'espace résultant de la fonte des lentilles de glace au sein des résidus. L'ensemble de ces données sera utilisé en temps réel par l'ingénieur de CRI responsable du parc à résidus et à stériles afin de moduler la déposition des résidus dans le parc.

27.3.3 Potentiel de génération d'acide

Pour vérifier *in situ* la progression réelle du risque de drainage minier acide (DMA), CRI propose d'effectuer un suivi de la qualité de l'eau de ruissellement entre la fosse et le bassin de collecte à Expo. Ce suivi sera réalisé pendant la construction et l'exploitation, de manière à pouvoir mettre en place les mesures requises en cas de développement de DMA.

Pour ce faire, des échantillons d'eau de ruissellement seront prélevés à six endroits distincts, soit :

- au point de collecte des eaux dans la fosse;
- dans le fossé de drainage de la halde en amont du bassin de collecte (du drainage du parc);

- dans le bassin de collecte principal, à proximité du point de décharge;
- dans le bassin de collecte secondaire;
- à deux endroits dans le fossé de déviation d'eau non contaminée.

Selon l'endroit, les paramètres d'analyse et la fréquence peuvent varier (tableau 27.1). Les paramètres de la liste A s'appliquent à l'eau de déviation et tiennent compte des paramètres d'intérêt environnementaux typiquement issus du remaniement de matériel géologique propre.

Tableau 27.1 Paramètres et fréquence du suivi de la qualité de l'eau à Expo.

Site d'échantillonnage	Nombre de stations par site	Paramètre de suivi[1]	Fréquence (lorsque présent)
Fosse	1	Liste B	Hebdomadaire
Bassin de collecte inférieur	1	Liste B	Hebdomadaire
Bassin de collecte principal	1	Liste C	Quotidien – période de rejet Hebdomadaire – période sans rejet
Cellule de résidus	1	Liste C	Mensuel
Fossés de déviation	2	Liste A	Hebdomadaire

1. Paramètres de suivi :
   Liste A : pH, conductivité, matières en suspension, turbidité.
   Liste B : pH, conductivité, matières en suspension, turbidité, alcalinité, azote ammoniacal, aluminium, arsenic, chlorure, chrome, cobalt, cuivre, fer, nickel, nitrate, plomb, sulfate, zinc.
   Liste C : pH, conductivité, matières en suspension, turbidité, alcalinité, azote ammoniacal, aluminium, arsenic, chlorure, chrome, cobalt, cuivre, fer, nickel, nitrate, plomb, sulfate, zinc, hydrocarbures, thiosels.

Les paramètres de la liste B s'appliquent à l'eau de ruissellement en contact avec les stériles, le minerai et la fosse, et tiennent compte des paramètres d'intérêt environnementaux définis lors de l'étude géochimique sur le stérile et le minerai (Golder Associés Ltée, 2009; 2010) ainsi que des paramètres indicateurs de DMA.

Les paramètres de la liste C s'appliquent à l'eau de ruissellement qui est en contact avec le minerai et les résidus. Ils tiennent compte des paramètres stipulés dans la liste B et des exigences au point de rejet des effluents stipulés dans la Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2012) qui devront être satisfaits au point de rejet des eaux du bassin de collecte.

À la fin de la vie utile du PNNi, la qualité de l'eau de la fosse ennoyée fera l'objet d'un suivi mensuel pour un minimum de deux ans suivant la fermeture. Si une bonne qualité d'eau est observée pendant cette période (sans nécessité de traitement), le suivi de la qualité de l'eau sera effectué annuellement pour le reste de la période post fermeture, d'une durée de dix ans.

Par ailleurs, il est proposé de vérifier l'évolution du DMA directement dans le parc à résidus et à stériles par un suivi de la qualité de l'eau. Une inspection mensuelle de l'aspect visuel des résidus, en mettant une emphase sur la présence de taches d'oxydation et de sels minéraux sur la surface des résidus est aussi prévu.

Dans le cas où le suivi de la qualité de l'eau de ruissellement suggère une dégradation, telle qu'une augmentation soutenue des concentrations de sulfate et des métaux avec ou sans acidification, ou des concentrations de paramètres chimiques dans l'eau des bassins de collecte qui dépassent les critères d'effluent minier (Directive 019), l'eau du bassin de collecte sera traitée et les concentrations atténuées avant le rejet dans l'environnement. De plus, de la chaux pourra être ajoutée sur la roche ou dans l'eau du fossé collecteur pour tamponner le pH.

27.3.4 Inspection annuelle et rapport

Une inspection annuelle du parc à résidus et à stériles sera effectuée à la fin de chaque été par un ingénieur géotechnique. Préalablement à cette inspection, les données relatives à l'inspection visuelle et à la stabilité physique des ouvrages, à l'évaluation du dépôt des résidus ainsi que du potentiel de génération d'acide des stériles et des résidus devront être recueillies pour l'année en cours par le personnel de CRI et transmises à l'ingénieur en géotechnique qui en fera la revue.

L'ingénieur produira un rapport qui résumera le suivi des données de terrain et des observations notées lors de sa visite du site. Il pourra, au besoin, recommander certaines mesures correctives concernant la gestion du parc à résidus et à stériles.

Le rapport produit par Golder Associés Ltée à l'automne 2014 formule les recommandations suivantes qui seront appliquées en 2015 :

- Minimiser les quantités d'eau accumulées dans le bassin de collecte principal et la cellule 1 en optimisant le procédé de traitement des eaux minières.
- Augmenter les bermes au coin nord-est du bassin de collecte secondaire afin de prévenir l'entrée d'eau propre provenant de la toundra. L'entrée d'eau propre augmente le volume d'eau à traiter.
- Améliorer l'ensemble du réseau de fossés de déviation des eaux de contact afin de diminuer le volume d'eau propre à traiter.
- Niveler la halde à minerai afin de drainer les parties nord et est, afin de canaliser les eaux en contact de cette zone afin de les envoyer vers le bassin de collecte principal. Également, modifier la configuration de la halde à minerai pour la placer à l'intérieur du réseau de drainage, au nord de la route d'accès ou encore recouvrir complètement le minerai afin de minimiser les eaux de contact.
- Minimiser l'accumulation d'eau dans la fosse afin de réduire le relargage des métaux.

- Continuer à surveiller l'instrumentation selon un calendrier régulier;
- Déterminer les effets de la collecte d'un plus grand volume d'eau sur les capacités du bassin, les taux de pompage et le traitement de l'eau;
- Examiner les plans de gestion de l'eau du site et déterminer comment transférer toute l'eau au bassin de collecte principal sans accumulation;
- Nettoyer les débris du ponceau sous la principale route d'accès au nord de l'usine de traitement;
- Remplacer et calibrer certains thermistors;
- Finaliser la construction du fossé de déviation au nord de la cellule 2 pour permettre la circulation de l'eau de ruissellement au bassin de collecte secondaire;
- Réparer l'enrochement en amont du MCP où se situe le tuyau de vidange du bassin de collecte secondaire.

27.4 Calendrier

Le suivi du parc à résidus et à stériles d'Expo a été entrepris en 2012 et se poursuivra annuellement jusqu'à une dizaine d'années suivant sa restauration complète.

27.5 Sources de l'engagement

Certificat d'autorisation global du MDDELCC

Condition 1 (modification du 6 juin 2011) : Le promoteur devra présenter à l'Administrateur, six mois avant l'extraction des stériles de la première fosse exploitée, un programme d'échantillonnage représentatif des stériles conçu pour vérifier *in situ* la progression réelle du risque de drainage minier acide. Le programme devra inclure une description des mesures temporaires et permanentes de contrôle et d'atténuation qui seraient apportées si la génération d'acide s'avérait supérieure à ce qui a été prévu, dont des mesures supplémentaires de protection qui pourraient être appliquées aux haldes à stériles ainsi qu'aux cellules et aux digues du parc à résidus en attendant le recouvrement final.

Condition 2 (modification du 6 juin 2011) : Le promoteur devra déposer à l'Administrateur pour approbation, six mois avant l'aménagement du parc à résidus, un programme de suivi du comportement des résidus lors de leur déposition dans le parc. Ce programme sera axé sur la ségrégation en fonction de la taille des particules, l'assèchement et la vulnérabilité face à l'érosion éolienne et le

comportement des résidus suite à la mise en place des stériles en couches de superposition. Il considérera aussi les phénomènes de gel/dégel, de courants préférentiels et de formation de lentilles de glace pouvant interférer dans leur comportement. Le promoteur tiendra compte des résultats de ce programme de suivi dans la poursuite de ses activités de dépôt des résidus.

Condition 4.5 : Avant d'utiliser la fosse Expo pour la gestion des résidus, le promoteur devra présenter à l'Administrateur, pour approbation, les modalités d'encadrement de cette utilisation, ainsi que le suivi de l'évolution du niveau d'eau dans la fosse permettant de s'assurer que l'ennoiement des résidus miniers sera une mesure efficace à court et à long terme pour contrer le drainage minier acide.

Directive 019 sur l'industrie minière du MDDELCC

La Directive 019 sur l'industrie minière du MDDELCC stipule qu'un « exploitant minier doit effectuer, au moins une fois par saison, des visites de surveillance périodiques de la stabilité physique des ouvrages de confinement et des structures attenantes. Ces visites doivent également être effectuées à la suite d'événements climatiques exceptionnels. L'exploitant doit tenir à jour, et rendre accessible en tout temps, un registre faisant état de ces visites ».

Dernière mise à jour : 23 juin 2015

ANNEXE 7

Réunion du comité NNC (IBA), 11 décembre 2020

(En pièce-jointe)

ELECTRONIC COMMUNICATION ONLY

NUNAVIK NICKEL AGREEMENT
ANNUAL SIGNATORIES'S MEETING
December 11th 2020
9:30h -12:30h

Greetings to you,

Please find below the proposed meeting agenda for the coming Nunavik Nickel Signatory meeting, scheduled **December 11th 2020 from 9:30h to 12:30h.**

PROPOSED AGENDA:

1- Update on the Covid-19 situation at Nunavik Nickel mine;

2- Operations status:

- **a) Environmental performance**
- **b) Operations**
- **c) Nunavik Nickel mine mining development / Long-term Vision Plan (2028)**
- **d) Profit sharing and Procurement**

3- New Development Annex 7.1 – Puimajuq/Allamaq sites;

4- Human Resources / Inuit Employment & training

5- Nunavik Nickel Agreement section 12.3

6- Mine closure plan review & financial guarantees update;

7- Varia

Participants are invited to join the meeting with Webex, by computer or by telephone.
All relevant supporting documents will be shared prior to the meeting.

When it's time, join your Webex meeting here.

Meeting number (access code): **179 429 2519**

Meeting password: **fKvE7rQpG46**

Join meeting

Tap to join from a mobile device (attendees only)
+1-415-655-0001,,1794292519## Nunavik Toll
+1-438-797-4001,,1794292519## Canada Toll (Montreal)

Join by phone
+1-415-655-0001 Nunavik Toll
+1-438-797-4001 Canada Toll (Montreal)
Global call-in numbers

Join from a video system or application
Dial 1794292519@makivik.webex.com
You can also dial 173.243.2.68 and enter your meeting number.

Join using Microsoft Lync or Microsoft Skype for Business

Dial 1794292519.makivik@lync.webex.com

CANADIAN ROYALTIES INC.

NUNAVIKNICKEL

Nunavik Nickel Committee
Signatory Meeting
December 11, 2020

Agenda

1. Update on the Covid-19 situation at Nunavik Nickel mine
2. Operations status:
    a) Environmental performance
    b) Operations
    c) Nunavik Nickel mine mining development / Long-term Vision Plan 2028)
    d) Profit sharing and Procurement
3. New Development Annex 7.1 – Puimajuq/Allamaq sites
4. Human Resources / Inuit Employment & training
5. Nunavik Nickel Agreement section 12.3
6. Mine closure plan review & financial guarantees update
7. Varia

Covid-19

History of events

- March 16, Montreal office shutdown and workers put in telework
- March 22, cancellation of inuit charter as Nunavik northern communities are put in lockdown
- March 23, official lockdown of Quebec businesses (PM). All mines to be put on C&M
- March 27, completed the demobilisation of all non essential personnel not needed for C&M
- March 28, official temporary layoff date
- April 2, Restarted finalization of Expo pit following special autorisation from gvt authorities
- April 13, received autorisation to restart full operations (southern employees only because of lockdown)
- Early May, all southern employees were back to work
- July 13, started testing employees at airports
- September 29, Inuit employees started returning to work
- December 11, all inuit employees are back to work

List of measures on Site

- Introduced pre-boarding investigation (48 hours) by site nurses and a triage questionair at airports
- New plane restrictions: mandatory hand washing when boarding; reduced passengers configuration (71/112, 47/76, 37/60) until July; masks are mandatory from boarding to camp arrival; no food service on board; mandatory to wear long sleeves; assigned seats
- Imposed administrative quarantine to employees who have travelled outside Canada or who have Covid symptoms
- Organized on site testing with Glencore Raglan
- Increased Outland personnel needed (cafeteria personalised service, lunch room service, meals schedule, desinfection of public areas,…)
- Increased nurses (1) needed on site to help manage crisis
- Cafeteria reorganisation and configuration (food & drinks distribution, entrance surveillance with temperature monitoring, mandatory hand washing, social distanciation,…)
- Developped the on site Covid-19 contingency plan (isolation, equipment procurement, medevac organization, protocal definition,…)
- Closure of public areas (Salon CRI, cafeteria (outside meal hours), inuit kitchen, meeting rooms, corner store, gym …)
- Stopped all social activities on site
- Mandatory hand washing everywhere on site
- Cancelled all training given on site, as well as conferences and conventions
- Maximum grouping for work related purpose of 5 people/30 min.
- Cancelled all production none essential visits on site
- Deception Bay camp closed to all outsiders

List of measures

- Working procedures in departments were revisited in orther to satisfy Covid hygiene measures
- Heavy equipment clean up procedures imposed when changing shift; manual tools clean up enforced between users
- Mandatory faceshield and mask to be worn if distanciation measures can’t be respected
- Plastic curtains protections installed in pickups to separate passengers
- July 13, started testing all passengers at airport. Testing facilities moved to Quality Hotel.
  - New testing supplier starting Dec 9, from Mtl and VO. Test results received on plane arrival in Donaldson.
- July 27, introduction of mandatory mask everywhere on site
- Early August, developped food coupon for our inuit employees (100$/week for 6 weeks)
- Inuit employees started to receive regular pay on September 1, eventhough return to work started September 29
- Organized return to work process for inuit workers:
  - Pre-boarding investigation (48 hours) by site nurses and a triage questionair at airports
  - Mask wearing mandatory in plane
  - Tested on site when arriving and tested 2 days before departing

Results

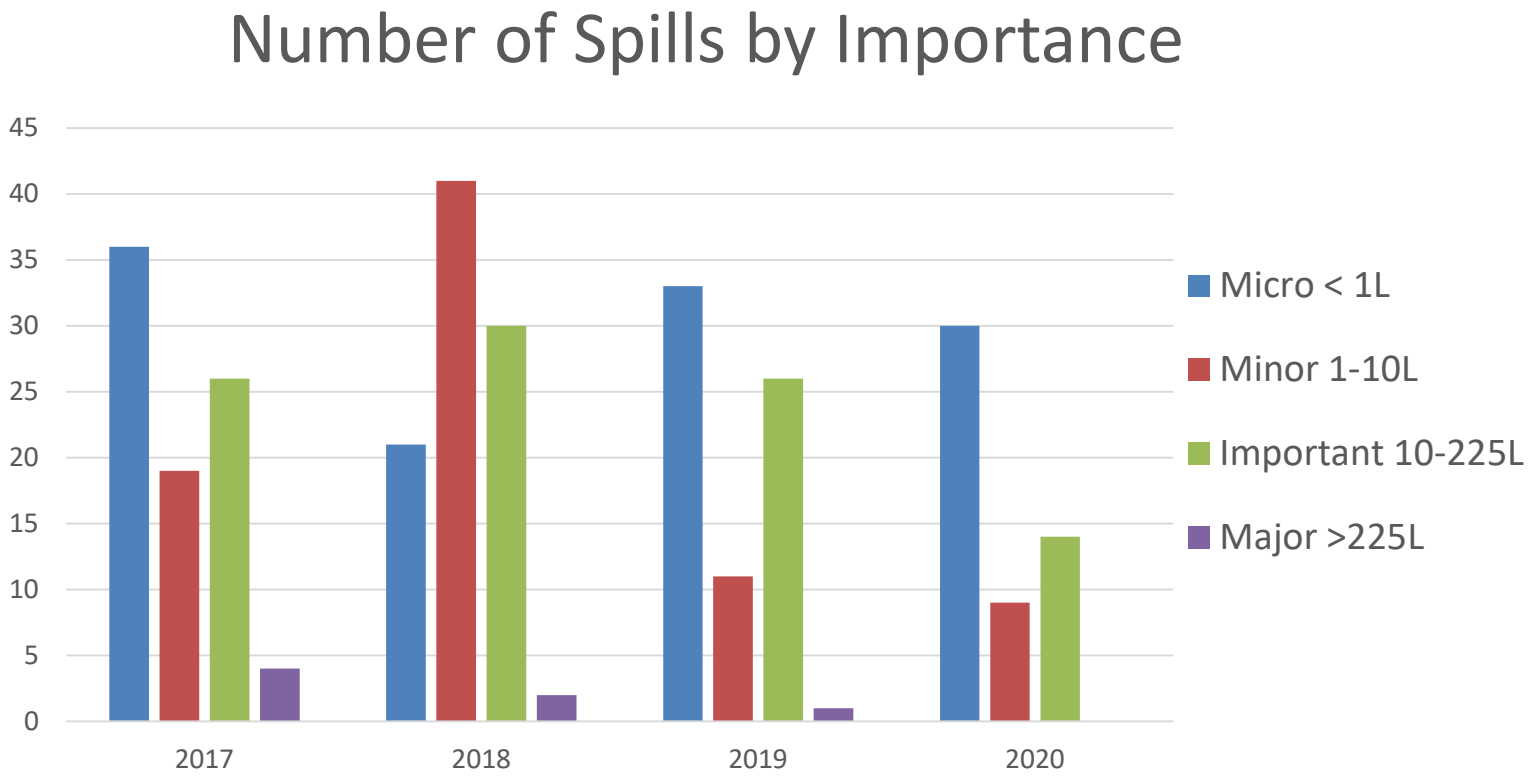
YTD, we have had 4 cases of southern employees who tested positive were Medevac down south immediately when found positive

Environment

Environment – Spill Statistics

Spills Statistics 2017-2020				
	2017	**2018**	**2019**	**2020**
Micro Spills (0-1 Liter)	28	21	33	30
Minor Spills (From 1 to 10 Liter)	8	16	11	9
Important Spills From 10 to 225 Liters)	18	20	26	14
Major Spills (More than 225 Liters)	6	1	1	0
Total	60	58	71	53
Mandatory reportable spills to authorities (›1 Liter or in water)	32	37	38	23

Spills by importance



*Data of 2020 include January to December 1st

Environment monitoring report and inspections

Monitoring Report (Annual 2019 report)

- Was transmitted in April 2020 – Distribution list updated annually
- Inuktitut version (translated from the English version by Sally Quppia Mark – CRI Environment technical assistant)

Authorities inspection

- MELCC inspectors from August 3 to 6, 2020 – No non-compliance, we received congratulations for our housekeeping and for the progressive rehabilitation performed (Berbegamo camp and scrap metal recycling to southern facilities)
- Due to the Covid-19 situation, the KRG representative, Aglae Boucher-Telmosse – Environmental specialist, could not attend the inspection
- Members of the NNC will be invited for the 2021 Environmental inspection – Date will be submitted as soon as available to the NNC members

Inuit Stakeholders Environmental communication

On January 22th 2020, two representatives of CRI Environmental department traveled to Puvirnituq to meet the mayor and the councilors.

- Discussions about environmental monitoring, rehabilitation following spills, and measures applied by CRI to limit its impacts and protect the environment.

- Presentation in English and Inuktitut
- We added environnemental monitoring to adress Puv's concerns about water quality of the Puvirnituq river
- Visits were planned for Kangisujuaq and Salluit as well, but were postponed due to the Covid19 situation

Environmental monitoring and characterization – 2020 Highlights

- Complete fish community study performed by Aecom biologists
  - Non lethal capture to measure length, weight, general health etc. up and downstream of the effluent discharge (60 fish/area)
  - Some letal capture to measure metal in fish flesh (9 fish/area)
  - All results will be presented in the 2020 environnemental monitoring reports
- Environmental Characterization of our future planned operation (Puimajuq, Ivakkak, etc.), in a perspective to:
  - Acquire better knowledge of its land, wildlife, vegetation
  - Integrate and validate appropriate mitigation measures to limit our impact
  - Submit the regional C of A's
- 21 days of field work with 4 biologists

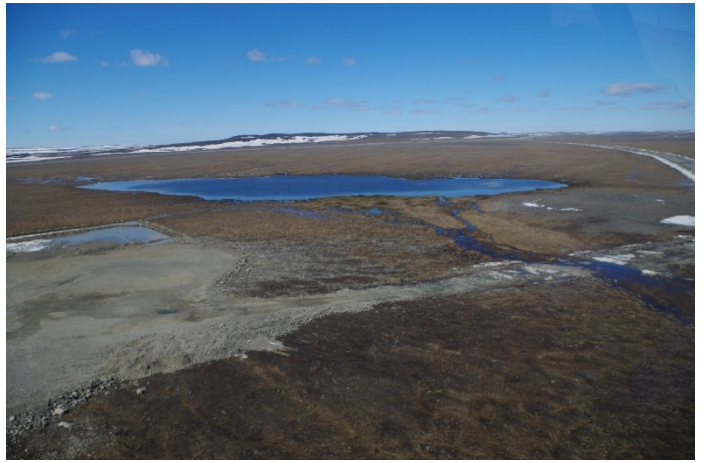
Environment – Increased monitoring and improvement

- 3 supplementary water sampling stations implemented on the Puvirnituq river.
  - metal analysis (nickel, copper, etc.), concordingly with the discharge point of the mining effluent.
  - Results are very low; around or below the possible limite of detection
  - All results will be presented in the annual environmental monitoring report (2020)
- Systematic environmental inspection of all exploration drill sites to insure the absence of waste or hydrocarbon after completion.
- Several environmental awarness toolboxes provided to drillers by the Environment department – We make sure a spill kit is available at all drill sites and that any hydrocarbons liquid is adequately and safely used and stored
- Spill statistics and handling of incident

Environment – Challenge and rehabilitation improvements

- Quick rehabilitation of the Mequillon esker (Borrow pit) after exploitation; the culvert was removed to let the waterstream flow like before. Road material removed as much as possible to facilitate vegetation regrowth
- Since 2019, water intake from lake Bombardier has decreased by 73% following the concentrator's efforts to reclaim process water

2017	2018	2019
750 747 000 L	764 628 625 L	314 533 650 L



Environment – Actual permitting status

- **Ivakkak road and exploitation :** Already included in the Global Certificate of Authorization – Regional C of A's under review by authorities

- **Puimajuq road and exploitation :** Global authorization (Art. 201 - CQEK) received. Regional authorization (Art. 22 and 32) have been submitted and under review. A new annex is required in the IBA process (Annex 7)

- **Expo Underground :** Global authorization (Art. 201 - CQEK) and Regional authorization received – (Ore not accessible by open pit - Same mining lease – No additional footprint)

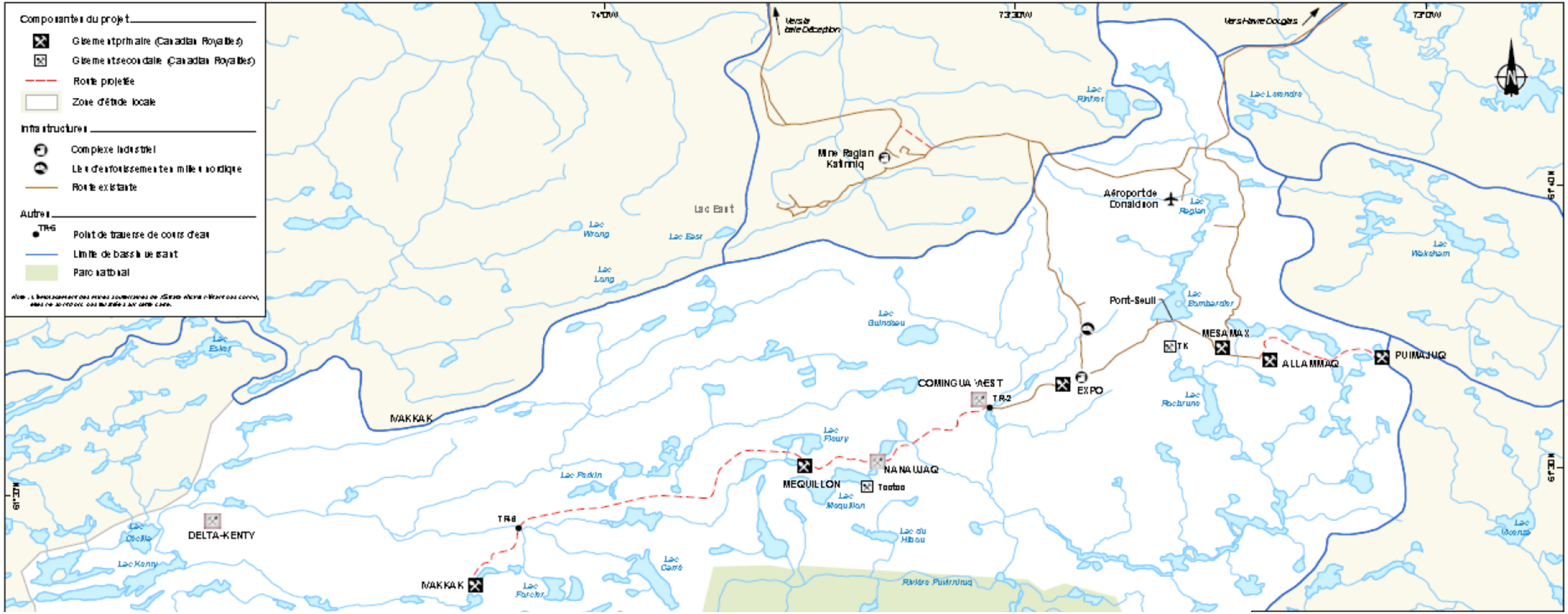
- **Tailing deposition in Expo pit :** Global authorization (Art. 201 - CQEK) will be submitted in 2021, Regional authorization submission will ensue

Environmental review and permiting process for new development/project

- **New development/project** requires a Global modification (Art 201), issued by the KEQC – (Kativik Environmental Quality Commission). It's the first mandatory step for any further required permiting (Provincial authorities - MELCC)
- **Also**, in compliance with IBA Section 3.2 and 3.3, **New development/project** requires new annex in the IBA (In the form of **Annex 7)**
- **Annex 7** consist of a Mitigation measures summary on social and environmental aspects ; Described for a **New Development**, in a **New Development Annex** and, for a **New Project**, in a **New Project Annex** (IBA Section 4.2).
- A complete and mandatory Environmental and Social Impact Study (ESIS) had to be performed and submited to the KEQC **and** the IBA members for approval - Among all topics included, foreseen environmental, social impact and mitigation measures summary are presented in the ESIS.
- Therefore, as implemented for the Puimajuq/Allamaq Annex 7.1, a sub-committee should be put in place for **New development/project** upcoming.

2021-2028 Nunavik Nickel Life Of Mine

Localisation 0f Ore bodies



Ore Moved & Processed since 2012

Deposit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Expo OP	63 443	174 291	5 033	417 868	979 483	728 180	1 215 012	1 171 708	638 229
Allammaq UG			3km Road	Portal dev	250 826	520 687	592 256	316 533	429 363
Méquillon OP								17km Road	583 146
Mesamax OP		717 046	674 767	439 802	215 251				Pushback
Puimajuq OP									8km Road
Total	**63 443**	**891 337**	**679 800**	**857 670**	**1 445 560**	**1 248 867**	**1 807 268**	**1 488 241**	**1 650 738**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mill Feed (t)		**609 096**	**839 054**	**1 254 719**	**1 389 208**	**1 500 177**	**1 626 757**	**1 642 496**	**1 647 000**
Ni %		1,53	1,55	1,13	1,05	1,14	1,10	0,87	0,73
Cu %		2,33	1,74	1,53	1,23	1,14	1,11	0,98	0,96
Co (%)		0,08	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
Pd (gr/t)		4,35	3,29	2,25	1,88	2,21	2,17	1,79	2,01
Ni eq(%)		3,69	3,23	2,41	2,11	2,26	2,19	1,79	1,69
Ni eq (mt)		22 485	27 124	30 262	29 360	33 895	35 619	29 356	27 836

NEW STRATEGIC 2021 LOM

Deposit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Expo OP												
Allammaq UG	280 000											
Méquillon OP	840 155	115 226	379 230									
Mesamax OP	31 000	240 000										
Puimajuq OP	15 000	153 400										
Expo UG	Portal dev	425 000	577 500									
Ivakkak OP	20km Road/MCP	25 000	580 000									
Méquillon UG	Portal dev	Ramp dev	105 770	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	534 230
Ivakkak UG			Ramp dev	240 000								
Mesmax UG				Ramp dev	235 200							
Nanaujaq UG				MCP/Pad	Ramp dev	75 000	400 000	600 000	350 000			
Delta OP				20km Road	Road/MCP	100 000	350 000	272 000				
Cominga West UG			Portal dev	75 000	300 000	125 000						
Expo Marginal Ore	476 345	683 874		193 189	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**1 642 500**	**1 642 500**	**1 642 500**	**1 228 189**	**1 255 200**	**1 020 000**	**1 470 000**	**1 592 000**	**1 070 000**	**720 000**	**720 000**	**534 230**
Ni %	0,61	0,68	0,85	0,73	0,88	0,98	1,36	1,24	0,79			
Cu %	0,90	0,88	1,19	0,99	0,99	1,03	1,13	1,08	0,93			
Co (%)	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04			

What is the metal value, Where are the profit margin

- To simplify, if we consider only Cu & Ni:

Feed	CRI	Concentrate
100 t		5 t
0,75%Ni	75% Ni Recovery	11%
		1 368 US$/mt
0,85%Cu	85% Cu Recovery	3 t
	Payable: 80%	23%
	Sales	1 176 US$/mt
	107 US$/t of ore feed	

Small Profit Margin

Feed	Raglan	Concentrate
100 t		19 t
2,75%Ni	75% Ni Recovery	11,00%Ni
		1 368 US$/mt
0,80%Cu	85% Cu Recovery	3 t
	Payable: 80%	23,00%Cu
	Sales	1 176 US$/mt
	291 US$/t of ore feed	

Large Profit Margin

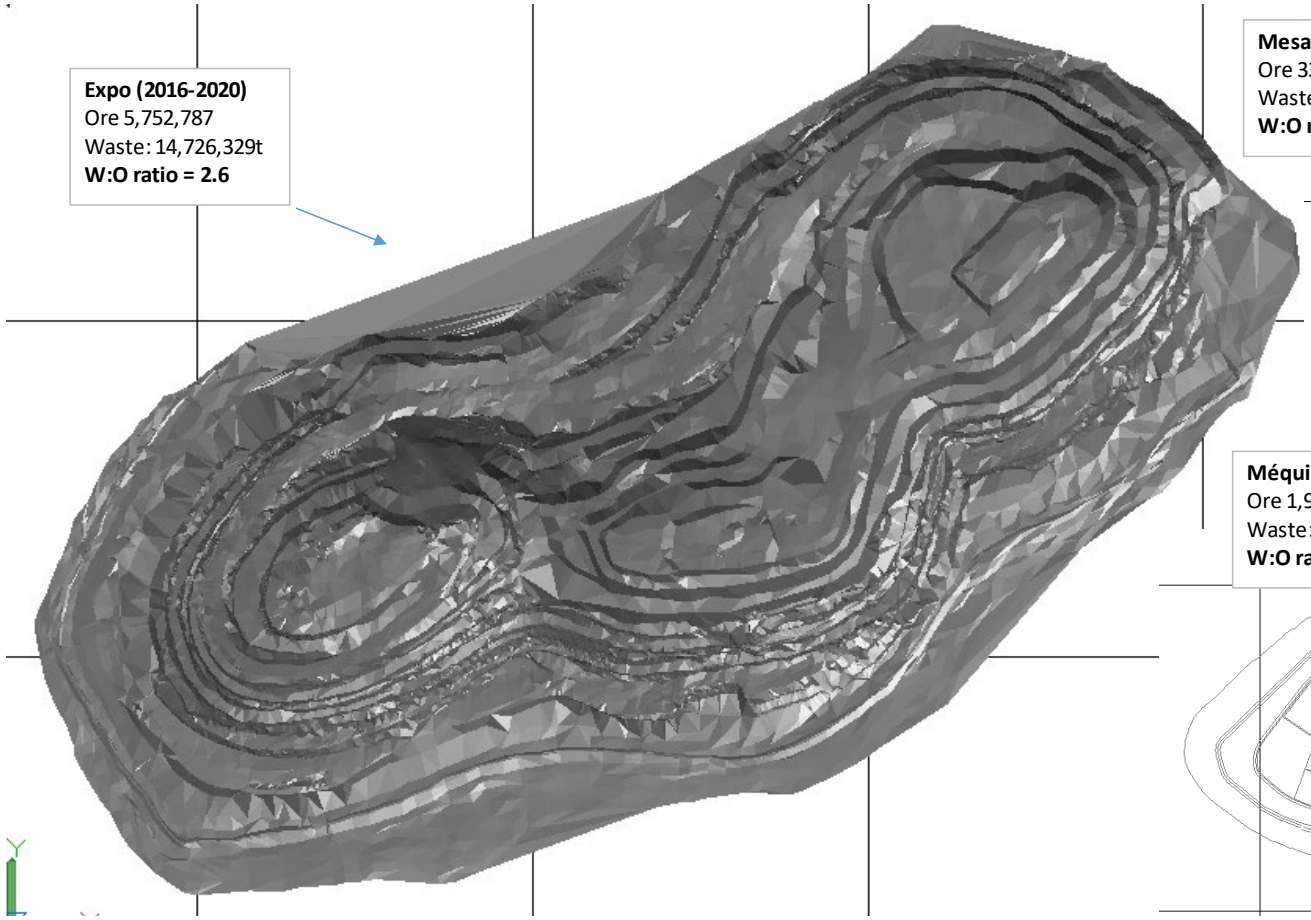
Consensus Economics Inc. Long Term Price (Nov 2020)	
7,051	US$/lb of Ni
2,900	US$/lb of Cu
0,75	CND$ per 1 US$

NEW STRATEGIC 2021 LOM – Financial Challenge

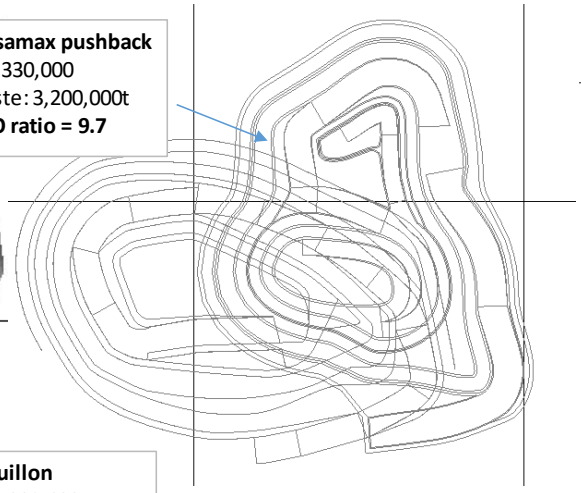
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Mill Feed (t)	**1 642 500**	**1 642 500**	**1 642 500**	**1 228 189**	**1 255 200**	**1 020 000**	**1 470 000**	**1 592 000**	**1 070 000**
Ni %	0,61	0,68	0,85	0,73	0,88	0,98	1,36	1,24	0,79
Cu %	0,90	0,88	1,19	0,99	0,99	1,03	1,13	1,08	0,93
Co (%)	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Pd (gr/t)	1,70	1,57	2,08	1,82	1,94	1,97	2,03	1,99	1,91
Ni eq(%)	1,46	1,50	1,92	1,65	1,84	1,96	2,40	2,25	1,71
Ni eq (mt)	23 959	24 602	31 536	20 298	23 038	20 020	35 313	35 815	18 248

Consensus Economics Inc. Long Term Price (Nov 2020)	
7,051	US$/lb of Ni
2,900	US$/lb of Cu
20,710	US$/lb of Co
1083,000	US$/troy oz Pd
0,75	CND$ per 1 US$

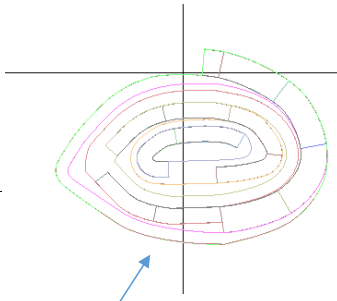
FOSSES – 2019 a 2023



Expo (2016-2020)
Ore 5,752,787
Waste: 14,726,329t
W:O ratio = 2.6



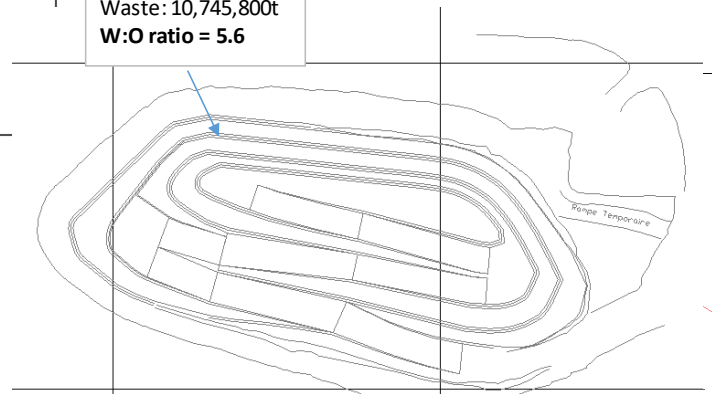
Mesamax pushback
Ore 330,000
Waste: 3,200,000t
W:O ratio = 9.7

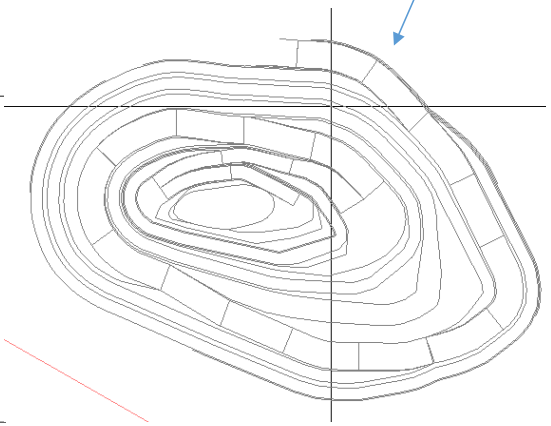


Puimajuq
Ore 168,400t
Waste: 1,720,000t
W:O ratio = 10.2

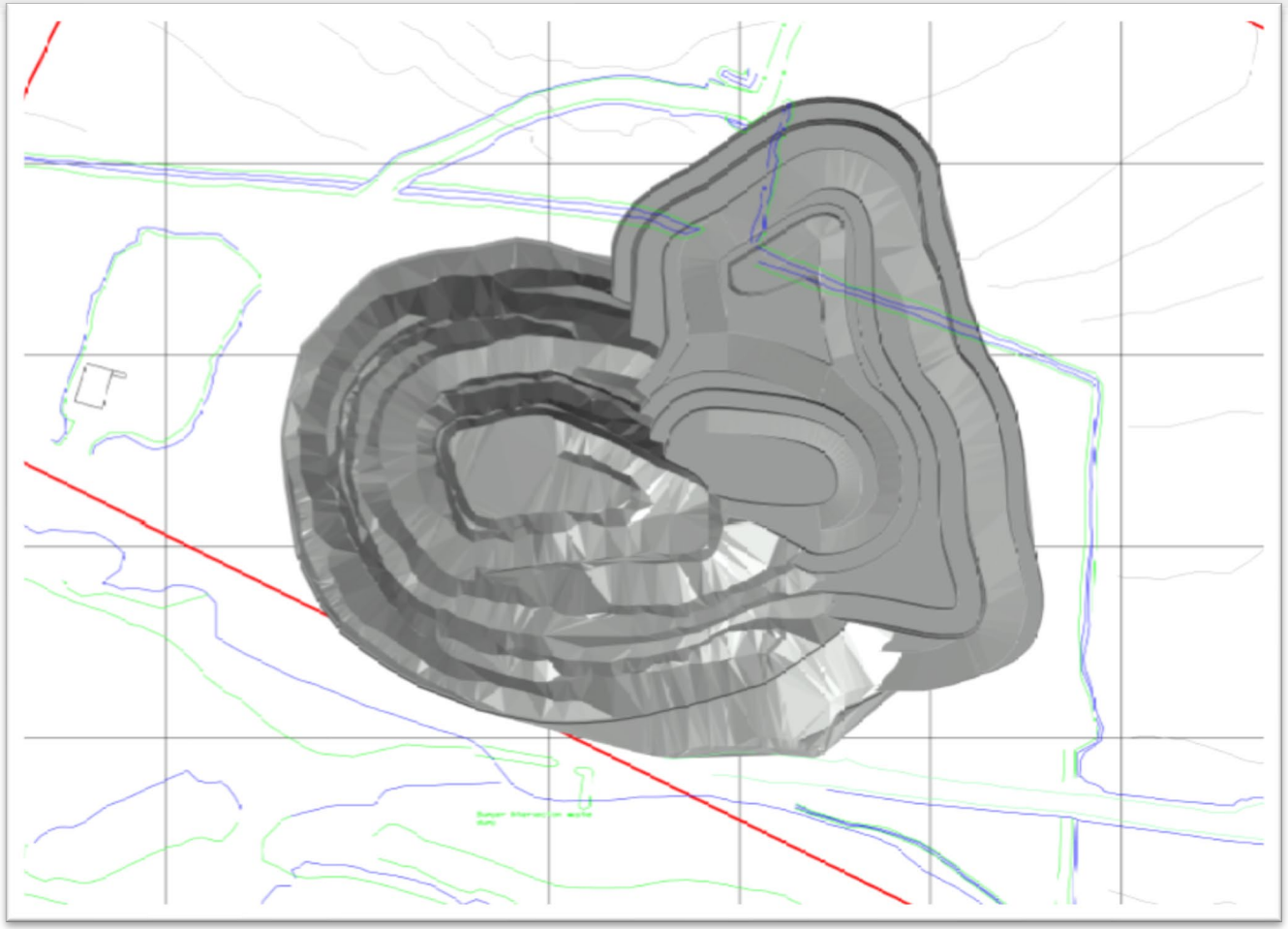
Ivakkak
Ore 738,400t
Waste: 7,600,000t
W:O ratio = 10.3

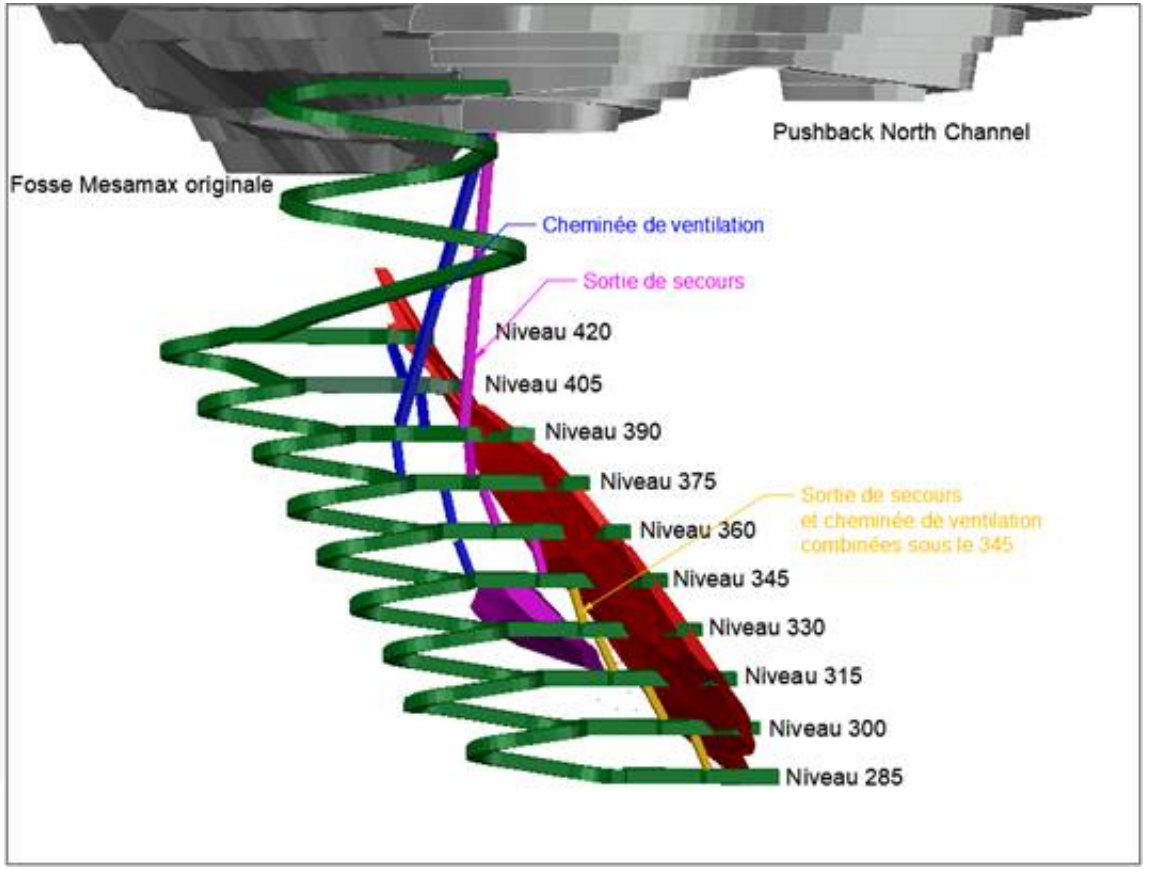
Méquillon
Ore 1,902,600
Waste: 10,745,800t
W:O ratio = 5.6





MESAMAX – PUSHBACK et UG





MESAMAX PUSHBACK - Economical Evaluation

Extraction de la fosse	Tonnage	Coût unitaire $/t	6,40 $	Coûts
Minerai	406 637			2 602 477 $
Stérile	3 544 213			22 682 963 $
Stripping ratio	8,7		**Coûts production**	**25 285 440 $**

	$Unitaire $/t	Coûts $
Expédition (SHIPPING)	[redacted]	[redacted]
Concentrateur (CONCENTRATOR)		
Services généraux (General services)		
Géologie (Géology)		
Services techniques (Technical sevices)		
RH + SS + Env + CC (HR + H&S)		
Logistique (Logistic)		
Transportation vers concentrateur		
	Autres coûts	**49 503 988 $**

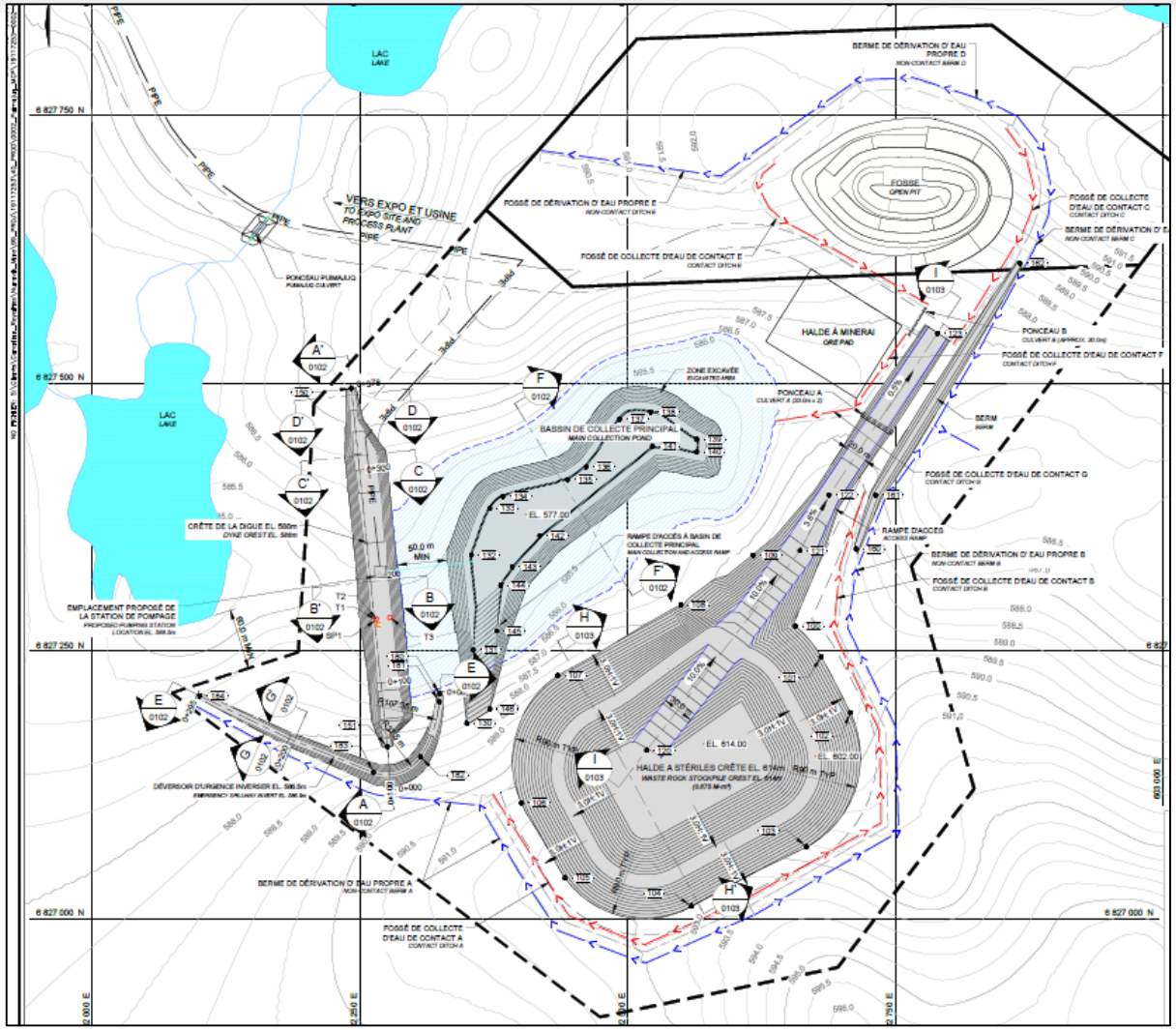
Infrastructures	Quantité	Unités / modèle	Coût unitaire $	Coûts $
Route d'accès		km de longueur	[redacted]	[redacted]
Ingénierie / Environnment	1	forfait		
Pad infrastructures		m^2 de surface		
Complexe de roulotte		m^2 de bâtiments		
Garage + concrete slab		m^2 de surface		
Génératrice (450 kW)		unités		
MCP et fossés	44	heures équipements		
UTE		unités traitant 200 m3/h		
Fuel farm		unités		
		Total Capex		**45 267 $**

	Minerai		Taux de change	
	Mesamax Est	North Channel	$US for 1$CND	
Teneur coupeur: 90$ NSR	78 281	328 356	0,75	Dilution 6% inclut

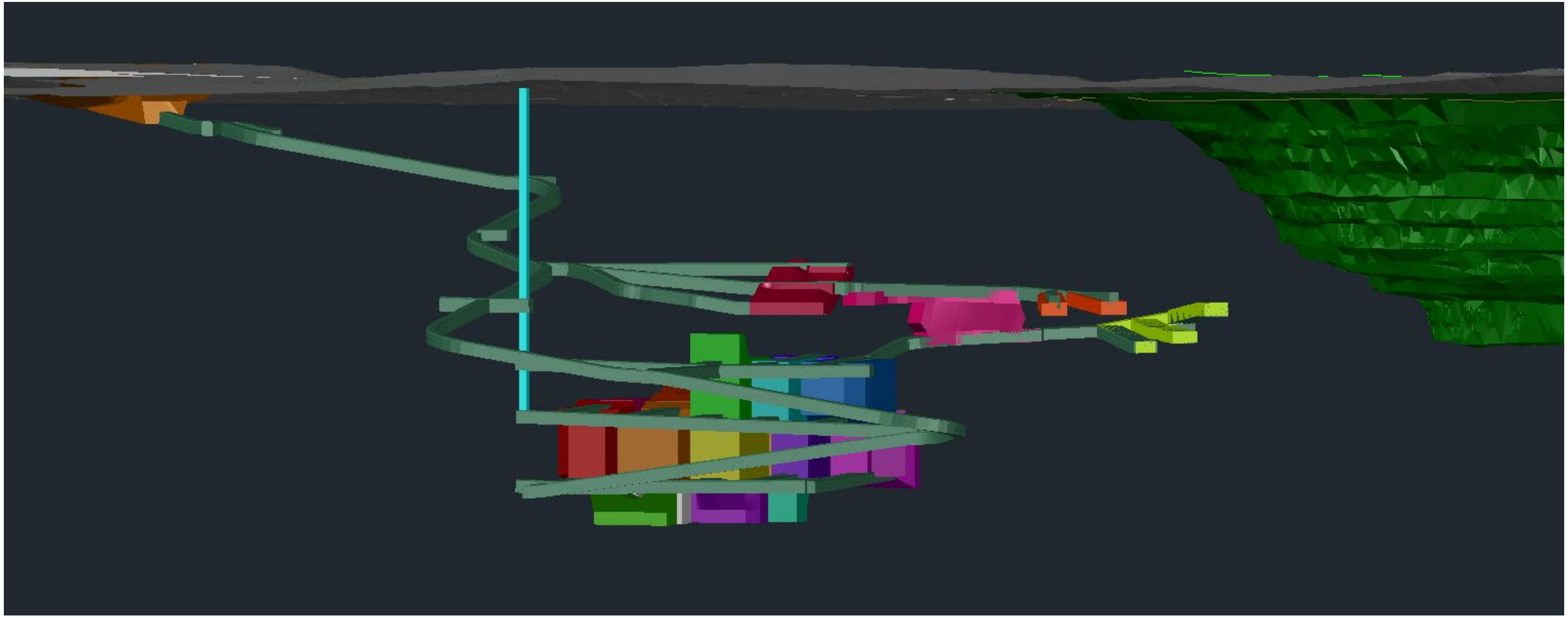
	Teneurs	Teneurs	Prix (US $) - 2019 ST		NSR usine ($)
Ni (%)	1,460	0,372	7,42 $	$/lb	NSR Mesamax Est
Cu (%)	1,476	0,574	2,70 $	$/lb	434,25 $
Co (%)	0,058	0,019	17,70 $	$/lb	
Pt (g/t)	0,585	0,499	950,00 $	$/oz	NSR North Channel
Pd (g/t)	2,581	1,866	1 484,00 $	$/oz	162,96 $
Au (g/t)	0,091	0,247	1 500,00 $	$/oz	
Ag (g/t)	0	0	18,63 $	$/oz	

Revenu total	**87 502 343 $**
Coûts d'opération	**74 789 428 $**
Coûts en capital	**45 267 $**
Coût total	**74 834 695 $**
REVENUS - DÉPENSES	**12 667 647 $**

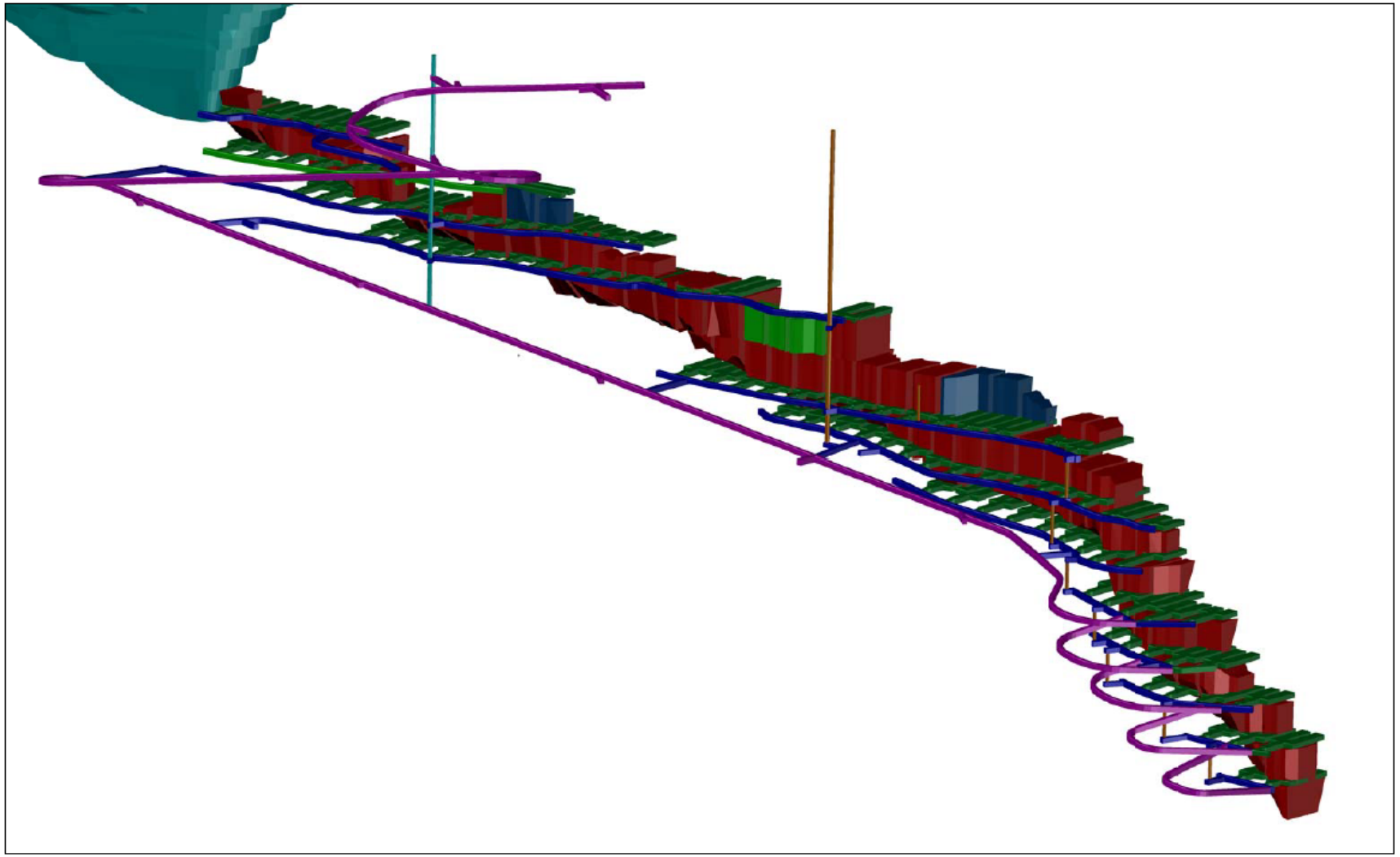
PUIMAJUQ


LAC
LAKE
PIPE
VERS EXPO ET USINE
TO EXPO SITE AND PROCESS PLANT
PONCEAU PUIMAJUQ
PUIMAJUQ CULVERT
BERME DE DÉRIVATION D' EAU PROPRE D
NON-CONTACT BERM D
FOSSÉ
OPEN PIT
FOSSÉ DE DÉRIVATION D' EAU PROPRE E
NON-CONTACT DITCH E
FOSSÉ DE COLLECTE D'EAU DE CONTACT C
CONTACT DITCH C
FOSSÉ DE COLLECTE D'EAU DE CONTACT E
CONTACT DITCH E
HALDE À MINERAI
ORE PAD
PONCEAU B
CULVERT B (APPROX. 30.0m)
FOSSÉ DE COLLECTE D'EAU DE CONTACT F
CONTACT DITCH F
ZONE EXCAVÉE
EXCAVATED AREA
PONCEAU A
CULVERT A (33.0m x 2)
BASSIN DE COLLECTE PRINCIPAL
MAIN COLLECTION POND
BERM
FOSSÉ DE COLLECTE D'EAU DE CONTACT G
CONTACT DITCH G
EL. 577.00
RAMPE D'ACCÈS À BASIN DE COLLECTE PRINCIPAL
MAIN COLLECTION AND ACCESS RAMP
RAMPE D'ACCÈS
ACCESS RAMP
CRÊTE DE LA DIGUE EL. 580m
DYKE CREST EL. 580m
50.0 m MIN.
BERME DE DÉRIVATION D' EAU PROPRE B
NON-CONTACT BERM B
FOSSÉ DE COLLECTE D'EAU DE CONTACT B
CONTACT DITCH B
EMPLACEMENT PROPOSÉ DE LA STATION DE POMPAGE
PROPOSED PUMPING STATION LOCATION EL. 586.5m
EL. 614.00
HALDE À STÉRILES CRÊTE EL. 614m
WASTE ROCK STOCKPILE CREST EL. 614m
(0.673 Mm³)
EL. 602.00
DÉVERSOIR D'URGENCE INVERSER EL. 586.5m
EMERGENCY SPILLWAY INVERT EL. 586.5m
BERME DE DÉRIVATION D' EAU PROPRE A
NON-CONTACT BERM A
FOSSÉ DE COLLECTE D'EAU DE CONTACT A
CONTACT DITCH A
6 827 750 N
6 827 500 N
6 827 250 N
6 827 000 N
602 000 E
602 250 E
602 500 E
602 750 E
603 000 E

EXPO UG OUEST



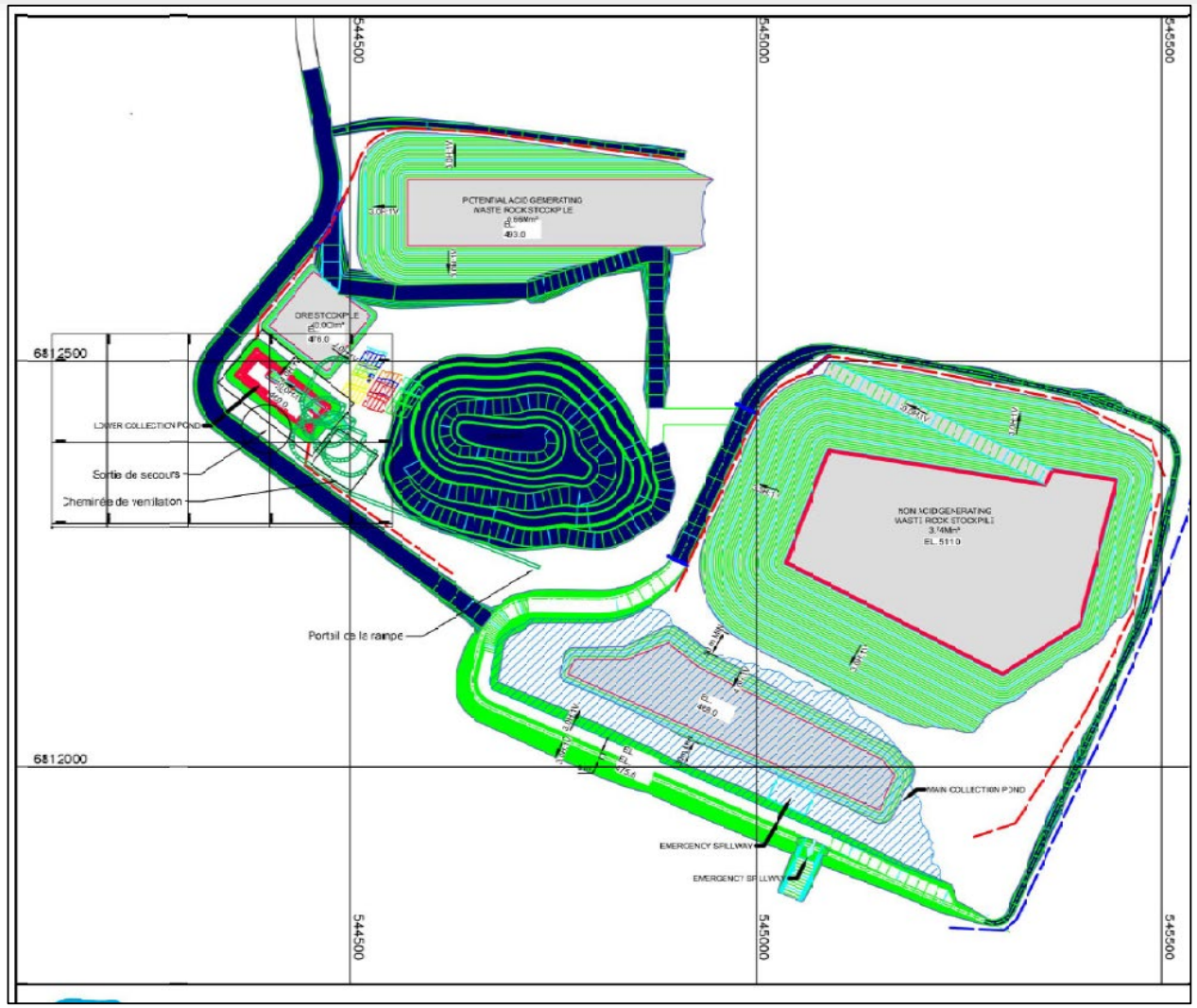
Méquillon UG

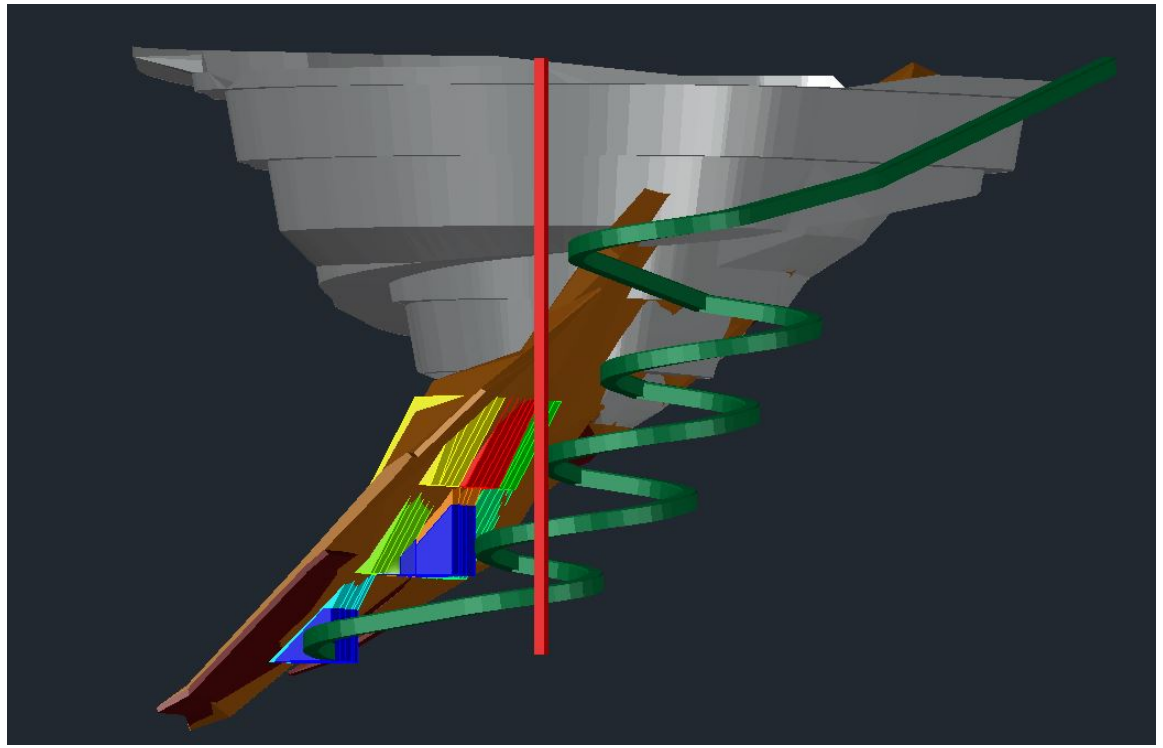


Feasibility Study is ongoing

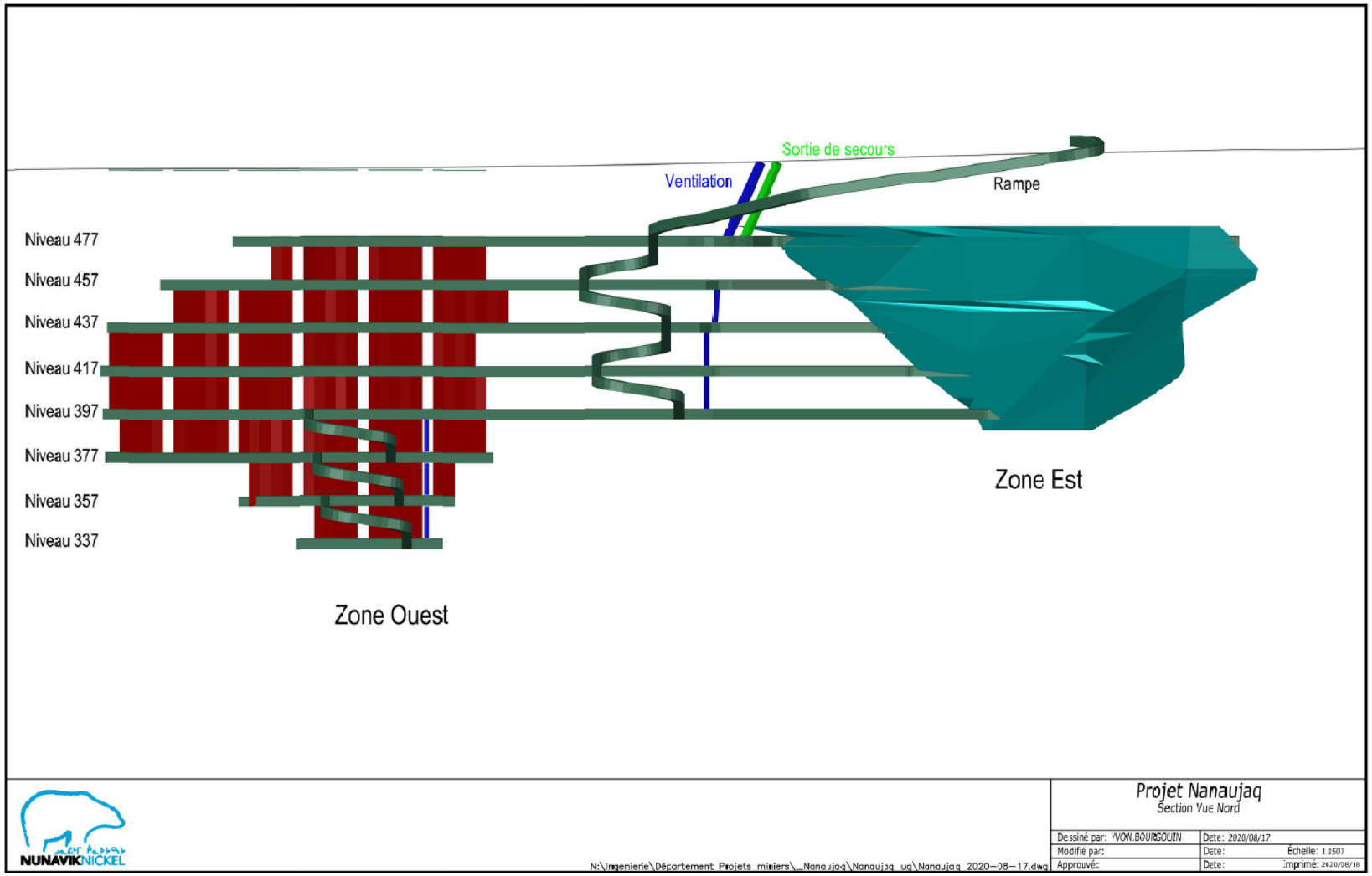
Cement backfill is evaluated

IVAKKAK OP et UG

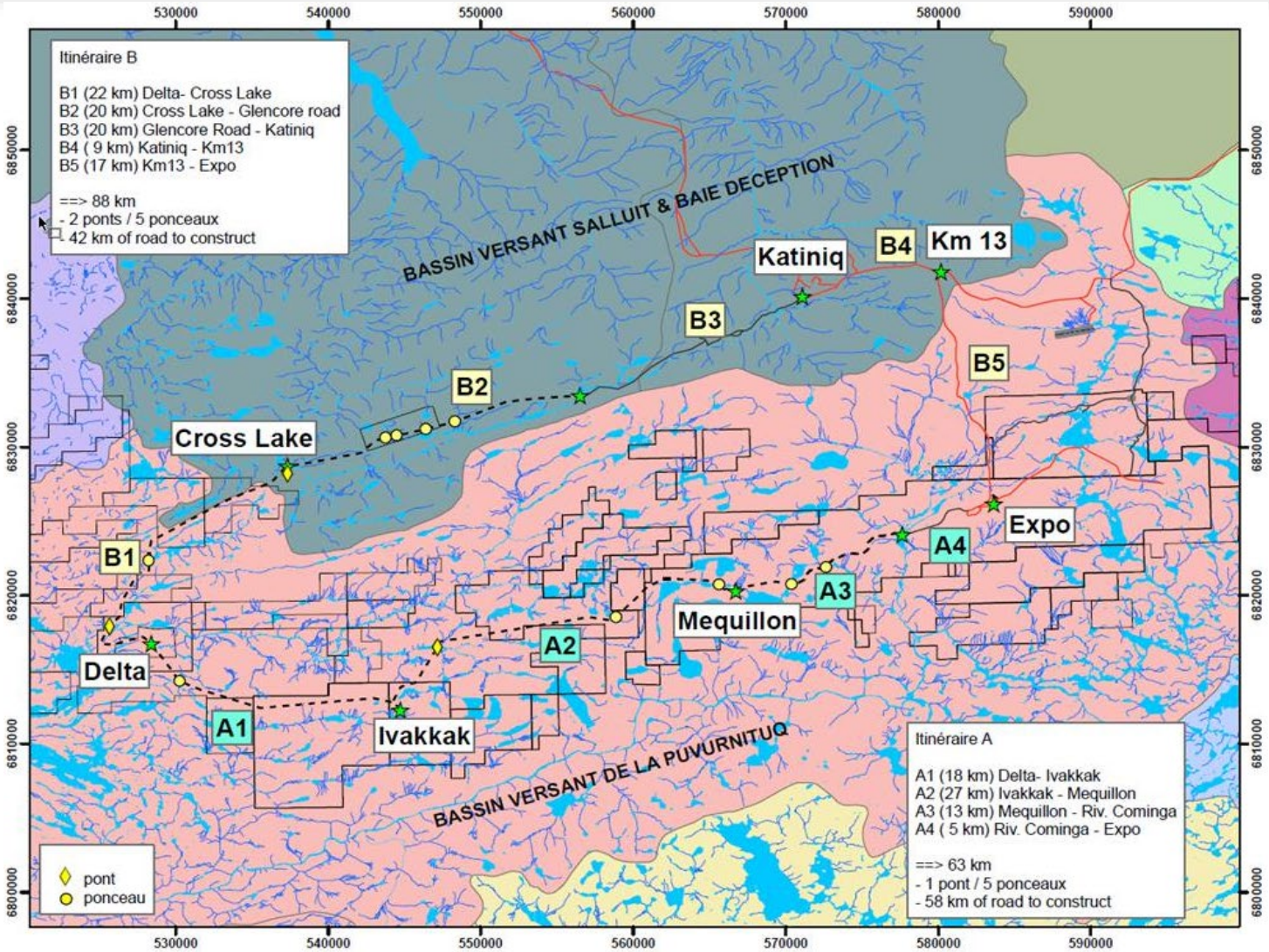




NANAUJAQ


Sortie de secours
Ventilation
Rampe
Niveau 477
Niveau 457
Niveau 437
Niveau 417
Niveau 397
Niveau 377
Niveau 357
Niveau 337
Zone Est
Zone Ouest
Projet Nanaujaq
Section Vue Nord
Dessiné par: YVON.BOURSOUIN
Date: 2020/08/17
Modifié par:
Date:
Échelle: 1:150
Approuvé:
Date:
Imprimé: 2020/08/18
N:\Ingenierie\Département Projets miniers_Nanajaq\Nanaujaq_ug\Nanaujaq_2020-08-17.dwg

Delta



- 3% Ni and 1,8% Cu
- +60km West to Expo
- Drilling completed
- Block model will be updated by Q1 2021

Profit Sharing & Procurement

Payment History

Somme de Document Amount								
Étiquettes de lignes	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total général
Makivik Corporation Société								
Invoice	1 000 000 $	1 333 333 $	2 000 000 $	2 000 000 $	4 666 667 $	2 000 000 $	4 000 000 $	17 000 000 $
Payment	1 000 000 $	1 333 333 $	2 000 000 $	2 000 000 $	4 000 000 $	2 666 667 $	4 000 000 $	17 000 000 $

+/- $10M will be paid in early January as soon as we have the whole 2020 revenue numbers

Inuit enterprises Contract Data Summary

NN_NIE Suppliers	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 Q3	Total since 2012
Air Inuit Ltd.	$575	$15 991 495	$13 720 473	$11 966 200	$9 007 974	$9 237 082	$10 413 427	$8 932 296	$6 938 400	$86 207 922
IGLU Construction Inc.	$17 534	$60 633								$78 167
Kiewit-Nuvumiut				$634 823			$107 951	$170 969	$70 900	$984 644
Laval Fortin Adams	$53 176	$16 650	$193 397							$263 222
Nunavik Construction	$1 039 219	$5 648 622	$5 109 675	$6 097 268	$5 077 467	$3 110 918	$2 721 066	$2 576 658	$2 009 389	$33 390 281
Nunavik Eastern Arctic shipping inc		$8 410 176	$4 595 818	$2 389 570	$1 991 852	$1 003 452	$2 964 337	$2 998 375	$2 634 841	$26 988 422
Nunavik Rotors Inc	$15 004	$105 213	$113 338	$25 157	$50 984	$366 463	$126 790	$150 353	$144 664	$1 097 966
Qaqqalik Landholding Corporation		$6 000	$749 860	$347 569	$359 858	$483 223	$250 004	$324 362	$324 730	$2 845 606
Redpath Nuvummiut				$12 198 599	$34 857 932	$29 427 993	$24 141 665	$23 190 977	$15 043 965	$138 861 131
Taqramut Transport Inc	$4 369			$2 093 395	$1 158 603	$1 807 862	$1 529 667	$1 962 543	$1 329 036	$9 885 475
Transport Padlayat	$616 297	$3 760 371	$6 340 986	$5 703 912	$5 999 402	$6 205 825	$7 322 525	$6 470 069	$4 933 771	$47 353 157
Avataani Environmental Services Inc.						$265 141	$274 319	$407 382	$189 637	$1 136 479
Nuna Ressources								$79 568	$113 904	$193 471
Grand Total	**$1 746 173**	**$33 999 162**	**$30 823 546**	**$41 456 493**	**$58 504 070**	**$51 907 959**	**$49 851 751**	**$47 263 552**	**$33 733 237**	**$349 285 944**
Non listed NN_NIE Suppliers										
CMAC Avataa				$321	$782 083	$1 784 145	$2 992 177	$2 011 709	$1 363 539	$8 933 974
Orbit Promec Nunavik		$926 210	$1 610	$2 413 798	$1 820 093	$3 442 275	$7 476 122	$10 304 970	$3 413 432	$29 798 510
Outland Camps FCNQ		$5 248 998	$5 969 749	$6 552 984	$8 218 329	$7 960 806	$7 943 335	$9 138 580	$6 454 523	$57 487 303
Grand Total	**$0**	**$6 175 207**	**$5 971 358**	**$8 967 102**	**$10 820 505**	**$13 187 227**	**$18 411 634**	**$21 455 260**	**$11 231 494**	**$96 219 787**

Procurement & Logistics

NUNAVIKNICKEL

Q: How can we improve the Procurement process & communications channels?

- CRI has been providing a yearly list of our planned capital projects to Makivik. We welcome any questions from NIE companies that would like more information on any of these projects.

- We also provide a listing of all our goods and services contracts, with details on the types of goods and services as well as the duration and expiry dates of these contracts.

- CRI believes that more business can be awarded to NIE enterprises by improving the NIE enterprise list.

1. Frequently updated NIE list, preferably housed on Makivik website
2. Expanded description of goods and services offered
3. Case studies and projects completed by suppliers
4. Valid contact information and rapid response to inquiries

Procurement & Logistics

Q: Has the “black-out window” in Deception Bay been respected;

A: We breached in March 2020 as per our tri-partite agreement between Glencore, CRI and Qaqqalik Landholding. We had an agreement in place to breach in March 2019, but did not end up using the extended time.

Q: Can CRI acknowledge and report that marine shipping is conducted in a balanced manner as provided in the NNA section 6.4.3 (Taqramut / NEAS : 50/50 split)?

A: Yes, for Northbound shipping the split since 2017 has been nearly 50/50, although individual years have higher variance.

Northbound cubic meters 2017-2020:

NEAS	40 665,86	50,5%
Taqramut	39 936,68	49,5%

Procurement & Logistics

Q: Are all conditions applied in regards of the NNA when shipping deadlines are exceeded? Can CRI provide a table with marine shipment missed scheduled events during the last year? What is the sufficient time for usage of MV Arctic and authorization process requests?

A: The process is as follows:

March-April: Plan and place purchase orders for summer sealift in 3 waves:

Wave	HazMat	To be packed	Ready to ship	Expected at Site
1st	2020-06-01	2020-06-05	2020-06-15	2020-07-20
2nd	2020-07-10	2020-07-15	2020-07-20	2020-08-25
3rd	2020-09-05	2020-09-10	2020-09-15	2020-10-15

While most orders are placed weeks in advance, we do continue to receive requisitions up until the week of sailing, which we typically can load if the product is available and there is still room on the ship.

If the product lead time is too long or if the requisition is too late to make the 3rd wave, when then apply the following decision process:

1. Can we delay to the following summer sealift? If no, then;
2. We contact Glencore to enquire if space is available;
3. If so, we request permission from Makivik to ship the cargo;
4. After we give Glencore proof of agreement from Makivik and insurance coverage, we send the cargo to Quebec City for loading.

As to cargo that missed the deadline, the only event in 2020 is an emulsion pump truck that was transported by MV Arctic.

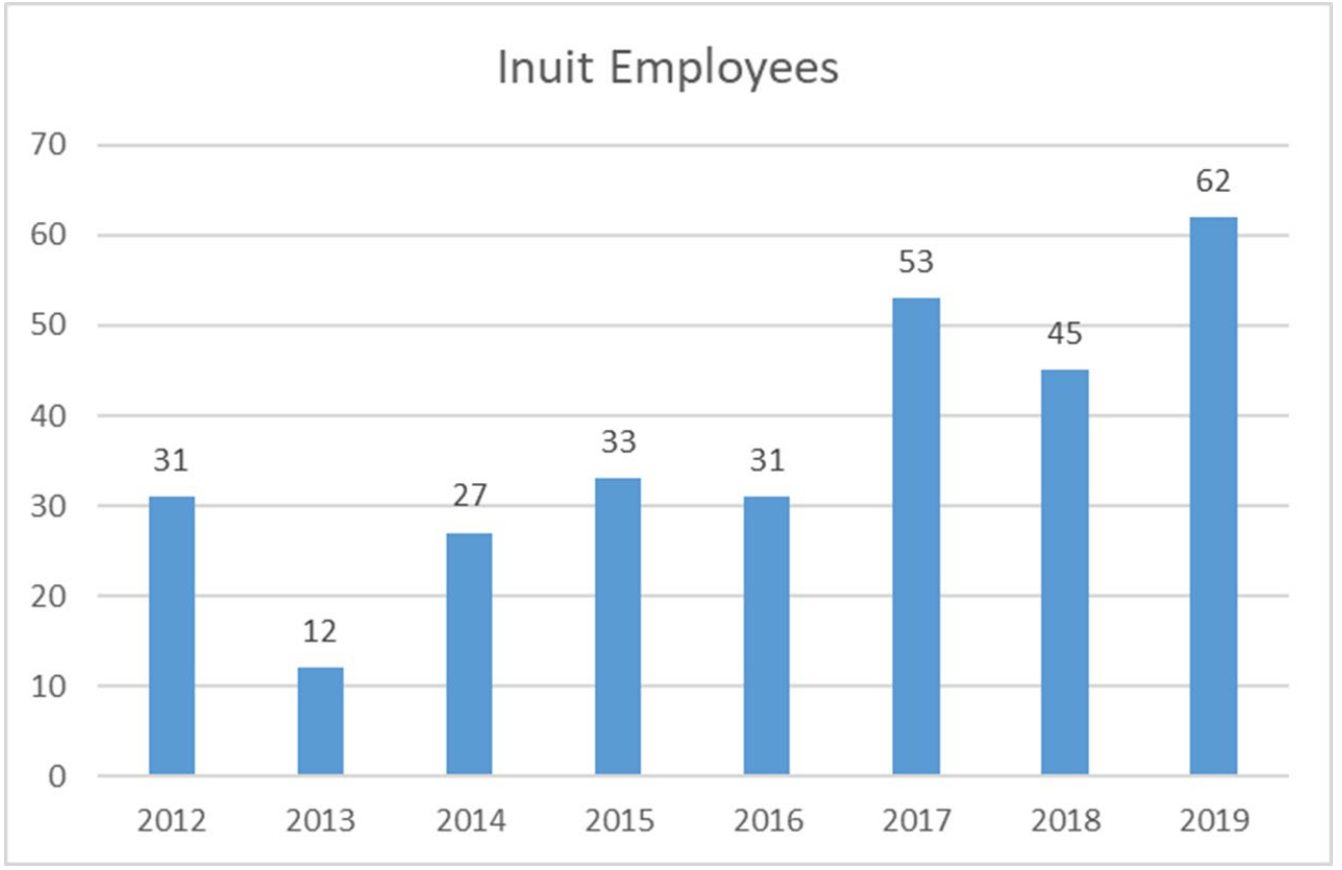
This is a recent event and the process was not followed, a letter will be sent to Makivik to regularize the situation.

New Development Annex 7.1 Signatures

Human Resources

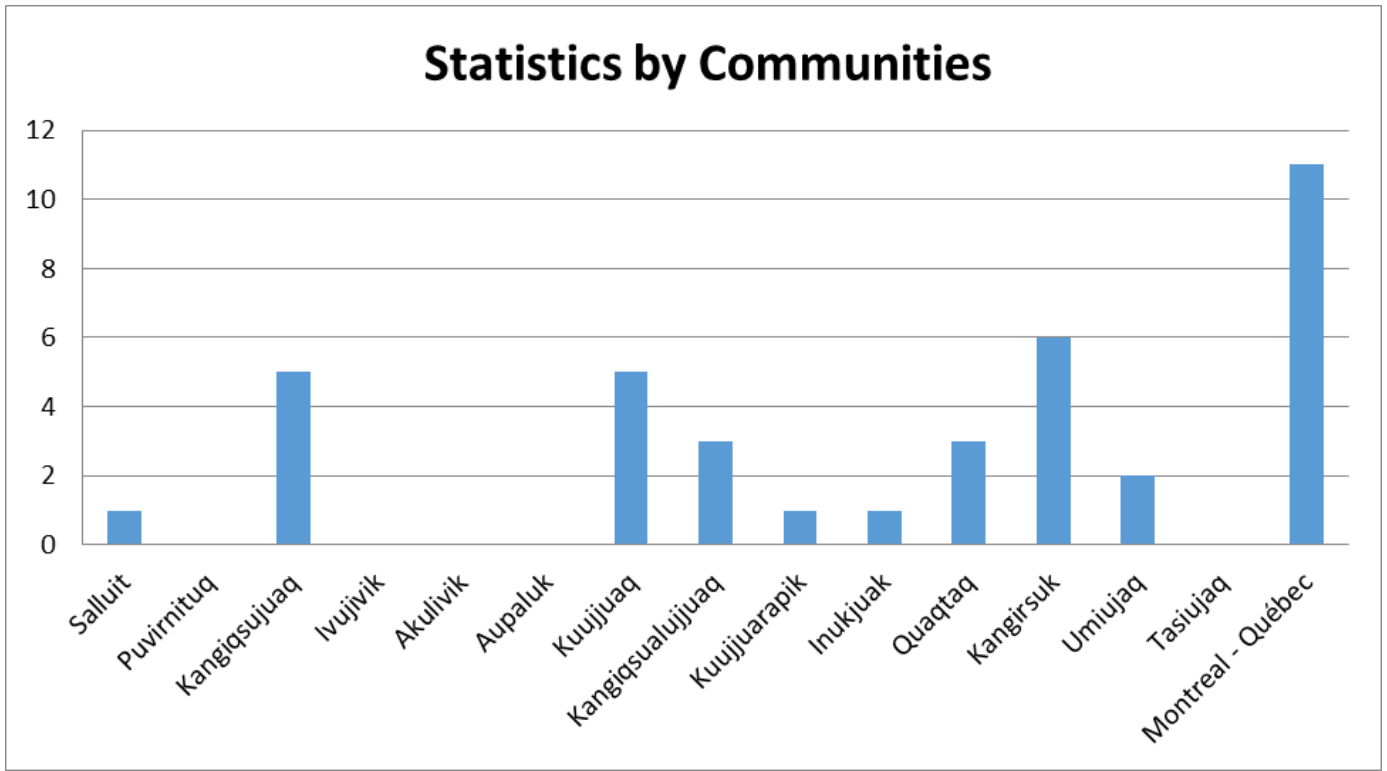
Inuit employees 2020

- 2020 YTD 38 Inuit employees (represents 7% of our total site workforce of 557)
- Forecast for 2021 of 68 Inuit employees

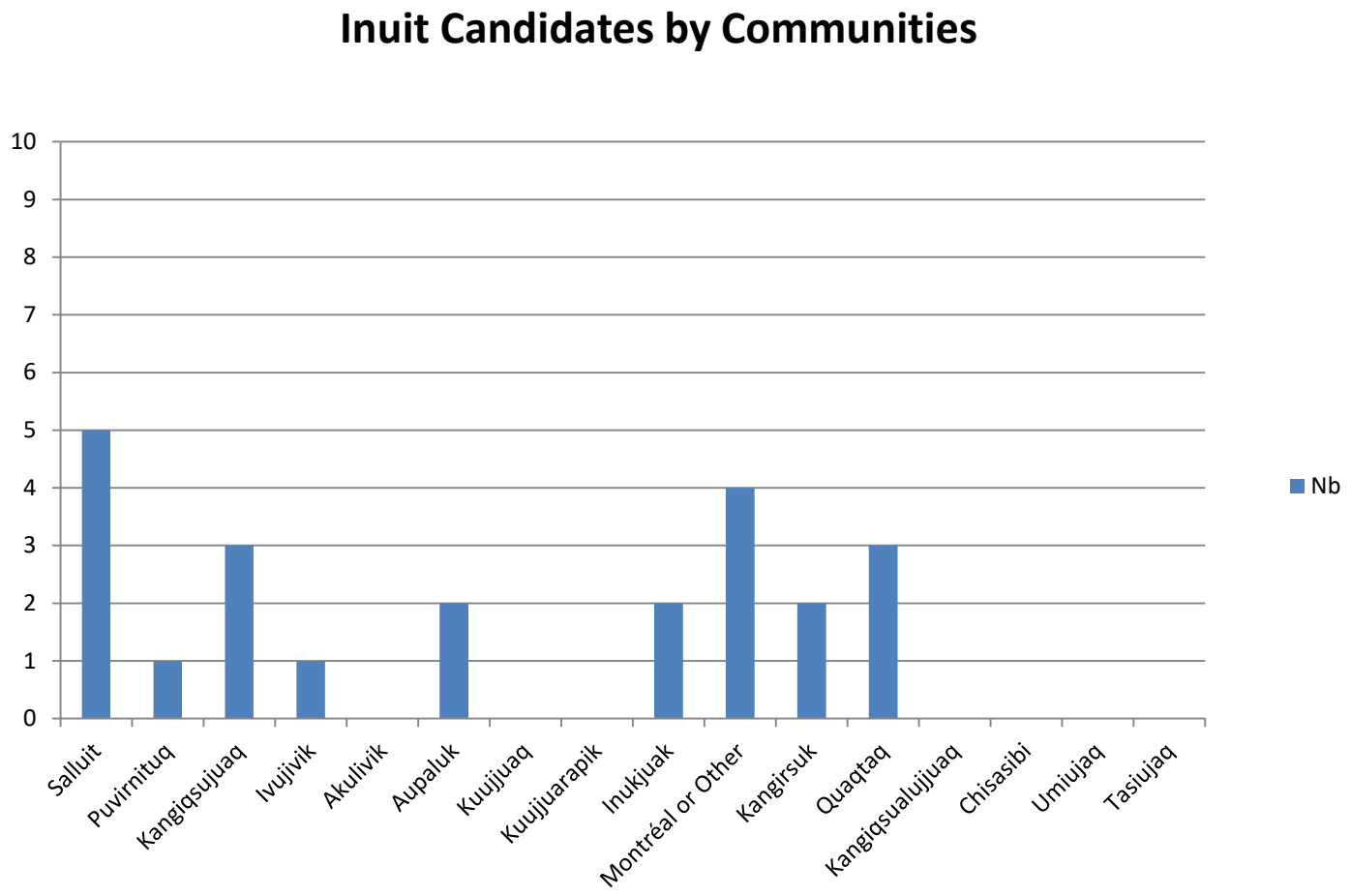


CRI Inuit employees 2020

CRI	September	October	November
Workers number	543	542	557
Inuit workers	40	38	38
% Inuit	7.4%	7.0%	6,8%



Inuit applicants by communities



Inuit Recruitment 2021

- Site Services:
  - Apprentice Electrician (1 position)
  - Apprentice pump operator (1 position)
  - HEO class 3 (2 positions)
  - Labourer (2 positions)
- Concentrator:
  - Assay lab clerk (2 positions)
  - Apprentice Millwright (2 position)
  - Labours (3 positions)
- Mining:
  - Apprentice Driller Blaster (4 positions)
- Mobile Maintenance
  - Labourer (1 position)
  - Apprentice Welder (1position)
- Human Resources
  - Security agent (2 positions)
- Utility
  - Apprentice carpenter (1 positions)

Contractors Inuit Recruitment 2020

September	Outland	Padlayat	Nunavik construction	Logistec	Redpath	CMAC / Avataa
Workers number	72	40	18	17	85	8
Inuit workers	10	1	0	1	1	1
% Inuit	14%	2%	0%	6%	1%	13%

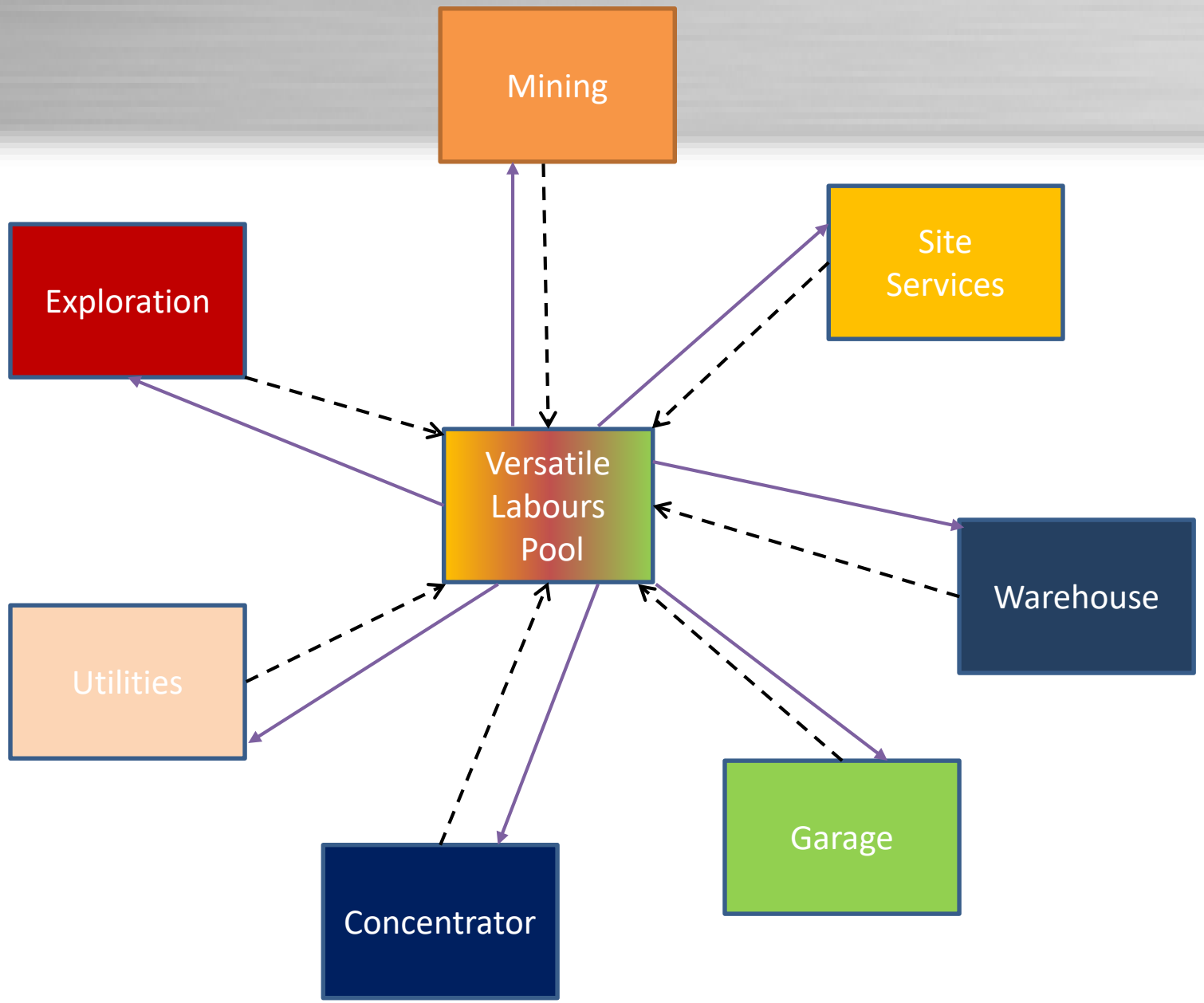
October	Sodexo	Padlayat	Nunavik construction	Logistec	Redpath	CMAC / Avataa
Workers number	71	40	19	17	86	8
Inuit workers	11	1	0	2	1	2
% Inuit	15%	2%	0%	12%	1%	25%

November	Sodexo	Padlayat	Nunavik construction	Logistec	Redpath	CMAC / Avataa
Workers number	84	40	18	27	88	8
Inuit workers	6	1	0	2	1	2
% Inuit	7%	2%	0%	7%	1%	25%

New Labours Team Structure

Versatile labours (polyvalent)

- They will receive a **special training** with every Inuit instructors to be able to complete any task in any participating department
- They are able to **transfer and change tasks** according to the needs from one department to another
- If necessary, supervisors can ask for versatile laborers to **fill a need**


Mining
Exploration
Site Services
Versatile Labours Pool
Utilities
Warehouse
Concentrator
Garage

Benefits for the workers

1. Task diversification
2. Career development
3. Increase the motivation
4. Development of their skills according to their strengths
5. Opportunities to be trained and promoted to more specialised jobs

Examples of success

- Two Inuit workers that started as labours: William Arreak and Matthew Niviaxie
  - After training and following the program, Matthiew now upgraded to **Class 2** and is on his way to **Class 1**
  - William is still learning and is already helping his department on Operator jobs
- Charlie Annahatak upgraded to **Team Leader** for Site Services and **provides great support** to the supervisors
- The intention of this new program is to expend this program all over the company

Nunavik Nickel Agreement section 12.3

Mine closure plan review & financial guarantees update

Restauration plan and financial guarantees

- The Project was permitted, developed and is operated taking progressive mine closure and site reclamation into consideration.
- The mine restoration plan (RP) aims at leaving sites in a physically and chemically stable condition, and restoring the land to make it suitable for local land uses.
- **An approved RP** by the MERN and the MELCC had to be obtain in order to get new mining lease (MERN) and all required C of A's (MELCC)
- At this time, the RP is divided in four sub plans:
    1. Expo-Mesamax
    2. Allammaq
    3. Méquillon
    4. Puimajuq

1. Expo-Mesamax (including Deception bay facilities)

The Expo-Mesamax RP was initially submitted in 2011. It was first reviewed in 2014 to exclude the Méquillon and Ivakkak deposits that were not yet in production. The second review was completed in 2019. Outlines of these plans are:

- **All buildings** and fixed equipment installations will be **dismantled**;
- **All road** surfaces will be scarified / **returned to reflect natural conditions**;
- The Bombardier lake fresh water reservoir dam will be decommissioned;
- The **reactive waste rock and tailings cells will be capped with geomembranes and protective materials**;
- The non-hazardous waste management landfill will be sand capped and protected against erosion;
- Hazardous materials and economic recyclable materials will be shipped South for proper disposal/recycling;
- The **open pits will be flooded**.
- CRI would like to cede the Deception Bay wharf to the local government. If an agreement is not possible, the barge will be detached and returned south using a tow boat.
- The **concentrate warehouse at Deception Bay will be dismantled**. Soils will be cleaned if required and transported by truck to the Expo site tailings pond.

2. Allammaq

Since the Allammaq deposit was subjected to a permit amendment in 2011, the related closure plan was submitted separately in 2014 and reviewed in 2019. Outlines of the plan are:

- **No stack of materials will remain on the Allammaq mine site**: all the ore will be sent and processed to the Expo Industrial Complex and all waste rock returned underground for backfilling;
- **All buildings and infrastructure** that will not be useful for post-closure monitoring **will be dismantled**. The rejects of dismantling will be buried at the Expo site or sent to an authorized disposal site. However, special attention will be given to the maximum recovery of non-metal ferrous and scrap metal to return to authorized recycling centers;
- Support infrastructure, i.e., pipes and tanks, will be removed. The places where these infrastructures were used for storage or transport of hazardous materials will be characterized and decontaminated if necessary;
- No hazardous material will be left on the mine site after the cessation of mining activities;
- All transport infrastructure that will not be useful for the post-closure monitoring or for local communities will be restored adequately according to the environmental standards in force;
- All equipment and surface heavy equipment will be sold, recovered or sent to an authorized disposal site;
- **An assessment of soil quality for all potentially contaminated sites will be carried out** and corrective actions will be applied according to the requirements in force;
- **Environmental monitoring of drainage water will continue over a period of 5 years after the cessation of mining activities;**
- The stability of the structures left behind will be monitored over a period five years after the cessation of mining activities.

3. Méquillon

The Méquillon specific closure plan was submitted in 2018. Outlines of the plan are:

- **All buildings and infrastructure** that will not be useful for post-closure monitoring **will be dismantled** and returned to the south;
- Support infrastructure, i.e. pipes and tanks, will be removed;
- **The reactive waste rock pile will be leveled and covered with a geomembrane to ensure long-term physical and chemical stability;**
- **The pit will be flooded;**
- The non-hazardous waste will be buried in the Expo northern landfill. However, special attention will be given to the maximum recovery of non-ferrous metal and scrap to return to authorized recycling centers;
- No hazardous material will be left on the Méquillon mine site after the cessation of mining activities;
- **An assessment of soil quality for all potentially contaminated sites will be carried out** and corrective actions will be applied according to the requirements in force;
- All transport infrastructure that will not be useful for post-closure monitoring or for communities will be properly restored according to environmental standards;
- **Environmental monitoring of runoff waters will continue over a period of 10 years after the cessation of mining activities** to verify the proper operation of the waste rock remediation method.

4. Puimajuq

The specific closure plan for the Puimajuq site was submitted in 2018. The main lines of the plan are:

- **All buildings and infrastructure** that will not be useful for post-closure monitoring **will be dismantled** and reused as a priority in the context of the NNiP. Dismantling waste will be managed at the Expo site landfill or sent to an authorized disposal site. Particular attention will be given to the maximum recovery of non ferrous metal and scrap to return to recycling centers approved;
- All ore will be sent and processed at the Expo complex; the area of the dump will be leveled;
- **Leachable waste rock (approximately 12%) will be returned to the pit and the non-leachable waste rock pile will be stabilized and profiled to control erosion and blend in with the environment.** It is possible that some of this waste rock was also returned to the pit;
- **The pit will be gradually flooded**, thus covering the leachable waste rock. In the event that the quality of the water accumulated in the pit does not comply with the regulations in force, lime could be poured into it for the purpose of metal precipitation;
- No hazardous material will be left on the Puimajuq mining site after mining activities cease;
- The equipment and heavy equipment will be sold, recovered or sent to an authorized disposal site;
- **A soil quality assessment of all potentially contaminated sites will be carried out** and corrective actions will be applied according to the requirements in force;
- **A monitoring program, with a minimum duration of 5 years, will be put in place when operations cease and extended as necessary.** It will include visual inspections of the integrity of the structures and monitoring of the quality of the runoff water, the pit and the water collection basin;
- During the monitoring period, the water diversion berms upstream of the site, the ditches and the collection basin will be kept in place. The water from the basin will be pumped to the Mesamax treatment plant. At the end of the monitoring period, and **only when it has been demonstrated that the water quality complies with the regulations in force, the water will be pumped to the pit**. **The basin will be dismantled and filled with non-leachable waste rock,** which will allow the solids deposited there to be isolated from the ambient environment. **The basin, berms and ditches will be leveled so as to integrate with the natural environment** and allow good water drainage;
- The main access road leading to Puimajuq, located on public land, may remain in place at the request of the local communities. The secondary roads will be scarified.

Cost and financial guarantee

- The estimated total cost of closing the mine is:
  - Expo-Mesamax : $ 41M (2019 Canadian dollars)
  - Allammaq : $ 420,000 (2019 Canadian dollars)
  - Méquillon : $ 26M (2018 Canadian dollars)
  - Puimajuq : $ 1.9M (2019 Canadian dollars)
  - Total for all RP: 69 320 000 $
- Payment of the financial guarantee (In trust) was made in compliance with the regulation (MERN).
- The Restoration Plan for **New development/project** will be elaborated, and their specific restauration costs will be added to the financial guarantee.
- Since our extraction sites are still active, the progressive reclamation is currently taking place in the form of the cleaning and dismantling of the Berbegamo Exploration camp, and the shipping for recycling of all scrap metal accumulated in the landfill area.
- A sub-committee with Inuit stakeholders could be formed for the upcoming progressive reclamation that should start in 2022 (Allammaq, Expo tailing cells) as per section 12.6 (IBA).

ANNEXE 8

Points saillants de la restauration projetée pour la fosse Expo

(En pièce-jointe)

Points saillants de la restauration projetée pour la fosse Expo

Le plan de fermeture de la fosse Expo vise à améliorer la qualité de l'eau du surnageant des résidus dans la fosse afin de permettre son rejet conformément aux normes environnementales en vigueur, et ce, avant de procéder à l'ennoiement complet de la fosse. Des prévisions de la qualité de l'eau ont été générées dans l'étude de conception pour les années d'exploitation, de fermeture et de post-fermeture. À l'heure actuelle, les mesures qui seront prises lors de la fermeture de la fosse Expo et l'échéancier qui seront présentés au MERN sont les suivants :

Échéancier	Étape	Détails
Juillet 2023 à Septembre 2030	Drainage et traitement du surnageant de la fosse Expo	L'eau (surnageant des résidus) dans le fond de la fosse devrait contenir des contaminants tels que des métaux et des produits de traitement. Avant l'ennoiement complet des résidus de la fosse avec de l'eau fraîche, cette eau sera pompée afin d'être traitée par le procédé de traitement d'eaux usées industrielles du site Expo. L'eau pourra ensuite être déversée dans l'environnement conformément aux normes applicables à un taux de 180 000 m^3 par mois, de Juillet à Septembre de chaque année.
Octobre 2030 à avril 2035	Ennoiement accéléré de la fosse	Lorsque l'eau surnageante aura été entièrement traitée et la fosse vidée, celle-ci sera immergée graduellement d'eau douce en provenance du Lac Bombardier sur environ 4 à 5 ans à un taux maximal de 1.3 Mm^3/an tel qu'anticipé à l'ÉIES du lac Bombardier. L'ennoiement de la fosse se terminera lorsque le niveau d'eau dans la fosse attendra une élévation de 535.4 m, correspondant au point d'élévation le plus bas le long du rebord de la fosse. Un canal déversoir sera aménagé au coin nord-est de la fosse. Après 2035, une fois la fosse remplie, ce canal acheminera le trop-plein jusqu'à un affluent de la rivière Puvirnituq.
Octobre 2030 à Décembre 2056	Maintien de la qualité de l'eau	L'eau de la fosse sera maintenue à une dureté de 400 mg/l de $CaCO_3$ équivalent grâce à un traitement au chlorure de calcium durant la phase de fermeture et post-fermeture.