



Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.	DESCRIPTION DU PROJET	3.1
3.1	GISEMENT	3.2
3.1.1	Caractéristiques du gisement	3.2
3.1.2	Réserves minérales	3.5
3.1.3	Titres miniers	3.5
3.2	INFRASTRUCTURES MINIÈRES	3.9
3.2.1	Infrastructures de la mine	3.9
3.2.2	Infrastructures de soutien aux opérations	3.15
3.2.3	Infrastructures connexes au projet	3.15
3.3	EXTRACTION DU MINÉRAI	3.17
3.3.1	Exploitation des fosses	3.17
3.3.2	Forage et sautage	3.18
3.4	TRAITEMENT DU MINÉRAI	3.19
3.4.1	Infrastructures	3.19
3.4.2	Procédé de traitement	3.25
3.4.3	Utilisation des réactifs	3.27
3.5	GESTION DES RÉSIDUS, DES STÉRILES MINIERS ET DU MORT-TERRAIN	3.27
3.5.1	Résidus miniers	3.27
3.5.2	Stériles miniers	3.30
3.5.3	Mort-terrain	3.32
3.6	GESTION DES EAUX	3.34
3.6.1	Collecte des eaux	3.37
3.6.2	Traitement des eaux	3.41
3.6.3	Effluents finaux	3.42
3.7	BILAN HYDRIQUE	3.43
3.8	GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES	3.46
3.8.1	Politique 3-RV	3.47
3.8.2	Compostage	3.47
3.8.3	Matière recyclable	3.47
3.9	TRANSPORT ET SITE D'ENTREPOSAGE DE CARBURANT OU DE MATIÈRES DANGEREUSES	3.48
3.10	INFRASTRUCTURE ET PROJETS CONNEXES	3.48
3.10.1	Usine temporaire de fabrication de béton	3.48
3.10.2	Déviations du ruisseau Bibou	3.48
3.10.3	Déviations du chemin d'accès	3.50
3.10.4	Chemins en support aux opérations	3.50
3.10.5	Alimentation en énergie	3.51
3.10.6	Infrastructure d'hébergement	3.53
3.10.7	Transport	3.53
3.10.8	Banc d'emprunt	3.55
3.11	RESTAURATION MINIÈRE	3.56
3.12	PHASE DU PROJET	3.57
3.12.1	Construction	3.57
3.12.2	Exploitation	3.57
3.12.3	Fermeture	3.58
3.13	BESOIN DE MAIN-D'ŒUVRE ET FORMATION	3.61
3.14	POLITIQUES	3.63

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.14.1	Diversité et inclusion.....	3.63
3.14.2	Code de conduite	3.64
3.14.3	Sécurité en milieu de travail	3.65
3.15	CALENDRIER DE RÉALISATION	3.65
3.16	EFFETS POTENTIELS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE PROJET.....	3.68
3.16.1	Caractéristiques de la zone d'étude et risques naturels	3.69
3.17	PRISE EN COMPTE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	3.75
3.18	RÉFÉRENCES.....	3.77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1	Réserves minérales probables du projet Troilus	3.5
Tableau 3.2	Superficie des infrastructures de la mine	3.9
Tableau 3.3	Performance de traitement du système Bionest selon le manufacturier	3.17
Tableau 3.4	Séquence d'exploitation des fosses de la mine Troilus.....	3.18
Tableau 3.5	Description des réactifs et de leur utilisation	3.27
Tableau 3.6	Critères de de conception pour l'analyse de la stabilité des pentes.....	3.29
Tableau 3.7	Volume de résidus miniers entreposés dans les différentes structures	3.30
Tableau 3.8	Capacité d'entreposage de stérile des aménagements du projet	3.32
Tableau 3.9	Capacité d'entreposage des haldes à mort-terrain.....	3.33
Tableau 3.10	Estimation des débits d'exfiltration prévus	3.37
Tableau 3.11	Infiltration des eaux souterraines dans les fosses lors de leur configuration finale (m ³ /j).....	3.39
Tableau 3.12	Détails de la conception du bassin de sédimentation	3.40
Tableau 3.13	Détails de la conception des puisards.....	3.40
Tableau 3.14	Volume moyen d'eau rejeté par effluents.....	3.42
Tableau 3.15	Estimation des quantités et types de matières résiduelles produites	3.47
Tableau 3.16	Demande de puissance basée sur la liste actualisée des charges électriques	3.51
Tableau 3.17	Consommation de propane et volume des réservoirs	3.52
Tableau 3.18	Estimation des transports prévus	3.54
Tableau 3.19	Liste des bancs d'emprunt actifs	3.56
Tableau 3.20	Main-d'œuvre prévue pour le projet Troilus en phase d'opération	3.61
Tableau 3.21	Séquence des principales étapes du projet.....	3.65
Tableau 3.22	Calendrier de réalisation du projet	3.67

LISTE DES CARTES

Carte 3.1	Titres miniers détenus par Troilus	3.7
Carte 3.2	Aménagement des infrastructures minières projetées	3.13
Carte 3.3	Infrastructure de gestion des eaux de surface	3.35
Carte 3.4	Site Troilus à la fermeture	3.59

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1	Géologie à l'échelle régionale du projet	3.3
Figure 3.2	Géologie à l'échelle locale du projet.....	3.4
Figure 3.3	Aménagement général du concasseur primaire et secondaire	3.22
Figure 3.4	Zone de récupération et de broyage à haute pression.....	3.23
Figure 3.5	Aménagement général de l'usine de traitement du minerai	3.24

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Figure 3.6	Diagramme du procédé de traitement du minerai	3.26
Figure 3.7	Exemple de configuration d'une halde à stérile.....	3.31
Figure 3.8	Exemple de configuration d'une halde à mort-terrain.....	3.34
Figure 3.9	Procédé de traitement des eaux provenant du parc à résidus	3.42
Figure 3.10	Bilan hydrique du projet Troilus à l'année 9 d'opération (annexe C.14).....	3.45
Figure 3.11	Emplacement des baux non exclusifs disponible à proximité du site Troilus.....	3.56
Figure 3.12	Incendies forestiers dans un rayon de 100 km autour du site minier Troilus.....	3.74

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 3.1	ÉVALUATION DES EFFETS POTENTIELS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LE PROJET
------------	---

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Abréviations et acronymes

3RV-E	Réduction, réutilisation, recyclage, valorisation et élimination
Ag	Argent
AGP	AGP Mining Consultants Inc.
ASD	Apatsiwin skills développement
Au	Or
Bi	Bismuth
BNE	Baux non exclusifs
CaO	Oxyde de calcium (chaux vive)
CBJNQ	Convention de la Baie-James et du Nord québécois
CFP Baie-James	Centre de formation professionnelle de la Baie-James
CH ₄	Méthane
CLIC	Centre logistique intermodal à Chibougamau
CMIP6	Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6 (Projet d'intercomparaison de modèles couplés)
Cu	Cuivre
DBO	Demande biochimique en oxygène
DMA	Drainage minier acide
DTH	Down-The-Hole (Marteau fond de trou)
ECCC	Environnement et Changements climatiques Canada
EIBJ	Eeyou Istchee Baie-James
ÉIES	Étude d'impact environnementale et sociale
FEGB	Frolet-Évans Greenstone Belt
gal	Gallon
GES	Gaz à effet de serre
GRV	Grands récipients pour vrac
H	Horizontale
HPGR	High Pressure Grinding Rolls (Cylindres de broyage à haute pression)
ICD	Indice de combustible disponible
ISO	International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)
kV	kilovolt
kVA	Kilovoltampère
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
LET	Lieu d'enfouissement technique
LEET	Lieu d'enfouissement en tranchée
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
masl	Meters Above Sea Level (Mètres au-dessus du niveau de la mer)
MDR	Matières dangereuses résiduelles
MELCC	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MES	Matières en suspension
mg/l	Milligrammes par litre
Mlbs	Millions de livres
Mo	Molybdène
Moz	Millions d'onces
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
Mt	Mégatonne
MTMD	Ministère des Transports et de la Mobilité durable
MVA	Mégavoltampère
MW	Mégawatt
Na ₂ CS ₃	Trithiocarbonate de sodium
Na ₂ SO ₃	Sulfite de sodium
PARM	Parc à résidus miniers
PAX	Potassium d'amyl xanthate
Pb	Plomb
PGA	Potentiellement générateur d'acide
pH	Potentiel hydrogène
pk	Point kilométrique
REMMMD	Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants
RLRQ	Recueil des lois et des règlements du Québec
RNCan	Ressources naturelles Canada
SOPFEU	Société de protection des forêts contre le feu
SSP	Shared Socio-Economic Pathway (Trajectoire commune d'évolution socio-économique)
Te	Tellure
UFC	Unité formatrice de colonie
US/lb	Dollars américains par livre
US/oz	Dollars américains par once
UV	Ultraviolet
V	Verticale
VDMD	Vers le développement minier durable
Zn	Zinc
ZnSO ₄	Sulfate de zinc
ZEL	Zone d'étude locale
ZER	Zone d'étude régionale

3. Description du projet

Le projet minier Troilus vise la réouverture de l'ancienne mine d'or et de cuivre Troilus qui a été en activité de 1996 à 2010, puis restaurée. La nouvelle mine prévoit une production moyenne de 244 600 onces d'or (Au) annuellement pendant 22 ans. Le cuivre (Cu) et l'argent (Ag) seront également produits.

Le site minier Troilus se trouve dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur le territoire du Gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site se trouve à 76 km au nord-ouest de la communauté crie de Mistissini et à approximativement 125 km au nord de la ville de Chibougamau. Le site minier est situé sur des terres de catégorie III selon la Convention de la Baie-James et du Nord québécois (CBJNQ).

Le site minier est facilement accessible par la route du nord au pk 108 en empruntant un chemin d'accès de 44 km. Le site du projet est situé dans la réserve du lac Albanel-Mistassini et Waconichi tandis que le chemin d'accès est situé dans la réserve Assinica. Les deux réserves fauniques sont gérées par la Corporation Nibiischii.

Les sections suivantes décrivent le contexte géologique du projet ainsi que les diverses infrastructures proposées pour le nouveau projet minier Troilus. Outre la description des infrastructures et le procédé de traitement du minerai envisagé, la gestion des différentes matières produites tel que les matières résiduelles, les résidus miniers et les eaux usées sont aussi traités dans ce chapitre. Les informations proviennent principalement de l'étude de faisabilité réalisée en 2024 et davantage d'information est disponible dans celle-ci (AGP Mining Consultants Inc. [AGP], 2024).

Le nouveau projet minier Troilus implique les éléments suivants :

- Exploitation à ciel ouvert de quatre fosses à ciel ouvert (2 fosses existantes, 2 nouvelles fosses);
- Aménagement de haldes à stériles, minerai et mort-terrain;
- Agrandissement du parc à résidus existant;
- Réutilisation du secteur industriel pour la construction d'infrastructures de production telle que : une usine de traitement du minerai d'une capacité de 50 000 tonnes par jour, des concasseurs primaires et secondaires, des ateliers, des garages mécaniques et autres;
- Implantation d'un campement de travailleurs dans le secteur des campements existants;
- Aménagements d'ouvrages de gestion des eaux tels que : réseau de fossés de collecte, bassins de sédimentation, bassins de pompage, ouvrages de diversion des eaux propres, usine de traitements des eaux;
- Réutilisation des fosses à ciel ouvert comme lieu d'entreposage des résidus miniers provenant de l'usine de traitement;
- Chemin d'accès impliquant la déviation d'approximativement 5 km du chemin d'accès actuel;
- Réutilisation de la sous-station électrique et de la ligne électrique existante impliquant la déviation d'approximativement 4 km de ligne électrique vers le site minier;
- Déviation du ruisseau Bibou sur la majorité de son tracé, soit environ 9,7 km.

3.1 Gisement

3.1.1 Caractéristiques du gisement

Le gisement d'or-cuivre de Troilus se trouve dans le segment oriental de la ceinture de roches vertes de Frotet-Evans (FEGB), dans la sous-province d'Opatica de la province du Supérieur au Québec. La FEGB est largement dominée par des basaltes tholéitiques et des basaltes magnésiens associés à des roches pyroclastiques felsiques et calcoalcalines intermédiaires, à des coulées de lave et à des couches ultramafiques locales. Des roches plutoniques gabbroïques à monzogranitiques syn- à post-déformation sont présentes dans toute la ceinture de roches vertes. Les principales zones minéralisées de la propriété Troilus se trouvent autour des marges de la diorite de Troilus et comprennent les zones Z87, Z87S et les zones J (comprenant J4 et J5).

D'autres zones minéralisées importantes découvertes à ce jour comprennent la continuité nord des zones J, appelée zone allongée, et la marge sud-ouest de la métadiorite. Troilus est principalement un gisement d'or-cuivre (Au-Cu), mais il contient des quantités mineures d'argent (Ag), de zinc (Zn) et de plomb (Pb), ainsi que des traces de bismuth (Bi), tellure (Te) et Molybdène (Mo). La minéralisation or-cuivre du gisement Troilus se présente sous deux formes distinctes, disséminées et filoniennes. La minéralisation aurifère est spatialement corrélée à la présence de sulfures, même si la teneur en sulfures n'est pas directement corrélée à la teneur en or et en cuivre. La matrice de la brèche dioritique, la diorite et les dykes felsiques représentent les principales roches hôtes des intervalles minéralisés.

Le gisement de Troilus est situé dans la région nord-est du domaine Frotêt-Troilus et est encaissé dans des roches intrusives volcaniques et hypabyssales du groupe de Troilus dans une région de déformation intense, connue sous le nom de domaine de Parker. Il est situé dans la branche nord renversée du synclinal isoclinal de Troilus, qui a été transposé par une série de zones de failles chevauchantes orientées du nord-est au sud-ouest, parallèlement à la foliation régionale principale et au litage volcanique.

Le groupe de Troilus sur la propriété est représenté par une séquence volcanique épaisse, de composition essentiellement mafique à intermédiaire. Le magmatisme synvolcanique est marqué par une série de gabbros et de filons-couches ultramafiques (figure 3.1). La figure 3.2 montre que les principaux lithotypes qui composent la région du gisement de Troilus sont un pluton métadioritique avec des marges bréchifiées, des coulées mafiques à intermédiaires et des roches volcanoclastiques, qui sont recoupées par de multiples générations de dykes felsiques. Des dykes tardifs de composition mafique et des plutons granitiques syn à post-tectoniques recoupent tous ces types de roches. Les contacts lithologiques et une foliation pénétrante sont fortement inclinés vers le nord-ouest.

Les descriptions suivantes des principales lithologies, altérations, minéralisations et caractéristiques structurales sont principalement basées sur les descriptions et les études lithogéochimiques des forages au diamant réalisés de 2018 à 2022 par Troilus Gold Corp (Troilus) ainsi que des contributions provenant des travaux de Brassard (2018), Brassard & Hylands (2019), Diniz (2019), Laurentia Exploration (2018), et SRK (2018). Plus d'information sur la géologie du secteur à l'étude est présente à la section 5.2.2.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

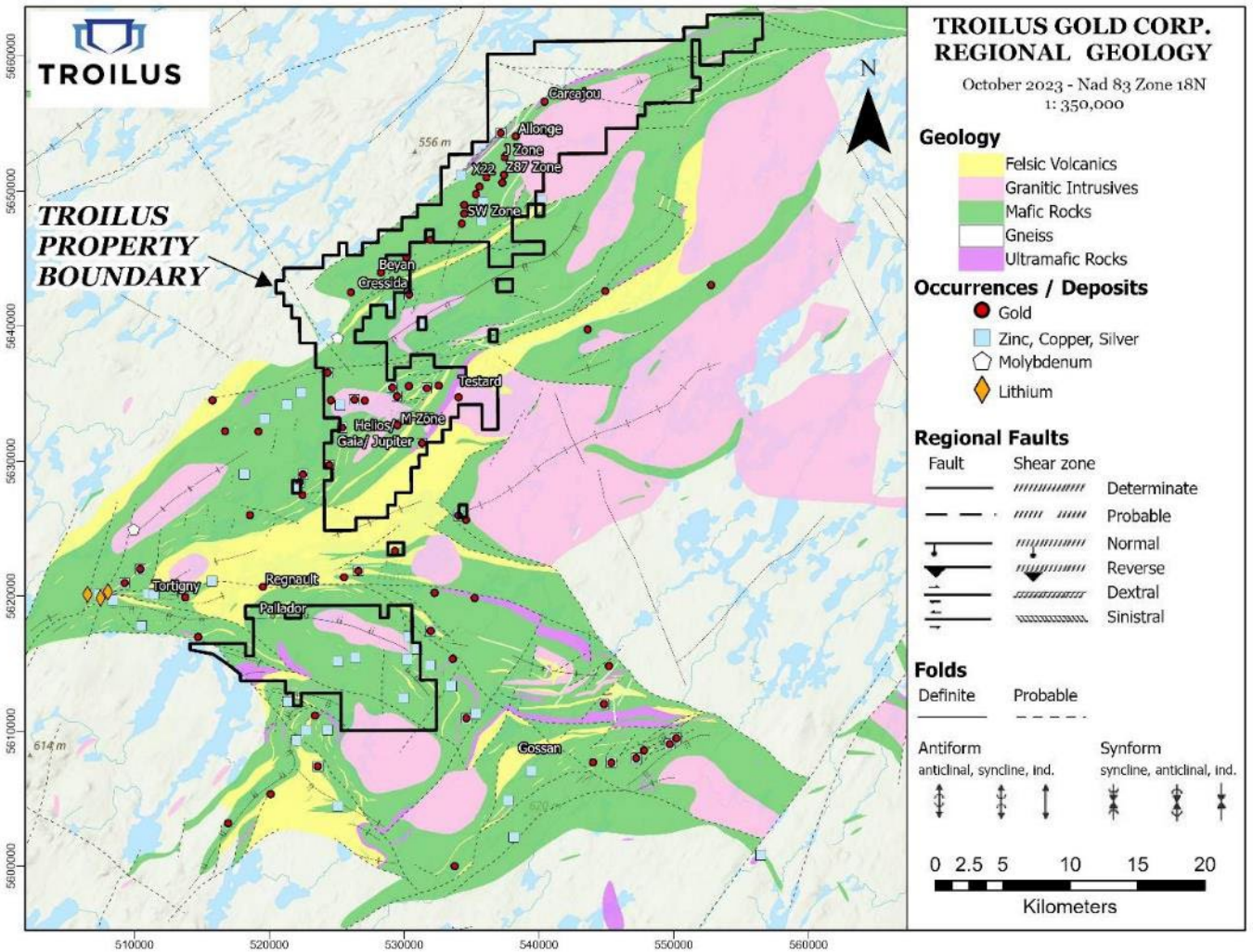


Figure 3.1 Géologie à l'échelle régionale du projet

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

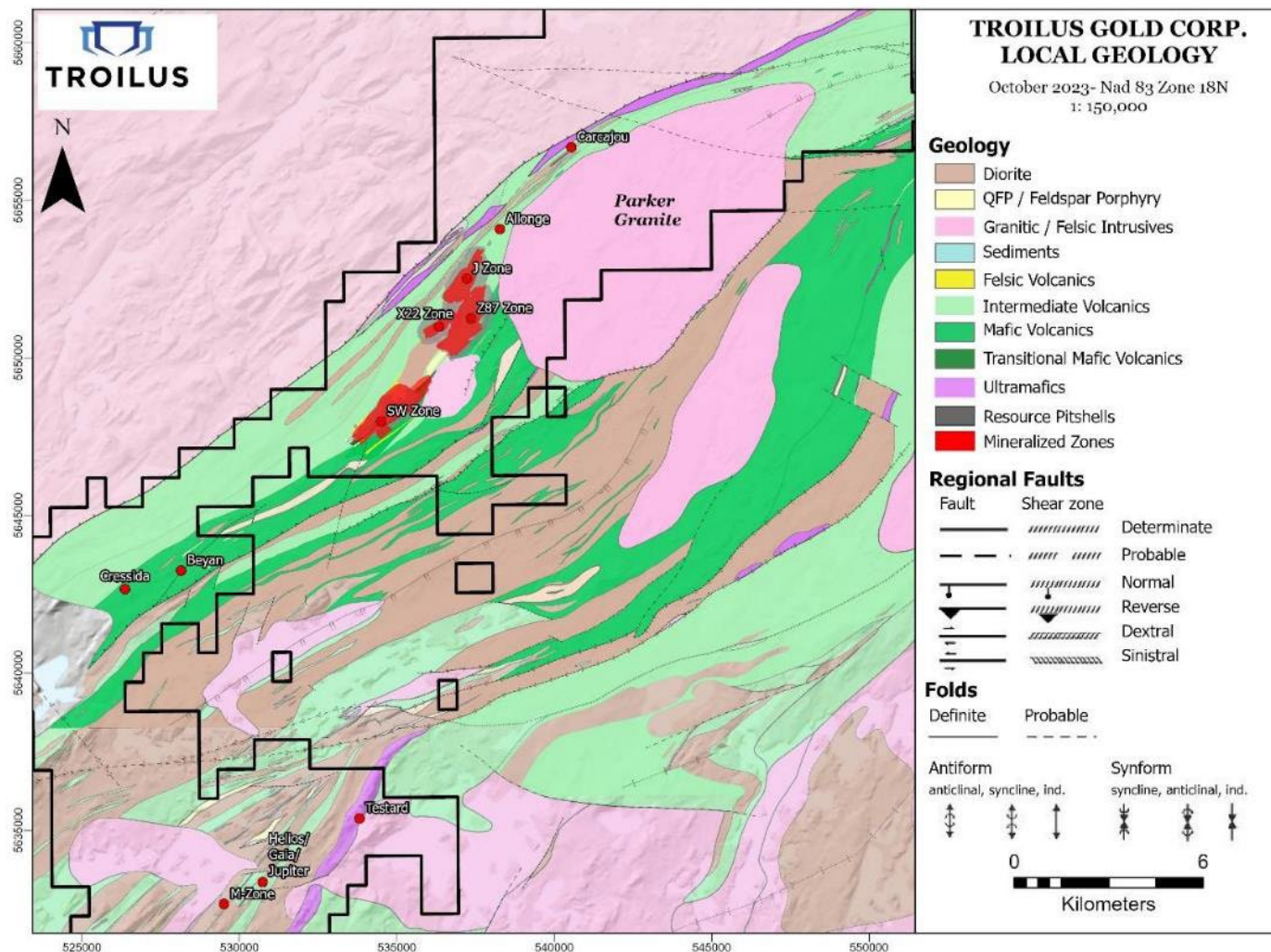


Figure 3.2 Géologie à l'échelle locale du projet

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.1.2 Réserves minérales

Les zones minéralisées du projet Troilus sont connues sous le nom de gisements archéens de type porphyrique. D'autres interprétations des gisements incluent des gisements d'or superposés, contrôlés par la structure et « orogéniques ». Les réserves minérales du projet sont basées sur la conversion des ressources minérales mesurées et indiquées dans le plan de mine actuel dans les fosses à ciel ouvert J4, 87, X22 et Sud-ouest (AGP, 2024). Aucune ressource minérale mesurée n'est contenue dans ces trois modèles de ressources, il n'y aura donc pas de réserves prouvées. Les ressources minérales indiquées sont converties directement en réserves probables. Le tableau 3.1 présente les réserves minérales probables pour les métaux d'intérêt pour le projet.

Tableau 3.1 Réserves minérales probables du projet Troilus

Réserve	Tonnage (Mt)	Teneur					Quantité de métaux contenus				
		Au (g/t)	Cu (%)	Ag (g/t)	AuE q (g/t)	CuE q (%)	Au (Moz)	Cu (Mlb)	Ag (Moz)	AuE q (Moz)	CuE q (Bib)
Probable	380	0,49	0,058	1,00	0,59	0,39	6,02	484	12,15	7,26	3,24

Note : Cette estimation des réserves minérales a une date d'entrée en vigueur du 15 janvier 2024 et est basée sur l'estimation des ressources minérales datée du 2 octobre 2023 pour Troilus par AGP Mining Consultants Inc. L'estimation des réserves minérales a été réalisée sous la supervision de Willie Hamilton, P.Eng. d'AGP, qui est une personne qualifiée au sens de la norme 43-101. Les réserves minérales sont indiquées dans les plans de fosse définitifs sur la base d'un prix de l'or de 1 550 \$ US/oz, d'un prix de l'argent de 20 \$ US/oz et d'un prix du cuivre de 3,50 \$ US/lb. Un seuil de NSR de 9,96 dollars canadiens par tonne a été utilisé pour définir les réserves. Les coûts d'exploitation pour la durée de vie de la mine s'élevaient en moyenne à 3,99 dollars canadiens par tonne extraite, les coûts de traitement préliminaires à 8,02 dollars canadiens par tonne de minerai et les frais généraux et administratifs à 1,94 dollar canadien par tonne de minerai placé. Les récupérations métallurgiques ont varié en fonction de la teneur en or de la tête et des teneurs des concentrés. Les taux de récupération de la fosse 87 pour des teneurs équivalentes étaient de 95,5 %, 94,7 % et 98,2 % pour l'or, le cuivre et l'argent, respectivement. Les récupérations dans les fosses J pour des teneurs équivalentes étaient de 93,1 %, 89,3 % et 88,9 % pour l'or, le cuivre et l'argent, respectivement. Les récupérations de la fosse X22 pour des teneurs équivalentes étaient de 95,5 %, 94,7 % et 98,2 % pour l'or, le cuivre et l'argent, respectivement. Les taux de récupération des puits SW pour des teneurs équivalentes étaient de 85,7 %, 91,5 % et 85,6 % pour l'or, le cuivre et l'argent, respectivement. Les formules utilisées pour calculer les valeurs équivalentes sont les suivantes : pour la fosse 87 $AuEq = Au + 1,5361 * Cu + 0,0133 * Ag$, pour la fosse J $AuEq = Au + 1,4849 * Cu + 0,0123 * Ag$, pour la fosse SW $AuEq = Au + 1,6535 * Cu + 0,0129 * Ag$, pour la fosse X22 $AuEq = Au + 1,5361 * Cu + 0,0133 * Ag$.

3.1.3 Titres miniers

Le site du projet minier Troilus comprend 93 titres miniers ainsi qu'un bail minier existant (BM829) et trois baux d'utilisation du territoire pour divers aménagements déjà en place couvrant 5 369 ha. Les titres miniers sont divisés en deux blocs, soit la portion nord qui regroupe le site du projet minier historique et proposé et la portion sud qui regroupe des secteurs de potentiel minéral où aucune infrastructure n'est prévue dans le cadre du projet proposé. Le secteur sud représente 720 titres miniers qui couvrent 38 941 ha (carte 3.1).

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Le nouveau projet minier Troilus proposé est essentiellement une continuité de l'exploitation de l'ancienne mine Troilus qui a été en opération de 1996 à 2010. Les zones d'exploitation sont divisées en deux secteurs, soit le secteur qui regroupe la fosse 87, la fosse J4 et la nouvelle fosse X22 et le secteur de la fosse Sud-ouest qui a été découverte en 2020.



LÉGENDE / LEGEND

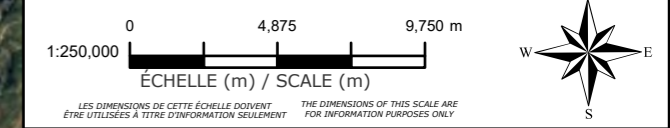
- Zone de développement du projet / Project development area
- Titres miniers actifs de Troilus / Active Troilus Mining Titles
- Bail Minier Existant BM829 / Existing Mining Lease BM829

3				
---	--	--	--	--

RÉV.	DESCRIPTION	AA/MM/YY	BY	VERIF.
------	-------------	----------	----	--------

RÉFÉRENCES/REFERENCES
 Bail Minier: SISEDM, Juin 2025
 Carte de base: Bing 06 Juin 2023

NOTES
 CES INFORMATIONS NE PEUVENT ÊTRE REPRODUITES SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DE BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. NI PAS AGRANDIR ET RÉDUIRE LA TAILLE DE CE DESSIN. CE DESSIN A PEUT-ÊTRE ÉTÉ RÉDUIT. TOUTES LES ÉCHELLES ET ANNOTATIONS INDICQUÉES SONT BASÉES SUR UN FORMAT DE DESSIN DE 11"x17".
 THIS INFORMATION MAY NOT BE REPRODUCED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. DO NOT ENLARGE OR REDUCE THE SIZE OF THIS DRAWING. THIS DRAWING MAY HAVE BEEN REDUCED IN SIZE. ALL SCALES AND ANNOTATIONS SHOWN ARE BASED ON AN 11"x17" DRAWING FORMAT.



CLIENT

Troilus Gold Corp.

PROJET/PROJECT

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus / Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

TITRE/TITLE

Titres miniers de Troilus / Troilus Mining Titles

NO. PROJET / PROJECT NO. 240433 / 167040485	DATE 06/ 19/ 2025
--	----------------------

CONÇU / CHECKED S. Sene	RÉVISÉ / VERIFIED C. Gardois
----------------------------	---------------------------------

DESSINÉ / DRAWN M. Baker	Figure No. 3.1	ED./REV. 3
-----------------------------	-------------------	---------------

3.2 Infrastructures minières

Les infrastructures sont présentées en trois sections, soit : 1) les infrastructures de la mine comprenant les fosses à ciel ouvert, le parc à résidus miniers (PARM), les haldes à stériles, minerai et mort-terrain; 2) les infrastructures de soutien aux opérations; l'usine de traitement du minerai, les bâtiments administratifs et mécaniques, le campement de travailleurs; 3) les infrastructures connexes (carte 3.2). La superficie actuelle des infrastructures de même que la superficie prévue à la fin des opérations sont présentées dans le tableau 3.2.

3.2.1 Infrastructures de la mine

3.2.1.1 Fosses

Le nouveau projet minier Troilus est séparé en 2 secteurs d'exploitation comprenant 4 fosses à ciel ouvert. Les fosses 87 et J4 existantes seront agrandies et l'aménagement de la fosse X22 à l'ouest de la fosse 87 est aussi prévu. À la fin des opérations, ces trois fosses se rejoindront en surface. Un autre secteur d'exploitation est prévu, soit le secteur sud-ouest comprenant la fosse Sud-ouest. La superficie actuelle des infrastructures de même que la superficie prévue à la fin des opérations sont présentées dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 Superficie des infrastructures de la mine

Infrastructures	Superficie actuelle (ha)	Superficie prévue (fin des opérations) ha	Nouvel aménagement	Proportion approximative de l'infrastructure qui sera aménagée dans un secteur non impacté
Fosse 87	50	395	En parti	≤15 %
Fosse J4	20		En parti	≤ 20 %
Fosse X22	-		Oui	~80 %
Fosse Sud-ouest	-	66	Oui	100 %
Parc à résidus miniers	340	472	Non	~10 %
Halde à stérile 87	92	244	En parti	~15 %
Halde à stérile ouest	-	193		100 %
Halde à stérile sud-ouest	-	71	Oui	~30 %
Halde à stérile Super*	-	273	Oui	100 %
Halde à mort-terrain ouest	-	12	Oui	0 %
Halde à mort-terrain 87-1	-	12	Oui	100 %
Halde à mort-terrain 87-2	-	24	Oui	~80

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Infrastructures	Superficie actuelle (ha)	Superficie prévue (fin des opérations) ha	Nouvel aménagement	Proportion approximative de l'infrastructure qui sera aménagée dans un secteur non impacté
Halde à mort-terrain nord-ouest	-	36	Oui	100 %
Halde à mort-terrain Sud-ouest	-	34	Oui	100 %
Aire d'entreposage du minerai (ROM pad)	-	39**	Oui	0 %
Halde à minerai 1	-	17	Oui	0 %
Halde à minerai 2 (basse teneur)	-	61	Oui	100 %

* Une partie de la halde à stérile Super sera construite sur la halde à stérile sud-ouest, la halde à stérile ouest et la fosse Sud-ouest.

** La superficie de l'aire d'entreposage du minerai comprend la halde à minerai 1.

3.2.1.2 Aires d'entreposages

Des aires d'entreposage pour le mort-terrain provenant des travaux de préparation de terrains seront localisées à proximité des aménagements qui devront être restaurés et revégétés à la fin de leurs opérations. Ceci facilitera la restauration progressive des infrastructures à la fin de leur utilisation comme ce sera le cas pour le PARM après l'année 10.

Les haldes à stérile J4 et une partie de la halde 87 qui sont actuellement présentes sur le site seront déplacées afin d'être utilisées comme matériaux pour le rehaussement de la digue du PARM. La partie de la halde à stérile 87 qui ne sera pas déplacée, sera réutilisée pour entreposer les stériles provenant de la nouvelle opération.

Des aires d'entreposage de minerai seront aménagées à proximité du secteur industriel. La halde à minerai 1 servira à assurer une alimentation constante de l'usine de traitement, cette halde sera bâtie par-dessus une fondation de stérile minier aussi appelé ROM PAD. L'autre halde, soit la halde à minerai 2 agira comme halde à minerai de basse teneur. Ce minerai alimentera de l'usine de traitement dans la dernière année d'opération.

Les aires d'entreposage pour les résidus miniers provenant de l'usine de traitement du minerai seront le PARM existant pour les dix premières années d'opération, par la suite les résidus seront entreposés dans les fosses Sud-ouest, J4 et 87 en séquence après leur exploitation.

Le parc à résidus existant sera agrandi pour accueillir 169 millions de tonnes de résidus supplémentaires. Le rehaussement du PARM aura lieu simultanément avec l'aménagement de la halde à stérile ouest. Ceci permettra d'augmenter la stabilité géotechnique de cette digue. Il a été décidé de procéder à une méthode de construction de rehaussement en aval pour les rehaussements plutôt qu'une méthode de construction par élévation de la ligne centrale. Cette décision a été prise afin de fournir une plus grande capacité de stockage pour le PARM et d'améliorer la stabilité de la digue.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Les matériaux nécessaires pour le rehaussement des digues du parc à résidus sont disponibles sur le site actuel. Ils proviendront des déblais générés lors des travaux préparatoires et du déplacement des haldes à stériles existants et extraction du stérile prévue au cours de la vie de la mine.

Une évaluation des considérations, des contraintes ou des conflits susceptibles de restreindre ou d'empêcher le rehaussement de la digue a été réalisée (voir annexe C.12 de la présente étude d'impact environnementale et sociale [ÉIES]).

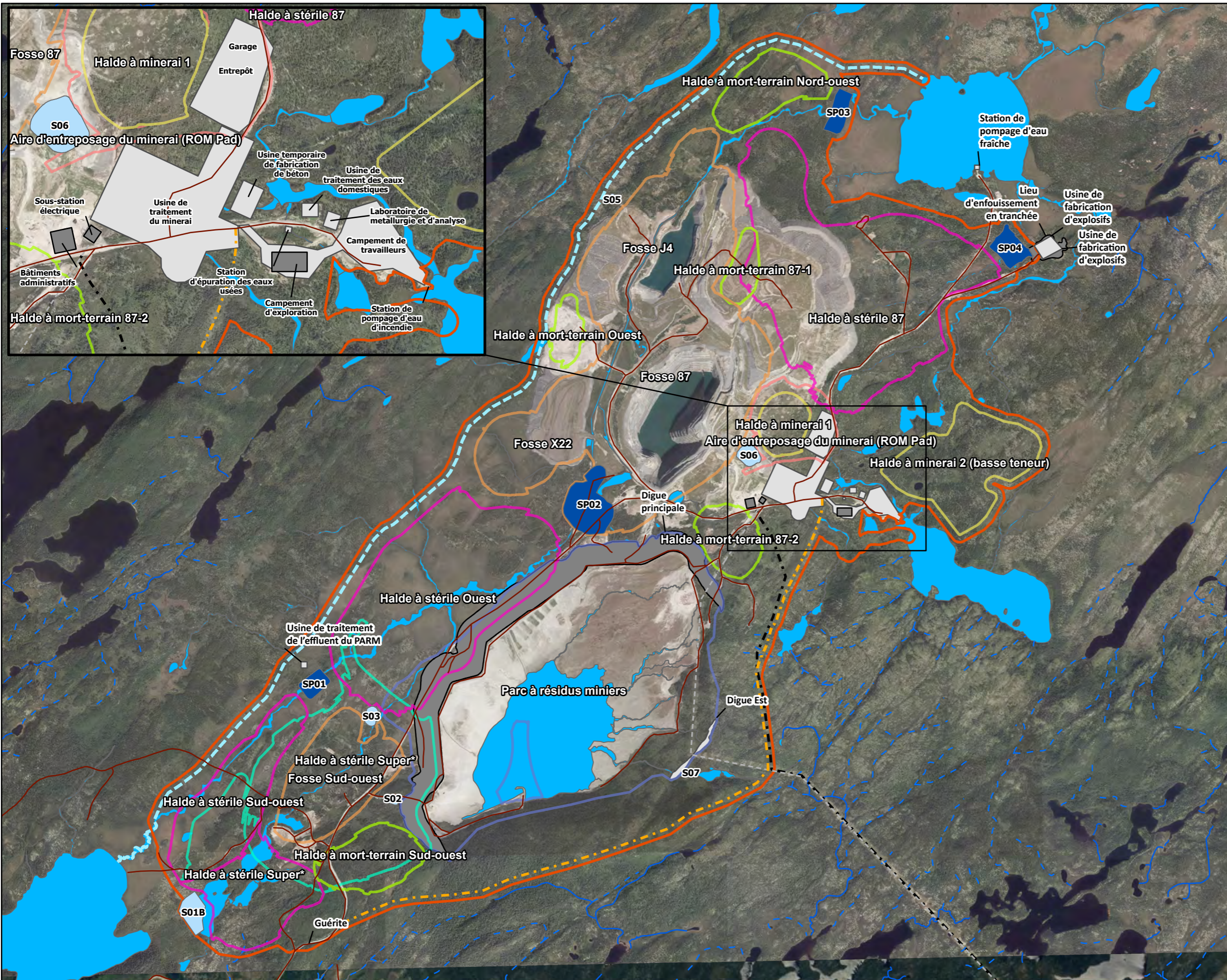
Cette étude comprend l'évaluation des points suivants :

- Disposition et capacité;
- Planification des dépôts;
- Analyses de l'infiltration, de la stabilité et de la déformation;
- Compatibilité des filtres avec les matériaux;
- Bilan hydrique;
- Examen des risques.

Une évaluation de la stabilité des autres aménagements comme les haldes à stériles et haldes à mort-terrain a aussi été effectuée (annexe C.10 du rapport d'ÉIES).

Sur la base des résultats des analyses de stabilité, les conceptions de haldes suggérées sont les suivantes :

- Halde à stériles : Pente globale de 2,5H:1V, hauteur inter-bancs de 20 m, largeur des bancs de 20 m;
- Halde à mort-terrain : Pente générale de 3H:1V, hauteur inter-bancs de 10 m et largeur de banc de 13 m;
- Halde à minerai à basse teneur : Pente générale de 2,5 H:1V, hauteur inter-bancs de 20 m et largeur de banc de 20 m.



- LÉGENDE / LEGEND**
- Zone de développement du projet / Project development area
 - Fosse / Open Pit
 - Halde à minerai / Ore Stockpile
 - Halde à mort-terrain / Overburden Pile
 - Halde à stérile / Waste Rock Pile
 - Halde à stérile super* / Super Waste Rock Pile*
 - Aire d'entreposage du minerai / ROM Pad
 - Parc à résidus miniers / Tailings Management Facility
 - Infrastructure existante / Existing Infrastructure
 - Infrastructure proposée / Proposed Infrastructure
 - Bassin de sédimentation (SP##) / Sedimentation Pond (SP##)
 - Puisard (S##) / Sump (S##)
 - Littoral / Body of Water
 - Ligne de transport d'énergie existante / Existing Power Line
 - Ligne de transport d'énergie proposée / Proposed Power Line
 - Chemin d'accès proposé / Proposed Access Road
 - Réseau routier existant / Existing Regional Road Network
 - Déviation du ruisseau Bibou / Bibou Creek Diversion
 - Cours d'eau intermittent / Intermittent Watercourse
 - Cours d'eau permanent / Permanent Watercourse
- * : Une partie de la halde à stérile super sera construite sur la halde à stérile sud-ouest, la halde à stérile ouest et la fosse Sud-ouest / Parts of the Super Waste Rock Pile will be constructed over the existing Southwest, and West Waste Rock Piles, and the South West Pit

6				
RÉV.	DESCRIPTION	AA/MM/YY	BY	VERIF.

NOTES
 CES INFORMATIONS NE PEUVENT ÊTRE REPRODUITES SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DE BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. NE PAS AGRANDIR ET RÉDUIRE LA TAILLE DE CE DESSIN. CE DESSIN A PEUT-ÊTRE ÉTÉ RÉDUIT. TOUTES LES ÉCHELLES ET ANNOTATIONS INDICQUÉES SONT BASÉES SUR UN FORMAT DE DESSIN DE 11"x17".
 THIS INFORMATION MAY NOT BE REPRODUCED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. DO NOT ENLARGE OR REDUCE THE SIZE OF THIS DRAWING. THIS DRAWING MAY HAVE BEEN REDUCED IN SIZE. ALL SCALES AND ANNOTATIONS SHOWN ARE BASED ON AN 11"x17" DRAWING FORMAT.

RÉFÉRENCES/REFERENCES
 Infrastructures proposées: 167040485_PublicationDonnes_Infrastructures_Poly, Stantec, 25 Janvier 2024
 Carte de base: Bing 06 Juin 2023

1:30,000
 0 550 1,100 m
 ECHELLE (m) / SCALE (m)

LES DIMENSIONS DE CETTE ÉCHELLE DOIVENT ÊTRE UTILISÉES À TITRE D'INFORMATION SEULEMENT / THE DIMENSIONS OF THIS SCALE ARE FOR INFORMATION PURPOSES ONLY

CLIENT
Troilus Gold Corp.

PROJET/PROJECT
Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus / Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

TITRE/TITLE
Aménagement des infrastructures minières projetées / Projected Mine Infrastructure

NO. PROJET / PROJECT NO.
 240433 / 167040485

DATE
 06/ 19/ 2025

CONÇU / CHECKED
 S. Sene

RÉVISÉ / VERIFIED
 C. Gardois

DESSINÉ / DRAWN
 M. Baker

Figure No.
 3.2

ED./REV.
 6

3.2.2 Infrastructures de soutien aux opérations

Toutes les infrastructures d'opérations minières historiques ont été démantelées en 2009-2010 à la suite de l'arrêt des opérations, à l'exception de la sous-station électrique et quelques petits bâtiments dans le secteur industriel : garage d'entreposage, station de pompage, bâtiment administratif. En général, toutes les infrastructures de support aux opérations devront être reconstruites ou modifiées pour le nouveau projet.

La liste ci-bas décrit les infrastructures d'opérations prévues :

- Dôme pour empilement de minerai concassé;
- Usine de traitement du minerai;
- Usine de traitement de l'effluent provenant du PARM;
- Bâtiments administratifs;
- Guérite avec une clinique de premiers soins;
- Laboratoire de métallurgie et d'analyse;
- Entrepôt et garage mécanique;
 - Installation de lavage des camions;
 - Entrepôt de la mine;
 - Installation de gestion des carburants;
 - Magasin et entrepôt pour camions de mine;
 - Entrepôt d'explosifs;
- Entrepôt pour matières dangereuses résiduelles;
- Usine de fabrication d'explosifs;
- Zone de stockage de carburant pour ravitailler les camions de la mine et les véhicules légers;
- Campement de travailleurs;
 - Filière de traitement des eaux domestique.

En général, les bâtiments du site seront des structures industrielles modulaires adaptées.

3.2.3 Infrastructures connexes au projet

Le site Troilus comprend déjà plusieurs infrastructures qui seront réutilisées dans le cadre du nouveau projet tel que le chemin d'accès à partir de la route du Nord, la ligne électrique de transport de 161 kV alimentant le site, la sous-station électrique de 50 MW, une partie du réseau de fossés de collecte et deux bassins de sédimentation qui pourraient être réutilisés pour la période de construction.

Dans le cadre du nouveau projet, la réutilisation d'environ 40 km du chemin d'accès est prévue. La dernière section devra être déviée vers l'est pour éviter les futures infrastructures. Les quatre derniers kilomètres de la ligne électrique vers le site minier devront aussi être déplacés pour permettre le futur rehaussement du parc à résidus miniers. Le tracé de ces deux infrastructures est indiqué à la carte 3.2. Toutes les infrastructures minières comprendront leurs propres fossés de collecte ou réseau de drainage.

Les infrastructures connexes au projet suivant devront être aménagées :

- 4 km de nouveau chemin d'accès de 14 mètres de large connectant le chemin d'accès au site minier;
- Réseau de chemins d'accès entre les infrastructures proposées et le secteur industriel;

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

- 4 km de nouvelle ligne électrique pour accommoder le rehaussement du PARM;
- 4 bassins de sédimentation (SP01 à SP04);
- 2 canaux de diversion d'eau propre (incluant la déviation du ruisseau Bibou);
- Fossés de collecte d'eau de contact;
- 7 puisards;
- Une station de pompage d'eau fraîche pour alimenter l'usine de traitement du minerai, la tuyauterie enfouie est déjà existante;
- Filières de traitement des eaux usées;
- Usine temporaire de fabrication de béton.

3.2.3.1 Alimentation en eau potable et traitement de l'eau

L'alimentation en eau potable sera effectuée de la même manière que lors l'opération historique c'est-à-dire via des puits de captage souterrains aménagés dans le secteur des campements. Les besoins en eau potable ne diffèrent pas considérablement de la consommation historique. Deux puits d'alimentation (PU-4 et ancien puits, campement) sont actuellement en place et sont prévus être réutilisés pour l'alimentation en eau potable. Les deux puits ont une capacité d'alimentation de 81,6 m³/j et 41 m³/j respectivement selon les essais de pompage effectués.

Lors de la phase de construction, les besoins en eau potable maximale sont estimés à 116 m³/j.

Lors de la phase d'opération, les besoins en eau potable sont estimés à 50 m³/j.

Aucun traitement des eaux provenant des puits de captage souterrains n'est prévu en se basant sur les résultats analytiques historiques et actuels.

3.2.3.2 Traitement des eaux domestiques usées

Les eaux usées domestiques provenant du secteur des campements et du secteur industriel seront acheminées vers la filière de traitement des eaux usées où elles seront traitées par le système de traitement KODIAK^{MC} de Bionest. Les débits de traitement des eaux usées anticipés seront quasi identiques aux besoins en eau potable, c'est-à-dire environ 116 m³/j en phase de construction et 50 m³/j lors des opérations.

Le système de traitement KODIAK^{MC} utilise un média synthétique sur lequel se fixe une culture microbienne responsable du traitement biologique. Le média est un ruban de polymère non toxique, gravé pour faciliter l'implantation de la biomasse épuratrice.

Les avantages de ce système de traitement sont les suivants :

- Performances de traitement très élevées;
- Système simple et robuste;
- Système modulable et mobile;
- Effluent clair et sans odeur;
- Média ne nécessitant aucun remplacement;
- Installation facile;
- Faibles coûts d'opération et d'entretien.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

La qualité des eaux au point de rejet est attendue respecter les normes de rejet en surface et de ce fait le point de rejet prévu sera un petit cours d'eau au nord du secteur du campement. En effet, les systèmes de traitement Bionest de KODIAK_{MC} prévoient un effluent qui respecte les normes de rejet québécoises d'une installation de traitement de type réacteur biologique membranaire et donc pourrait être rejeté en surface. De plus, la concentration en coliformes fécaux à l'effluent pourra être réduite à 2 mg/l avec l'ajout d'une unité de désinfection UV.

Tableau 3.3 Performance de traitement du système Bionest selon le fabricant

	Demande biochimique en oxygène DBO5C (mg/l)	Matière en suspension (mg/l)	Coliformes fécaux (UFC/100 ml)
Système Bionest*	4	3	4 000
Norme québécoise de rejet	15	15	50 000

*Résultats obtenus dans le cadre de la certification NQ 3680-910

Les technologies de traitement des eaux usées vérifiées et leurs avantages et inconvénients sont présentés davantage dans la section sur les solutions de rechange du projet.

3.3 Extraction du minerai

3.3.1 Exploitation des fosses

Les opérations du projet minier Troilus consisteront en l'extraction de stériles et de minerai provenant des fosses à ciel ouvert existantes 87 et J4 ainsi que des deux nouvelles fosses à ciel ouvertes Sud-ouest et X22. Les fosses Sud-ouest et X22 sont adjacentes à la fosse 87 et à la fin des opérations, elles formeront une unique fosse, qui est représentée par le nom de fosse 87 sur la carte (carte 3.2). Le stérile sera extrait et entreposé sur des haldes à proximité. Il y aura 1 171 Mt de stériles à entreposer et le ratio de décapage global de la mine est de 3,1:1.

Un taux de descente maximale de neuf bancs par an et par phase a été appliqué pour l'exploitation à ciel ouvert afin de garantir que des opérations minières et un contrôle de l'alimentation du broyeur raisonnable puissent avoir lieu.

Les principales unités de chargement seront des pelles hydrauliques de 34 m³. Le chargement supplémentaire sera effectué par des chargeurs de 23 m³. Les camions de transport seront des camions conventionnels de 229 tonnes.

On prévoit l'extraction de 18,3 Mt par année totalisant 380 Mt de minerai titrant 0,49 g/t d'or, 0,058 % de cuivre et 1,0 g/t d'argent sur une durée de vie de 22 ans.

La durée de vie actuelle de la mine comprend deux années de construction suivies de 22 années d'opération. La dernière année (an 22), l'exploitation des fosses sera terminée, mais l'usine continuera à être alimentée par le minerai accumulé dans la halde à minerai 2. La séquence d'extraction est présentée dans le tableau 3.4.

Tableau 3.4 Séquence d'exploitation des fosses de la mine Troilus

Année	Matières extraites par source (Mt)										Total
	Fosse 87				Fosse J		Fosse sud-ouest		Fosse X22		
	ph 0	ph 1	ph 2	ph 3	ph 1	ph 2	ph 1	ph 2	ph 1	ph 2	
-2	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10
-1	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	54
1	0	11	44	0	0	0	24	0	0	0	80
2	0	19	41	0	0	0	20	0	0	0	80
3	0	44	16	0	0	0	20	0	0	0	80
4	0	31	32	0	0	0	18	0	0	0	80
5	0	12	41	0	10	0	7	15	0	0	86
6	0	0	37	0	13	0	7	30	0	0	87
7	0	0	29	0	29	6	7	15	0	0	87
8	0	0	7	0	37	18	7	17	0	0	87
9	0	0	0	0	63	8	0	9	0	0	80
10	0	0	0	0	51	29	0	0	0	0	80
11	0	0	0	0	22	57	0	0	0	0	79
12	0	0	0	28	1	46	0	0	0	0	75
13	0	0	0	41	0	37	0	0	0	0	78
14	0	0	0	61	0	14	0	0	0	0	75
15	0	0	0	61	0	1	0	0	0	0	62
16	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	61
17	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	45
18	0	0	0	32	0	0	0	0	37	0	69
19	0	0	0	6	0	0	0	0	27	28	60
20	0	0	0	0	0	0	0	0	9	31	40
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15
Total	10	171	249	336	227	215	109	87	73	73	1550

3.3.2 Forage et sautage

Le forage sera réalisé à l'aide de marteaux à fond de trou (DTH) muni d'un trépan de 203 mm permettant le forage des bancs de 10 mètres de hauteur en un seul passage. Seuls des explosifs à émulsion seront utilisés en raison des conditions humides attendues.

Au total 480 746 tonnes d'explosifs à émulsion sont prévues être utilisées sur les 22 années d'opération pour une moyenne annuelle de 20 902 tonnes.

La construction de l'usine et de l'entrepôt d'explosifs sera sous la charge de l'entrepreneur spécialisé retenu. L'emplacement définitif sera choisi en respectant les distances minimales imposées par les codes de sécurité et de construction en vigueur. La propriété sera entourée d'une zone de sécurité renforcée dotée de dispositifs de contrôle et de surveillance sophistiqués pour assurer une vigilance permanente.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Des bermes de protection et des barrières anti-accidents seront stratégiquement installées pour limiter la propagation en cas d'incident. Les bâtiments de production, de stockage et de traitement seront conçus selon des normes strictes : résistance au feu, prévention des décharges électriques, ventilation efficace et systèmes de sécurité incendie, garantissant leur intégrité et la sécurité du personnel.

L'accès au site sera strictement contrôlé, avec des points d'entrée réservés au personnel autorisé, afin de limiter tout risque d'intrusion. Des mesures de sécurité additionnelles seront déployées tout au long des phases de construction et d'exploitation, assurant une conformité rigoureuse aux réglementations en vigueur.

En outre, l'entrepreneur devra respecter l'ensemble des normes du Règlement de 2013 sur les explosifs, notamment en matière de transport, d'entreposage, ainsi que des systèmes de suivi et de communication.

3.4 Traitement du minerai

L'usine a été conçue pour un débit nominal de 50 000 t/j (à sec) à une teneur nominale de 0,74 g/t d'or, 1,50 g/t d'argent et 0,09 % de cuivre, et à des teneurs moyennes de 0,49 g/t d'or, 1,00 g/t d'argent et 0,06 % de cuivre pour l'ensemble de la durée de vie de la mine.

Les taux de récupération prévus pour l'argent, l'or et le cuivre pour toutes les zones confondues sur la durée de la vie de la mine sont les suivantes : 91,9 % Ag, 92,7 % Au et 91,8 % Cu. Pour une récupération totale de 9,45 Moz d'argent, 5,38 Moz d'or et 381,8 Mlbs de cuivre sur les 22 ans d'opération prévue.

3.4.1 Infrastructures

Les figures 3.3 à 3.5 présentent l'aménagement prévu des infrastructures suivantes : concassage primaire, secondaire et empilement de minerais concassés (figure 3.3), zone de récupération et broyage à haute pression (figure 3.4) et l'usine de traitement du minerai (figure 3.5). Les principales zones de cette dernière sont les suivantes :

- Zone de broyage et de classification;
- Circuit gravimétrique;
- Circuit de rebroyage;
- Circuit de flottation;
- Traitement du concentré;
- Salle d'extraction de l'or;
- Épaississeur à résidus;
- Service des eaux;
 - Eau fraîche provenant du lac A;
 - Eaux brutes provenant du bassin du PARM et de SP02;
- Bâtiment d'entreposage des réactifs.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Le broyage sera effectué dans un bâtiment fermé avec ossature métallique reposant sur des fondations en béton et équipé de ponts roulants et de grues de maintenance. Il comprendra deux lignes de broyage parallèles contenant chacune un broyeur à boulets et des hydrocyclones. Les broyeurs reposeront sur des fondations indépendantes en béton.

Le bâtiment de flottation sera situé à côté du bâtiment de l'usine, du côté sud-ouest. Il comprendra un circuit de flottation (dégrossissage, nettoyage et épuisage), un circuit de rebroyage du concentré, un épaisseur de concentré et des réservoirs d'eau. Le bâtiment sera fermé avec une ossature métallique reposant sur des fondations en béton et sera équipé de ponts roulants de maintenance. Il aura une superficie d'environ 3 950 m² et abritera les pompes de sous-écoulement de l'épaisseur à résidus ainsi que diverses autres pompes à eau. L'épaisseur de résidus de 65 m de diamètre et le réservoir d'eau de traitement seront situés à l'extérieur du bâtiment dans une zone de confinement en béton.

Le bâtiment de traitement du concentré sera une extension du bâtiment de flottation sur son côté sud-est. Il abritera un réservoir d'alimentation du filtre à concentré, un réservoir de filtrat et un filtre à pression de concentré. Le bâtiment comprendra également un passage pour les camions où le concentré sera chargé via un chargeur frontal.

Le bâtiment abritant le circuit de gravité combiné et la salle d'extraction de l'or sera également une extension du bâtiment de flottation, sur son côté nord-est. Il comprendra plusieurs concentrateurs gravimétriques, des tables à secousses, un four de séchage, un four de fusion au diesel et un coffre-fort/voûte.

Le bâtiment entreposant les réactifs sera situé au nord-ouest du bâtiment de flottation. Tous les réservoirs de stockage, les structures en acier et les pompes reposeront sur une grande dalle de béton au sol.

L'usine Troilus traitera du minerai de cuivre et d'or provenant des quatre gisements par concassage, broyage et flottation pour produire un concentré de cuivre avec de l'or et de l'argent.

Le schéma de traitement est similaire au circuit original de Troilus, mais il a été mis à jour pour fournir un système de traitement à faible coût énergétique tout en maximisant les récupérations d'or et de cuivre. Les principaux critères de sélection des équipements sont :

- L'aptitude à la fonction, la sécurité, la fiabilité et la facilité d'entretien;
- L'agencement de l'usine de traitement facilite l'accès à tous les équipements pour les besoins d'exploitation et de maintenance, tout en conservant un agencement qui permet de réduire les coûts d'exploitation et de maintenance, tout en maintenant une disposition qui facilitera l'avancement de la construction dans plusieurs zones simultanément.

Les principaux critères de conception de l'usine sont les suivants :

- Taux nominal de 50 000 t/j (sec);
- Circuit de concassage primaire et secondaire avec une disponibilité de 75 %;
- Une grande pile de stockage couverte fournit une capacité d'appoint entre le concassage secondaire et le reste de l'usine secondaire et le reste de l'installation;

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

- Des cylindres de broyage à haute pression (HPGR) sont utilisés pour le concassage tertiaire, suivi d'un broyage à boulets, avec une disponibilité de 88 %.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

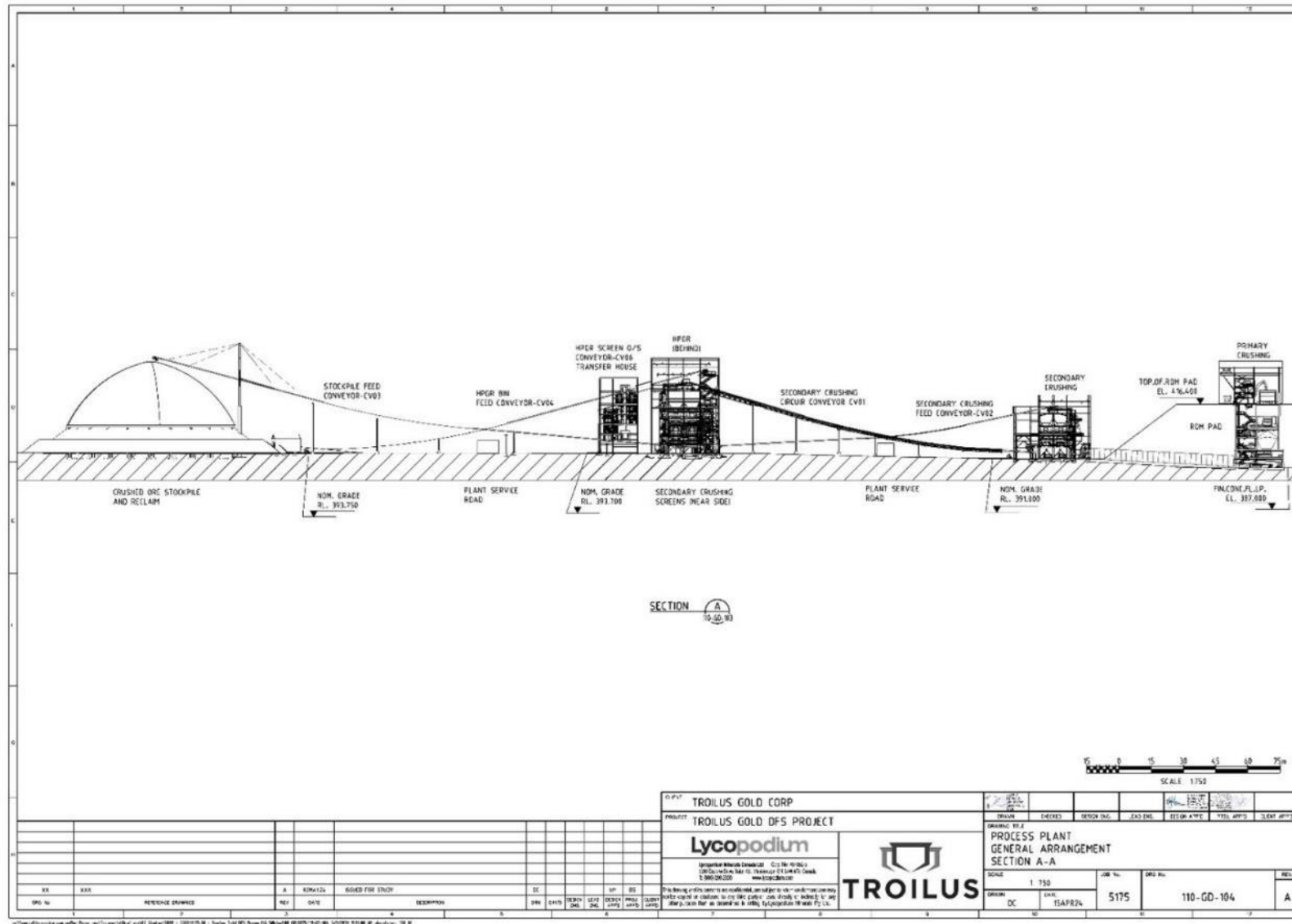


Figure 3.3 Aménagement général du concasseur primaire et secondaire

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

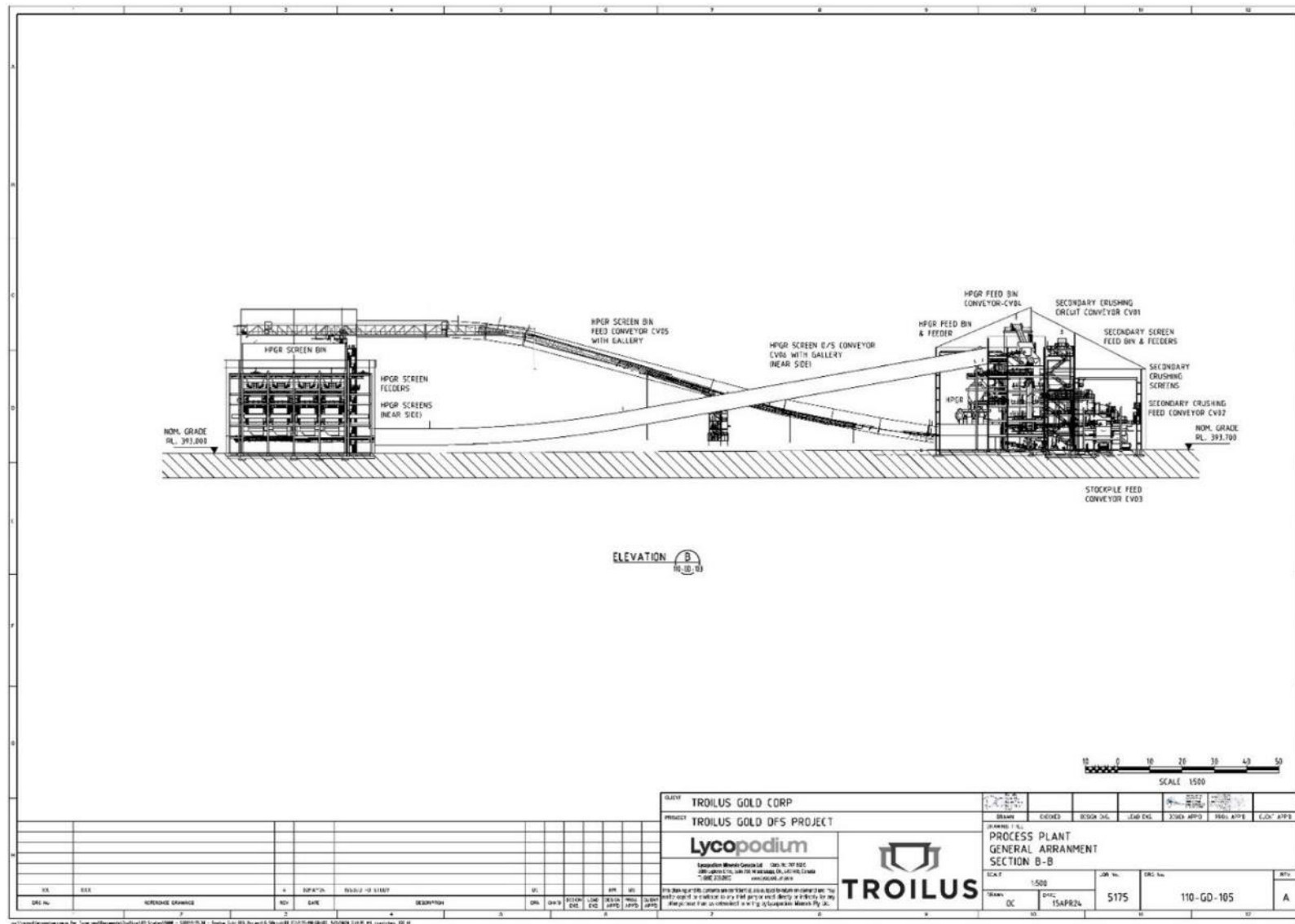


Figure 3.4 Zone de récupération et de broyage à haute pression

3.4.2 Procédé de traitement

Le procédé de traitement comprend les étapes suivantes (figure 3.6) :

- Concassage en deux étapes à l'aide d'un concasseur giratoire à circuit ouvert suivi de deux concasseurs à cône secondaires parallèles en circuit fermé pour produire un produit broyé de - 45 mm destiné à alimenter le HPGR ci-après. Le minerai concassé sera stocké dans une pile de stockage couverte;
- Un seul HPGR fonctionnant en circuit fermé avec quatre cribles vibrants parallèles pour produire un produit de -5 mm destiné aux broyeurs à boulets;
- Broyage et classification dans deux circuits fermés parallèles de broyage à boulets, avec la possibilité d'une concentration gravimétrique grossière et de balayage dans le futur;
- Flottation en vrac pour produire un concentré de cuivre primaire;
- Broyage du concentré en vrac dans une configuration en circuit ouvert, avec possibilité de concentration gravimétrique du broyat à l'avenir;
- Flottation de nettoyage en vrac, utilisant trois étapes de nettoyage par flottation en colonne.
- Épaississement et filtration du concentré de cuivre final;
- Fusion des concentrés gravimétriques du circuit de récupération pour produire du doré à l'avenir;
- Épaississement des résidus de flottation combinés et évacuation dans une installation de stockage des résidus (PARM et fosses).

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

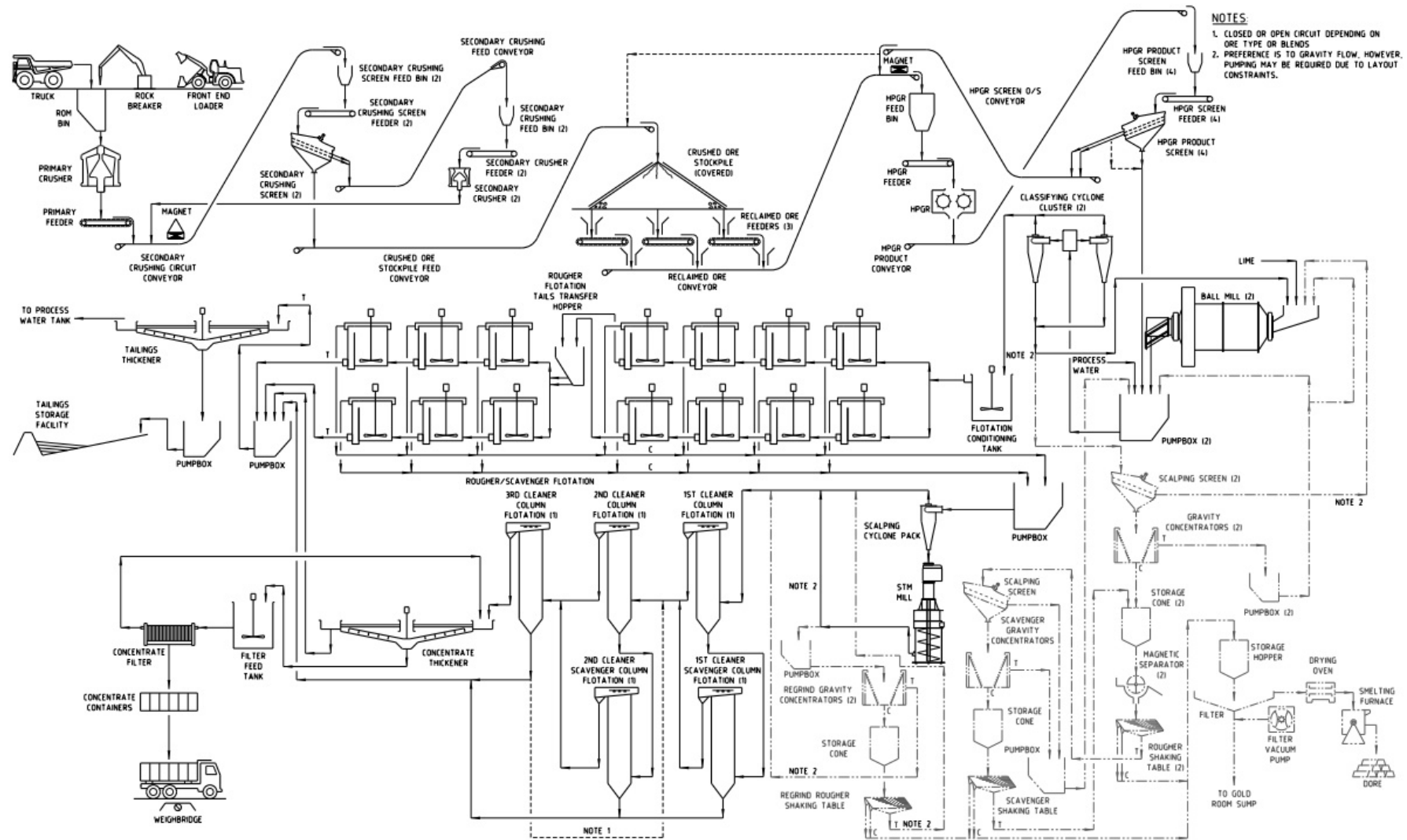


Figure 3.6 Diagramme du procédé de traitement du minerais

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.4.3 Utilisation des réactifs

Divers réservoirs de réactifs seront situés à l'intérieur du bâtiment d'entreposage dans des zones de confinement en béton séparées. Les réactifs sont stockés en vrac pour 7 jours d'inventaire. Ils sont composés de floculants, chaux, moussant, xanthane, SPRI 206, sulfite de sodium. Le tableau 3.5 décrit davantage les réactifs utilisés.

Tableau 3.5 Description des réactifs et de leur utilisation

Substance	Mode de réception	Utilisation	Consommation annuelle (tonne/année)
Floculants	Poudre en sacs en vrac 1 tonne	Les floculants sont des substances chimiques qui favorisent l'agrégation des particules en suspension dans les eaux usées, ce qui permet de les éliminer efficacement. Ces particules forment alors des flocs plus grands et plus denses, qui peuvent être facilement séparés et éliminés, ce qui permet d'obtenir une eau plus propre qui peut être recyclée ou rejetée en toute sécurité dans l'environnement.	828 t/année
Chaux (CaO)	Réservoir et sacs en vrac 1 tonne	Augmenter le ph pour le circuit de flottaison	25 517 t/année
Xanthane d'Amyl et de Potassium (PAX)	Poudre granulaire en sacs 850 kg	Il est largement utilisé dans l'industrie minière pour la séparation des minerais par le processus de flottation.	884 t/année
SPRI 206	Conteneurs de vrac intermédiaires	Améliore la récupération des minéraux de cuivre primaires/secondaires et des métaux précieux associés au cuivre.	550 t/année
Sulfite de Sodium (Na ₂ SO ₃)	Poudre cristallisée en sacs de 1,25 tonne	Dépresseur de pyrite	438 t/année
Moussant	Grands récipients pour vrac (GRV)	Le moussant renforce la tension superficielle de l'air injecté dans la cellule de flottation. Lorsque l'air s'élève sous forme de bulles, il entre en contact avec le collecteur chargé de minéraux qui se fixe à l'air.	460 t/année
Sulfate de Zinc (ZnSO ₄)	Poudre cristallisée en sacs de 1 tonne	Dépresseur de zinc en cas de besoin pour certaines zones minéralisées	s.o. au besoin
Trithiocarbonate de sodium (Na ₂ CS ₃)	Poudre en sacs en 1,2 tonne	Dépresseur d'arsenic en cas de besoin	s.o. au besoin

3.5 Gestion des résidus, des stériles miniers et du mort-terrain

3.5.1 Résidus miniers

La conception des structures de gestion des résidus miniers (halles et parc à résidus miniers) a suivi les exigences de la Directive 019 et de l'Association canadienne des barrages, en tenant compte du changement climatique et en utilisant la crue millénaire pour les calculs ainsi qu'en considérant les prévisions en matière d'apport en eau due au changement climatique. Afin de proposer des emplacements adéquats pour les infrastructures prévues, une évaluation des dépôts meubles et des

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

affleurements rocheux a été réalisée afin de produire une cartographie détaillée du secteur à l'étude. À la suite de cette évaluation, des investigations géotechniques et hydrogéologiques ont été effectuées pour confirmer l'épaisseur des dépôts, l'élévation du roc et du niveau d'eau ainsi que pour déterminer les propriétés du sol afin de procéder avec l'évaluation de la stabilité des infrastructures proposées.

Tous les critères de conception ainsi que les diverses analyses portant sur la stabilité des infrastructures proposées sont disponibles aux annexes C.10, C.12 et C.13 du rapport d'ÉIES.

3.5.1.1 Géochimie des résidus miniers

Les essais de l'usine pilote métallurgique réalisés ont produit quinze échantillons de résidus pour la caractérisation géochimique. Des tests statiques ont été effectués sur ces échantillons et montrent que certains d'entre eux pourraient être considérés comme potentiellement générateurs d'acide (PGA) au sens de la réglementation québécoise, conformément au Guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques [MELCC], 2020), mais aucun ne serait PGA selon le Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials (MEND, 2009).

À la lumière de ces résultats géochimiques, il est important de prendre en compte les éléments suivants :

- Il existe déjà un parc à résidus miniers sur le site qui ne génère pas de drainage minier acide (DMA);
- Les zones minéralisées à exploiter et les procédés métallurgiques à utiliser seront les mêmes que lors de l'exploitation précédente;
- Les futurs résidus miniers auront une composition chimique et minéralogique similaire à celle des résidus miniers déjà présents sur le site;
- Les derniers essais de caractérisation des résidus ont été réalisés par Troilus en 2023. Les échantillons testés ont été jugés non potentiellement générateurs d'acide (non PGA), car leur potentiel de neutralisation est de 3 à 26 fois supérieur au potentiel d'acidité;

Une description complète de la géochimie des résidus miniers est disponible à la section 5.2.3.

3.5.1.2 Gestion des résidus miniers

Une évaluation semi-quantitative des options a été réalisée en tenant compte d'attributs clés tels que la performance, l'exploitabilité, le coût et la complexité de la fermeture (annexe C.12 du rapport d'ÉIES). Sur la base de cette évaluation, Troilus a décidé de choisir l'option des résidus épais. Les résidus épais (environ 54,3 % de solides en poids) seront produits à l'usine de traitement du minerai et pompés en vue d'une déposition permanente. Troilus Gold prévoit produire environ 18 Mt de résidus par année durant la durée de vie du projet. Pour la conception du PARM, l'installation est prévue pour le stockage de 169 Mt de résidus. Rappelons qu'un PARM est déjà en place et que le projet prévoit un rehaussement en aval de la digue existante (digue principale) jusqu'à une élévation finale de 435 mètres au-dessus du niveau de la mer (masl) et la construction d'une digue en selle le long du point bas de la pente de la montagne du côté est, également jusqu'à 435 masl. La digue à sellette (digue est) est nécessaire une fois que les résidus atteignent une altitude de 428 masl à l'intérieur du PARM, car ils ne peuvent plus être contenus naturellement par la montagne dans le sous-bassin versant du parc à résidus miniers.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Les critères de conception utilisés pour évaluer la stabilité des pentes sont présentés dans le tableau 3.6.

Tableau 3.6 Critères de de conception pour l'analyse de la stabilité des pentes

Paramètre	Valeur	Source
Tremblement de terre		
Séisme de conception	1:10 000 Probabilité de dépassement annuel (AEP)	GTR (2020)
Critères d'acceptation de la stabilité		
Coefficient de sécurité statique - résistance après pic (a)	1.5	Directive 019, CDA
Safety factor static – post-peak strength (a)	1.3	WSP (2024)
Coefficient de sécurité pseudo-statique	1.1	Directive 019
Facteur de sécurité post-séisme (b)	1.3	Directive 019
Critères d'acceptation de la déformation		
Déformation (nécessaire uniquement si les critères pseudo-statiques ne sont pas remplis)	≤1-2 % Contrainte	WSP (2024)

a) Ce cas d'analyse considère la résistance après le pic (ou résiduelle ou liquéfiée) pour les matériaux qui sont sensibles à l'adoucissement de la déformation ou à la liquéfaction statique.

b) Ce cas d'analyse prend en compte la résistance après le pic (ou résiduelle ou liquéfiée) pour les matériaux susceptibles de s'adoucir sous l'effet de la déformation et de la liquéfaction statique et dynamique.

Lorsque le PARM atteindra sa pleine capacité, soit au cours de l'année 10, les résidus miniers seront entreposés dans les fosses exploitées, et ce, jusqu'à la fin de la durée de vie de la mine. À l'année 10, l'exploitation de la fosse Sud-ouest sera terminée et pourra accueillir les résidus. Il est prévu de remplir cette fosse jusqu'à 367 m au-dessus du niveau de la mer, soit l'élévation minimale du roc dans le secteur. Une fois la capacité atteinte, une halde à stérile sera aménagée par-dessus. Les résidus miniers sont aussi entreposés dans les fosses J4 et 87, mais les fosses ne seront pas totalement remplies de résidus miniers. Dans la fosse J4 les résidus seront déposés jusqu'à ce qu'ils atteignent 167 m au-dessous du niveau de la mer soit au point bas où la fosse J4 rejoint la fosse 87. La fosse 87 quant à elle sera remplie jusqu'à une élévation de 98 m au-dessous du niveau de la mer.

Le plan de minage a été élaboré en tenant compte de cette contrainte du concept de migration vers le stockage en fosse au cours des dernières années de développement de la mine. Les capacités de stockage par site et sur une base cumulative sont présentées dans le tableau 3.7.

Tableau 3.7 Volume de résidus miniers entreposés dans les différentes structures

Localisation du site de déposition des résidus miniers	Volume (Mm ³)	Masse résidus secs (Mt)	Volume cumulatif (Mm ³)	Masse cumulative (Mt)
Parc à résidus miniers (élévation de la digue 435 m)	113	169	113	169
Fosse sud-ouest (élévation 367 m)	62	93	175	262
Fosse J4 (élévation 169 m, point bas de la connexion avec la fosse 87)	26	39	201	301
Fosse 87 (élévation 98 m)	52	79	253	380
Total de déposition des résidus	253	380	253	380

Le concept d'un bassin interne du PARM éloigné de la périphérie et drainant les remblais des bords est conservé. Ce concept se traduit par des pressions interstitielles plus faibles dans les résidus adjacents aux digues de la périphérie et a un effet positif sur la stabilité. Les objectifs du plan de dépôt sont les suivants :

- Former une plage sèche opérationnelle d'au moins 250 m contre la pente amont de la digue principale et de la digue orientale;
- Obtenir une clarté de l'eau appropriée en ayant une profondeur minimale de bassin de décantation de 3 m à l'emplacement de la station de pompage;
- Choisir un emplacement de bassin de décantation adapté aux exigences du processus de l'usine;
- Réduire les mouvements de la pompe de décantation;
- Atteindre le niveau conceptuel de fermeture.

3.5.2 Stériles miniers

3.5.2.1 Géochimie des stériles

Des essais statiques antérieurs, réalisés pour la mine précédente, ont montré que la plupart des stériles sont PGA dans les conditions de l'essai. Bien que des millions de stériles aient été altérés sur le site de la mine depuis plus de vingt ans, l'eau de contact est toujours neutre. On sait maintenant que le potentiel de neutralisation n'est pas seulement attribuable aux carbonates, comme le montrent les tests statiques, mais aussi à d'autres minéraux comme les silicates. Une description complète de la géochimie des stériles est disponible à la section 5.2.3.

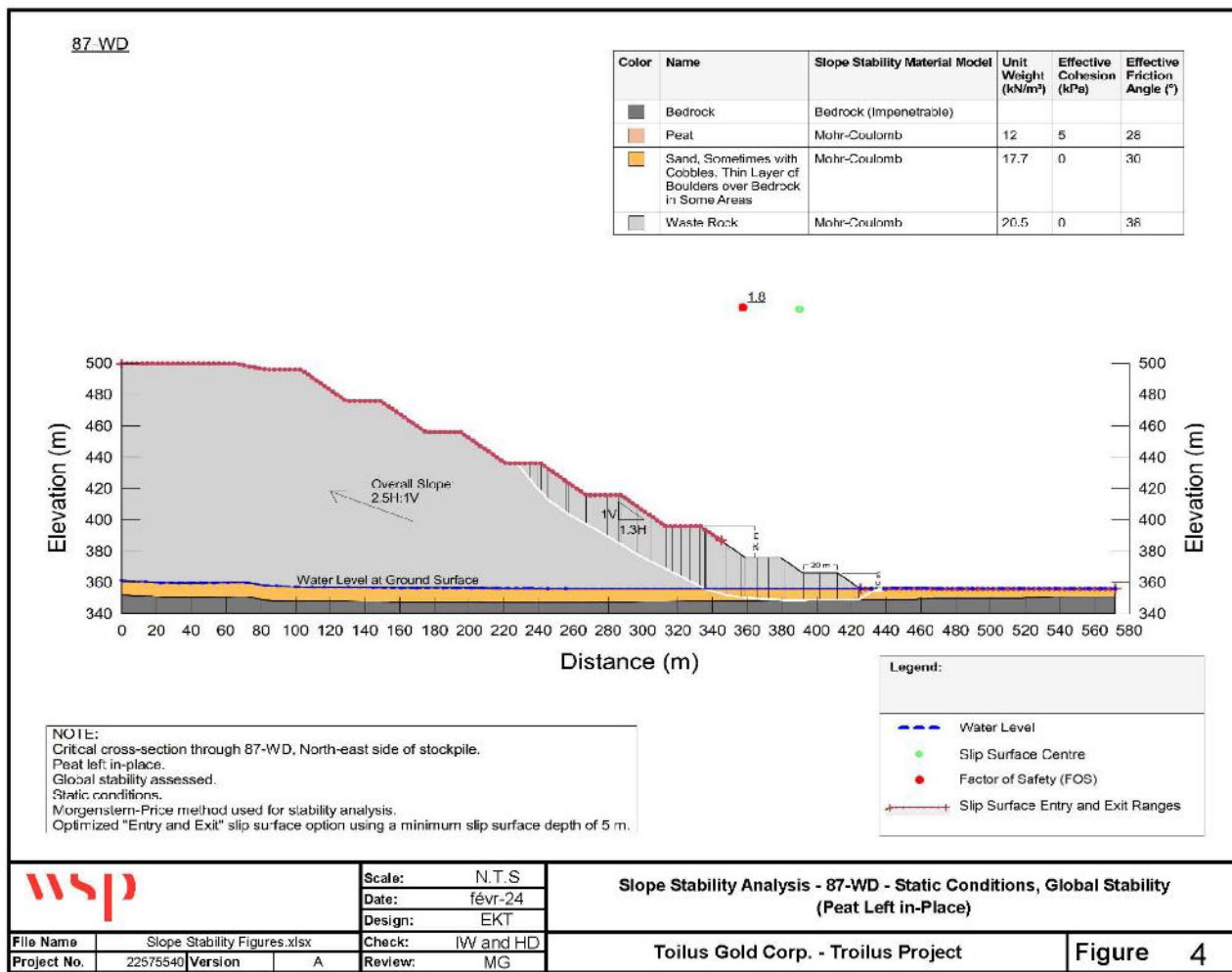
3.5.2.2 Gestion des stériles miniers

Toutes les aires d'accumulation de stériles (carte 3.2) ont été conçues avec une pente de face de 37° et des pentes globales de 21,8° (2,5 H:1V). Les haldes à stériles ont été conçues avec une hauteur de levage de 20 m et des bermes de 23,5 m. La figure 3.7 présente un exemple de configuration des haldes à stérile. La capacité d'entreposage des différents aménagements prévus en lien avec le stockage des stériles est présentée au tableau 3.8.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Ces haldes seront progressivement remises en état au fur et à mesure de leur développement. Les pentes seront aménagées au fur et à mesure de leur avancement afin de permettre la revégétalisation dès que possible. Des fossés de drainage seront mis en place le long des haldes afin de séparer l'eau de contact de l'eau propre.



wsp.com

WSP Canada Inc.

2024-02-2

Figure 3.7 Exemple de configuration d'une halde à stérile

Tableau 3.8 Capacité d'entreposage de stérile des aménagements du projet

Aménagement	Capacité (Mm³)
Base de la halde à minerai 1	1,3
Base de l'Aire d'entreposage du minerai (ROM pad)	2,9
Halde à stérile 87	189
Fosse 87- Remblayage stérile	7,0
Halde à stérile ouest	147,1
Fosse X22 - Remblayage stérile	16,4
Halde à stérile sud-ouest	64
Fosse Sud-ouest- Remblayage stérile	100,1
Halde à stérile – Remblai ouest du PARM	38,5
Halde à stérile – Remblai est du PARM	0,1
Total	150,5

3.5.3 Mort-terrain

Troilus a effectué une caractérisation des sols dans les secteurs à proximité des anciennes infrastructures qui auraient potentiellement contaminé les sols. Cette caractérisation a été faite dans le cadre de l'élaboration de la stratégie pour l'échantillonnage des sols à l'état initial. La caractérisation a permis de confirmer l'absence de contamination des secteurs où l'excavation de mort-terrain est prévue. Les secteurs devant être excavés correspondent aux fosses à ciel ouvert projetées. De plus, l'excavation autour des périmètres des haldes est prévue afin d'assurer leur stabilité. Le mort-terrain excavé sera entreposé temporairement jusqu'à ce que certaines infrastructures puissent être restaurées. Des fossés de collecte des eaux de contact seront aménagés autour des haldes à mort-terrain de manière à capter les eaux et de les diriger vers un point de contrôle avant qu'elles puissent être rejetées dans l'environnement.

3.5.3.1 Géochimie du mort-terrain

Une caractérisation géochimique du potentiel de drainage minier acide et de lixiviation a été effectuée en 2024 sur des échantillons représentatifs des sols, aussi appelé mort-terrain, qui seront entreposés dans les haldes à mort-terrain. Les échantillons se situent principalement à l'emplacement des futures fosses où le mort-terrain devra être excavé. Les critères du Guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai (MELCC 2020) ont été utilisés pour la classification de ces matériaux. Les résultats obtenus ont démontré que l'ensemble des échantillons de mort-terrain est non acidogène et non lixiviable. Seules des anomalies où les teneurs en cuivre sont plus élevées que les teneurs de fond ont été relevées pour certains échantillons de mort-terrain prélevés en profondeur à proximité du contact avec le socle rocheux. Ces échantillons avaient été prélevés près de zones minéralisées enrichies en cuivre.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.5.3.2 Gestion du mort-terrain

Les haldes à mort-terrain ont été conçues avec une pente frontale de 37° et des pentes globales de 18,4° (3H:1V). Elles auront des bancs de 10 m et des bermes de 16,7 m de large (figure 3.8). La capacité d'entreposage des différents aménagements prévus en lien avec l'entreposage du mort-terrain est présente au tableau 3.9.

Tableau 3.9 Capacité d'entreposage des haldes à mort-terrain

Halde à mort-terrain	Capacité (Mm ³)
87-1	6,4
87-2	8,5
Nord-ouest	10,0
Ouest	1,7
Sud-ouest	6,9
Total	33,5

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

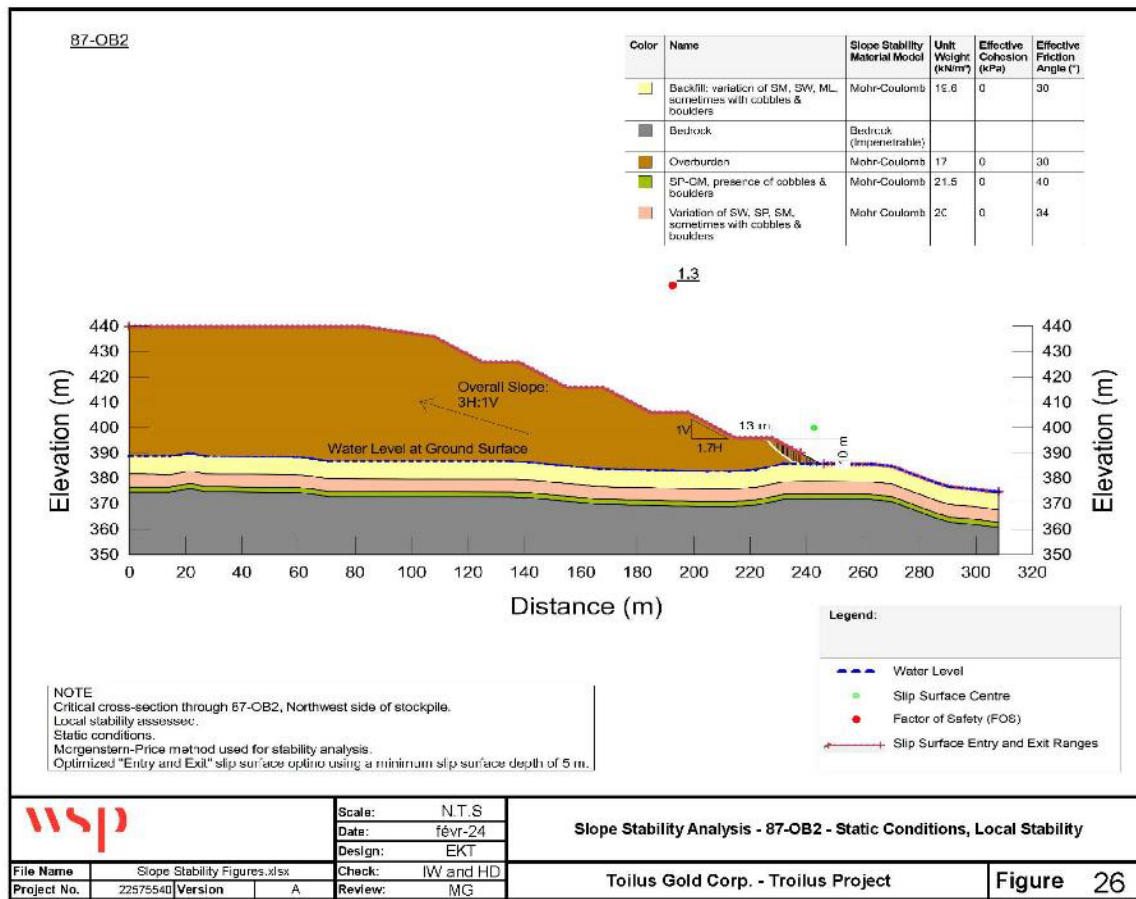
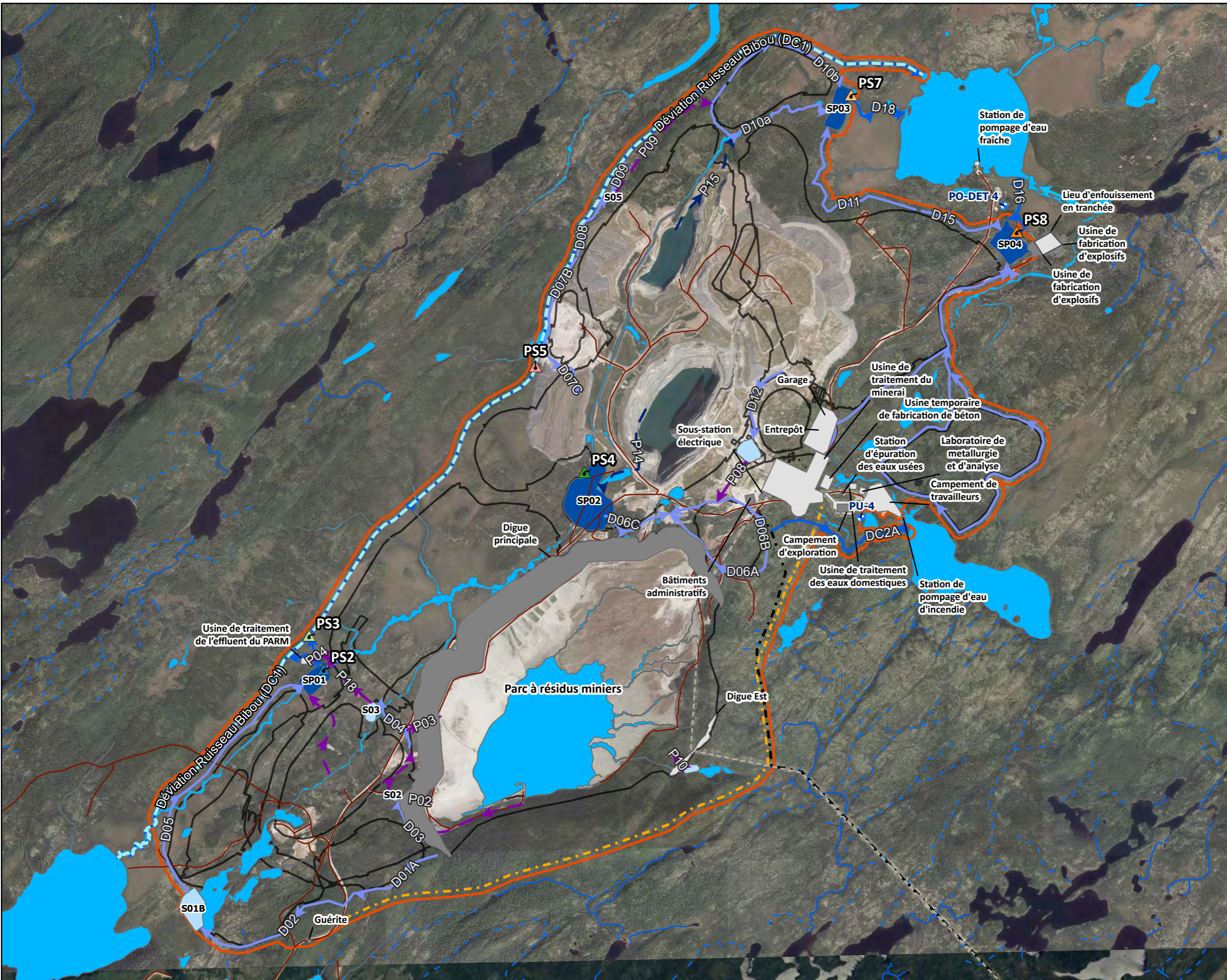


Figure 3.8 Exemple de configuration d'une halde à mort-terrain

3.6 Gestion des eaux

Les infrastructures de gestion des eaux sont illustrées sur la carte 3.3 et décrites aux sections suivantes, soit la collecte des eaux, le traitement des eaux ainsi que les effluents finaux.



LÉGENDE / LEGEND

- Zone de développement du projet / Project Development Area
- Infrastructure minière / Mining Infrastructure
- Infrastructure existante / Existing Infrastructure
- Infrastructure proposée / Proposed Infrastructure
- Bassin de sédimentation (SP##) / Sedimentation Pond (SP##)
- Puisard (S##) / Sump (S##)
- Littoral / Body of Water
- Ligne de transport d'énergie existante / Existing Power Line
- Ligne de transport d'énergie proposée / Proposed Power Line
- Chemin d'accès proposé / Proposed Access Road
- Réseau routier / Regional Road Network
- Déviation du ruisseau Bibou / Bibou Creek Diversion
- Fossé d'eau de contact / Contact Water Ditch
- Conduit d'eau de contact / Contact Water Pipeline
- Direction écoulement / Flow Direction
- Canal de dérivation / Diversion channel
- Assèchement des fosses / Pit Dewatering
- Cours d'eau intermittent / Intermittent Watercourse
- Cours d'eau permanent / Permanent Watercourse
- Puits d'eau potable / Potable Water Well

Points de suivi / Monitoring Points

- ▲ PS2 - Exutoire SP01 / SP01 Outlet
- ▲ PS3 - Point de rejet de la station de traitement des eaux et SP01 / Water Treatment Facility and SP01 Discharge Point
- ▲ PS4 - Exutoire SP02 / SP02 Outlet
- ▲ PS5 - Points de rejet de SP02 / SP02 Discharge Point
- ▲ PS7 - Exutoire SP03 / SP03 Outlet
- ▲ PS8 - Exutoire SP04 / SP04 Outlet

5				
RÉV.	DESCRIPTION	AA/MM/YY	BY	VERIF.

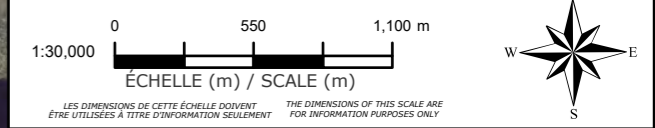
NOTES

LES INFORMATIONS NE PEUVENT ÊTRE REPRODUITES SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DE BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. NE PAS AGRANDIR ET RÉDUIRE LA TAILLE DE CE DESSIN. CE DESSIN A PEUT-ÊTRE ÉTÉ RÉDUIT. TOUTES LES ÉCHELLES ET ANNOTATIONS INDICQUÉES SONT BASÉES SUR UN FORMAT DE DESSIN DE 11"x17".

THIS INFORMATION MAY NOT BE REPRODUCED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. DO NOT ENLARGE OR REDUCE THE SIZE OF THIS DRAWING. THIS DRAWING MAY HAVE BEEN REDUCED IN SIZE. ALL SCALES AND ANNOTATIONS SHOWN ARE BASED ON AN 11" X 17" DRAWING FORMAT.

RÉFÉRENCES/REFERENCES

Infrastructure proposées: 167040485_PublicationDonnes_Infrastructures_Poly, Stantec, 25 Janvier 2024
 Carte de base: Bing 06 Juin 2023



CLIENT

Troilus Gold Corp.

PROJET/PROJECT

**Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus /
 Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project**

TITRE/TITLE

**Gestion des eaux de surface /
 Surface Water Management**

NO. PROJET / PROJECT NO. 240433 / 167040485	DATE 06/ 19/ 2025
--	----------------------

CONÇU / CHECKED S. Sene	RÉVISÉ / VERIFIED C. Gardois
----------------------------	---------------------------------

DESSINÉ / DRAWN M. Baker	Figure No. 3.3	ED./REV. 5
-----------------------------	-------------------	---------------

3.6.1 Collecte des eaux

3.6.1.1 Eaux de dénoyage

Les eaux des fosses ont été caractérisées en profondeur en vue de leurs potentiel rejet dans l'environnement. De plus, une évaluation environnementale en vertu de la procédure d'évaluation et examen des impacts de la loi sur la qualité de l'environnement (LQE) a été effectuée dans le cadre du dénoyage des fosses à des fins d'exploration. L'évaluation environnementale contenant les informations sur la qualité, la quantité et les impacts du dénoyage est disponible dans le Registre des évaluations environnementales.

Dans le cadre du projet les fosses seront maintenues à sec pour effectuer les travaux d'exploration. Dès qu'une fosse est dénoyée, les travaux d'exploration prévue auront lieu et le maintien à sec de la fosse s'étendra uniquement jusqu'à la fin de la réalisation des travaux d'exploration.

La fosse J4 est prévue être dénoyée en 2025 dès l'achèvement des travaux d'exploration dans cette fosse, elle sera envoyée à nouveau. Le dénoyage de la fosse 87 devrait débuter dès le dénoyage de la fosse J4 terminé. Le dénoyage de la fosse 87 est prévu durer approximativement 2 ans. Si le projet est autorisé en 2026 et que la construction débute en 2027, le dénoyage de la fosse 87 pourrait toujours être en cours tandis que la fosse J4 sera en ennoisement.

3.6.1.2 Exfiltration du parc à résidus

La conception initiale du PARM faisait usage d'une digue filtrante qui permet l'exfiltration des eaux contenues dans les résidus, ce qui réduit la pression qui pourrait s'accumuler dans le cas d'une digue imperméable. Bien que cela permette de réduire la possibilité de rupture de digue, cela implique la gestion des eaux d'exfiltration qui peuvent s'évacuer au bas de la digue. Une évaluation des débits d'exfiltration prévus est présentée dans le tableau 3.10 (WSP, 2024).

Tableau 3.10 Estimation des débits d'exfiltration prévus

Coupe transversale	Taux d'exfiltration pour une plage de 8 m le long d'un front de digue de 100 m (m ³ /h)	Taux d'exfiltration pour une plage de 200 m le long d'un front de digue de 100 m (m ³ /h)
A	62	8
B	120	44
C	13	0,14
D	99	19

Les valeurs d'exfiltration doivent être utilisées avec précaution et servent ici à la comparaison qualitative entre les secteurs et les scénarios. Elles sont obtenues à partir de modèles simplifiés. Cependant, la longueur de la plage exerce une influence significative sur l'exfiltration des eaux sous la digue : lorsque la plage est proche de la digue (8 m), le gradient et les débits augmentent en raison de la proximité de matériaux perméables de la digue. Lorsque la plage s'étend sur 200 m de long, la pente et les débits diminuent et la nappe phréatique tend à s'abaisser progressivement jusqu'au niveau de l'ancien

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

rehaussement de la digue. On pourrait s'attendre à ce que les infiltrations soient plus proches de celles de la plage de 200 m que de celles de la plage de 8 m.

Les eaux d'exfiltration se dirigeront par gravité au bassin SP02 où la qualité des eaux sera vérifiée afin qu'elle respecte les critères de qualité pour un effluent final avant d'être rejetée vers le ruisseau Bibou (DC1). Troilus ne s'attend pas à rencontrer de problématiques en lien avec la qualité des eaux d'exfiltration sur la base de la prédiction géochimique des résidus ainsi qu'en s'appuyant sur les données historiques de suivi de la qualité des eaux. Bien que les exfiltrations puissent présenter une concentration en fer élevée, aucun autre paramètre ne présente des concentrations supérieures aux normes de rejet de la Directive 019 sur l'industrie minière (D019) et le Règlement sur les effluents des mines de métaux et de mines de diamants (REMMMD). De plus la présence de fer dans les eaux d'exfiltration du parc à résidus a été considérée lors de la conception du plan de gestion des eaux.

3.6.1.3 Eaux de surface

Ouvrages de déviation

Deux ouvrages de déviation des eaux de surface sont prévus pour le nouveau projet (carte 3.3).

Le ruisseau Bibou est le cours d'eau principal qui traverse le site de la mine et qui s'écoule du sud-ouest au nord-est. Il sera dévié à partir du lac Amont, à l'ouest des futures installations de la mine sur une longueur de 9,7 km. Il s'agit du seul cours d'eau qui sera dévié lors du projet, car l'ouvrage de déviation DC2A ne représente que l'aménagement d'un fossé de contournement.

La déviation du ruisseau Bibou (DC1) est présentée en détail à la section 3.6. Elle fera l'objet de plusieurs suivis étant donné l'importance de ce cours d'eau pour maintenir l'apport hydrique en aval du site ainsi que selon son importance en tant que corridor de connectivité et habitat pour la faune aquatique. Des mesures de débit, niveau seront assurées à plusieurs endroits pour valider que les pertes d'eau vers l'aquifère ne sont pas supérieures aux résultats de modélisation hydrogéologiques et que la conception de l'ouvrage est suffisante pour accueillir les crues printanières et pour assurer un écoulement et une connectivité adéquate lors des périodes d'étiages.

L'aménagement du canal DC2A est aussi prévu lors de la construction. Ce canal aura comme objectif d'intercepter les eaux de ruissellement au nord-est du PARM pour les diriger vers le Lac B afin d'éviter qu'elles entrent en contact avec le site minier. L'eau sera surveillée afin d'assurer que l'apport d'eau vers le Lac B est exempt de MES et que la conception de la déviation est suffisante pour évacuer les eaux lors de la crue printanière sans occasionner d'effet sur le milieu.

Eaux d'exhaure

En moyenne de 8,4 Mm³ d'eau par année (dont 4,3 Mm³/an provenant du ruissellement et 4,1 Mm³/an de l'infiltration des eaux souterraines) devront être pompées pour dénoyer les fosses lorsqu'elles auront atteint leur profondeur maximale (WSP, 2024). De là, l'eau devra être acheminée vers les bassins de sédimentation jusqu'à ce que la qualité de l'eau réponde aux normes en vigueur avant qu'elle puisse être rejetée dans le ruisseau Bibou (DC1).

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Le tableau 3.11 indique les débits d'infiltration maximale des eaux souterraines vers les fosses lors de leurs configurations finales. Il est important de noter que les fosses ne seront pas exploitées simultanément et que cette évaluation a été effectuée en considérant seulement la condition finale de chacune des fosses selon le niveau de la nappe phréatique actuel.

Tableau 3.11 Infiltration des eaux souterraines dans les fosses lors de leur configuration finale (m³/j)

Fosse	Profondeur maximale (m) / Élévation minimale des fosses (masl)	Débit d'infiltration d'eau souterraine (m ³ /j)
Fosse 87	501/ -130	2 450
Fosse J4	333/ 30	2 370
Fosse Sud-ouest	284/ 90	2 350
Fosse X22	200/ 170	4 010
Total	-	11 180

Eaux de contact

Une partie des eaux se trouvant dans le bassin du PARM seront acheminées dans un bassin pour être recyclées dans le traitement du minerai. Le surplus d'eau sera envoyé à l'usine de traitement de l'effluent du PARM où elle sera traitée afin de répondre aux exigences applicables telles que la Directive 019 et REMMMD.

Le système de gestion des eaux de contact sera composé de fossés de collecte, de conduite, de bassins de sédimentation et de puisards. Il est conçu pour gérer l'ensemble des eaux de contact de la mine afin de :

- Maximiser le recyclage pour l'utilisation de l'eau de procédé dans le traitement du minerai;
- Respecter les exigences réglementaires en matière de rejets d'eau dans l'environnement;
- Réduire les besoins de traitement de l'eau sur le site.

Un réseau de fossés de collecte devra être aménagé totalisant approximativement 20 km. Les fossés de collecte apporteront les eaux de contact aux bassins de sédimentation ou aux puisards prévus. Les critères de conception des fossés destinés à collecter les eaux de contact sont présentés ci-dessous :

- Gérer la crue de pointe centennale sans débordement incontrôlé ni dommages structurels;
- Prévoir un franc-bord de 0,3 m entre le haut des berges et le niveau de pointe de la crue;
- Pentes latérales : 3H:1V dans le till et 0,5H:1V dans le socle rocheux;
- Largeur minimale de la base de 1 m et profondeur minimale de 1 m;
- Prévoir un enrochement adéquat de protection contre l'érosion pour toutes les structures, avec une taille de roche maximale de 500 mm.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Quatre bassins de sédimentation (SP01, SP02, SP03 et SP04) sont inclus dans le plan de gestion de l'eau (carte 3.3). Les caractéristiques prévues pour la conception sont présentées dans le tableau 3.12.

Tableau 3.12 Détails de la conception du bassin de sédimentation

Bassin de sédimentation	Volume de stockage actif requis (m ³)	Capacité de stockage mort (m)	Hauteur libre au-dessus du stockage actif (m)	Volume d'excavation total (m ³)	Profondeur minimale (m)	Surface au sol totale requise (ha)	Capacité de pompage nominale (m ³ /s)
SP01	63 000	0,5	0	192,107	5,5	4,3	0,4
SP02	150 000	5	Sans objet - Créé dans la fosse 87 de la mine				1,0
SP03	83 000	0,5	0,5	223,137	5,5	5,6	1,0
SP04	125 000	0,5	0,5	420,616	5,5	6,6	1,0

SP01 et SP02 rejettent leur effluent dans le ruisseau Bibou. Les effluents de SP03 et SP04 seront pompés dans des affluents distincts du lac A. Pour SP02, une canalisation a été incluse dans la conception pour permettre le pompage vers l'usine de traitement du minerai.

Sept puisards seront installés pendant la durée de vie de la mine. À noter que S01 et S01B constituent le même puisard, mais il est modifié en cours d'opération alors il est comptabilisé en double. Ces bassins sont conçus pour gérer, soit par stockage ou par pompage, la crue nominale de 100 ans. Le tableau 3.13 résume la conception des puisards.

Les puisards doivent être construits par excavation dans le sol naturel. Des capacités de pompage allant de 0,2 m³/s à 0,3 m³/s ont été sélectionnées pour chaque bassin. Les puisards doivent être exploités à sec afin de maximiser la capacité de stockage en cas d'inondation.

Tableau 3.13 Détails de la conception des puisards

Puisard	Volume de stockage actif requis (m ³) (a)	Capacité de stockage mort (b)	Hauteur libre au-dessus du stockage actif (m) (c)	Volume d'excavation total (m ³) (c)	Profondeur minimale (m) (d)	Surface au sol totale requise (ha) (e)	Capacité de pompage nominale (m ³ /s)
S01	74 800	Utilise la bathymétrie existante sous l'excavation	0,5	109 000	6,0	5,1	0,25
S01b	74 800	Utilise la bathymétrie existante sous l'excavation	0,5	142 500	3,5	5,3	0,25
S02	4 000	0,5	0,5	8 500	5,0	0,6	0,30
S03	15 000	0,5	0,5	63 000	5,5	1,7	0,30
S05	4 000	0,5	0,3	9 700	4,6	0,7	0,20
S06 ^(f)	53 000	0,5	0,5	103 400	4,6	2,6	0,20
S07	12 000	0,3	0	19 800	5,0	1,1	0,20

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Puisard	Volume de stockage actif requis (m ³) (a)	Capacité de stockage mort (b)	Hauteur libre au-dessus du stockage actif (m) (c)	Volume d'excavation total (m ³) (c)	Profondeur minimale (m) (d)	Surface au sol totale requise (ha) (e)	Capacité de pompage nominale (m ³ /s)
S09	23 000	0,5	0,5	73 500	5,0	1,8	0,30

Notes :

(a) Volume et capacité de pompage requis pour gérer l'événement de crue 1:100 ans sans débordement.

(b) Tolérance pour l'accumulation de sédiments.

(c) Tolérance tenant compte des incertitudes liées à la conception, à la construction et à l'exploitation.

(d) Y compris une couche de protection rocheuse de 1,0 m d'épaisseur.

(e) Incluant une bande de 10 m de large autour du périmètre de l'excavation.

(f) Le volume de stockage actif à 100 ans requis pour le Sump S06 est de 53 000 m³. Avant la construction du stock STK1, le volume de confinement maximum du bassin S06 est de 53 000 m³. Volume de confinement S06 est de 38 200 m³. Ce volume est suffisant pour contenir l'événement de conception décennal, qui a un volume de stockage de pointe de 34 300 m³. Le débordement de S06 avant la construction de STK1 enverra les eaux de ruissellement vers le nord à travers les fossés existants en direction de la fosse 87 existante. La construction de STK1 plus tard dans l'année 2 augmente le volume total de confinement de S06 à environ 106 000 m³. Pour réduire le risque de débordement lors de la crue centennale, si la construction de STK1 est retardée au-delà de l'année 2, une berme de 2 m de haut peut être construite sur le côté est du bassin de décantation. Construire une berme de 2 m de haut sur le côté est du puisard S06 afin d'augmenter le volume total de confinement à environ 71 160 m³.

3.6.2 Traitement des eaux

L'eau collectée dans les bassins de sédimentation sera rejetée par pompage dans l'environnement après vérification de la conformité de la qualité de l'eau avec les exigences applicables en matière de qualité des effluents. Des capteurs de turbidité en continu sont installés sur la canalisation de sortie, de sorte que l'évacuation est immédiatement interrompue si les concentrations de matières en suspension (MES) dépassent les directives réglementaires en matière d'évacuation.

L'usine de traitement des eaux du parc à résidus miniers sera utilisée pour réduire les matières en suspension contenue dans le bassin du parc à résidus, comme lors de l'opération minière précédente. Le procédé est de nature physicochimique de clarification qui consiste à mélanger un agent de lestage et un polymère, lors de la floculation, pour augmenter la taille et la densité des floccs et accélérer la décantation (figure 3.9). L'effluent de l'usine de traitement des eaux répondra aux normes établies par le REMMMD et la Directive 019 pour un effluent final. L'usage de produits chimiques dans le traitement proposé n'impactera pas la toxicité de l'effluent final. En effet, le traitement proposé est utilisé pour plusieurs projets et a été utilisé lors de l'opération historique. Les données de qualité d'eau historique pour l'effluent final confirment que le traitement est efficace pour réduire la concentration de MES sous la barre du 15 mg/l pour une source d'eau présentant une concentration en MES allant jusqu'à 300 mg/l. De plus, le traitement proposé ne pose pas de risque en termes de toxicité tel que confirmé par le programme de suivi environnemental (1996 à actuel).

Selon les données historiques de l'ancienne opération et l'évaluation du traitement des eaux (annexe C.14 du rapport d'ÉIES), trois produits devront être utilisés pour le traitement soit 1) le sulfate ferrique 2) le micro sable et 3) Polymère anionique (Hydrex 3543).

Les quantités estimées de produits chimiques sont les suivantes :

- 200 litres de sulfate ferrique/jour ou 73 000 l/an en considérant un traitement de 1200 m³/h en continu à l'année;

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

- 50 kg/semaine de microsable ou 2 600 kg/an considérant un traitement de 1 200 m³/h en continu à l'année;
- 5,8 kg/jour de polymère ou 2 117 kg/an considérant un traitement de 1 200 m³/h en continu à l'année.

Les boues de décantation produite par le traitement seront entreposées dans un bassin et pourront être vidangées dans le parc à résidus. Il est estimé que l'usine de traitement produira 1,1 m³/h de boue contenant 20 % de solide. De tel, environ 2 000 m³ de boue devra être géré par année si l'usine opère à sa pleine capacité à l'année.

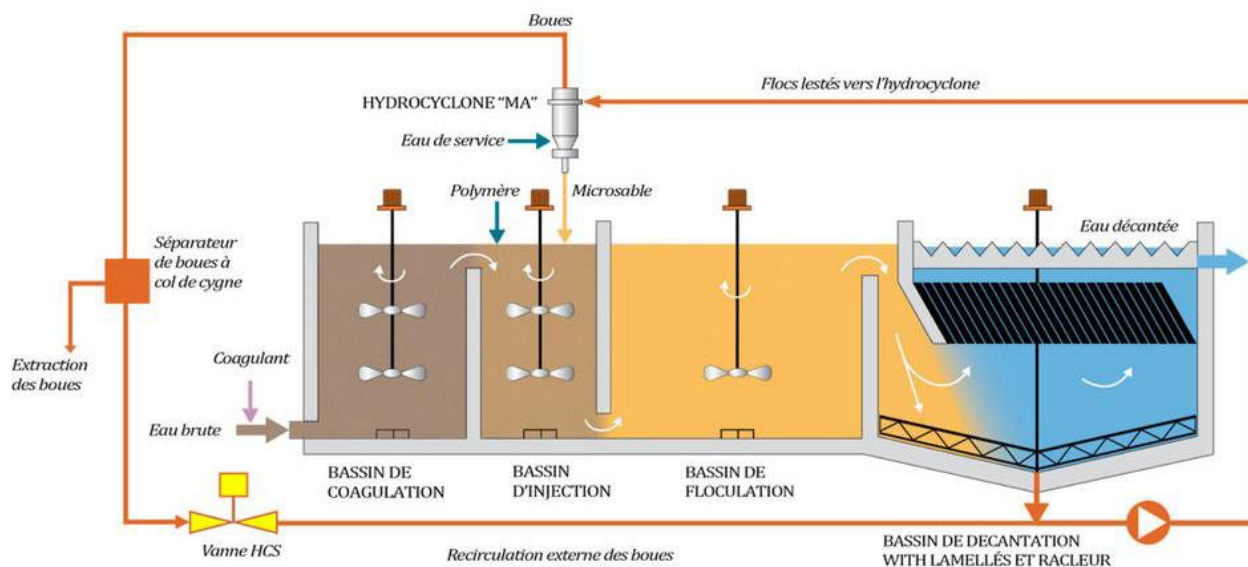


Figure 3.9 Procédé de traitement des eaux provenant du parc à résidus

3.6.3 Effluents finaux

Lors de l'opération, un total de cinq effluents finaux sont prévus (carte 3.3). Le tableau 3.14 ci-dessous indique le volume d'eau qui est prévu être rejeté à l'année 9, soit lors de l'exploitation de la fosse Sud-ouest, la fosse 87 et la fosse J ainsi qu'à l'année 21, soit lors de l'exploitation de la fosse X22. Les volumes d'eau rejetés sont estimés selon les conditions climatiques historiques moyennes.

Tableau 3.14 Volume moyen d'eau rejeté par effluents

Effluent final	Volume d'eau rejeté année 9 (Mm ³ /an)	Volume d'eau rejeté année 9 (m ³ /jour)	Volume d'eau rejeté année 21 (Mm ³ /an)	Volume d'eau rejeté année 21 (m ³ /jour)	Point de rejet
SP01	4,11	11 260	1,89	5178	Ruisseau Bibou (DC1)
SP02	5,08	13 917	4,86	13 315	Ruisseau Bibou (DC1)
SP03	2,54	6958	3,02	8273	Affluent du lac A
SP04	1,79	4904	1,88	5150	Affluent Lac A

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Usine de traitement des eaux du PARM	0	0	0,29	794	Ruisseau Bibou (DC1)
Total	13,52	37 041	11,94	32 712	

Seul l'effluent provenant de l'usine de traitement des eaux du PARM est prévu être traité pour l'élimination de matières en suspension.

Aucun traitement n'est prévu être nécessaire pour les autres effluents finaux soit SP01 à SP04, cette hypothèse étant basée sur les données historiques des effluents miniers ainsi que sur les études de prédiction géochimique des nouvelles infrastructures prévues. De plus, des capteurs de turbidité en continu seront installés sur la canalisation de sortie, de sorte que le rejet est immédiatement interrompu si les concentrations en MES dépassent les limites réglementaires pour un effluent final. Sur la base des données de prédiction de la qualité des eaux de contact, en lien avec la géochimie des résidus, Troilus anticipe que tous les effluents afficheront un pH neutre (entre 6,5 et 7,5) et des concentrations métalliques conformes aux normes pour les effluents finaux. Toutefois, le bassin de sédimentation (SP02) pourrait afficher des concentrations de fer élevées, en raison du drainage des eaux d'exfiltration du parc à résidus qui alimentent ce bassin. Toutefois, la capacité prévue à SP02 permettra aux eaux de séjourner dans le bassin pour que le fer s'oxyde et précipite suffisamment pour répondre aux normes en vigueur. De plus, les eaux de ce bassin pourront être recirculées pour le procédé.

Les effluents des bassins de sédimentation sont prévus être pompés dans l'environnement et l'aménagement du milieu récepteur sera conçu selon le débit de rejet anticipé. Bien qu'il soit préférable sur le plan opérationnel et environnemental d'avoir un seul effluent final, le plan de gestion des eaux proposé évitera le pompage d'effluent à un point central ce qui réduira les coûts d'opération, le mélange d'effluents provenant de différentes sources et permettra une meilleure surveillance de la qualité de l'eau des effluents finaux. De plus, un seul milieu récepteur est prévu, soit le Lac A, à l'instar de l'opération historique.

3.7 Bilan hydrique

Un modèle de bilan hydrique à l'échelle du site a été développé à l'aide du logiciel GoldSim (annexe C.14 du rapport d'ÉIES) pour :

- Confirmer la disponibilité de l'eau de traitement dans différentes conditions climatiques;
- Estimer les flux d'effluents du site vers l'environnement;
- Informer sur les règles opérationnelles pour le bassin du PARM, la principale source d'eau de traitement;
- Soutenir la conception du plan de gestion de l'eau et fournir les informations nécessaires à l'obtention des autorisations et à l'exploitation future du projet.

Le modèle de bilan hydrique a simulé les flux d'eau pertinents du site : ruissellement de surface du site, infiltration d'eau souterraine dans les fosses, prises d'eau fraîche pour l'usine, transfert d'eau de l'usine vers le PARM et récupération du PARM vers l'usine, la collecte de l'eau de contact dans les bassins de sédimentation et leur rejet dans l'environnement. En outre, le bilan hydrique a été vérifié dans une large

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

gamme de conditions climatiques, à la fois historiques et tenant compte des projections de changements climatiques.

Le bilan hydrique à l'année 9 soit lorsque les fosses 87 et J4 seront en exploitation et que la fosse Sud-ouest sera à sa configuration finale est présenté en plus de détail à la figure 3.10. L'eau fraîche sera seulement nécessaire pour la lubrification des pompes et pour les autres besoins en eau propres. La grande majorité des eaux nécessaires pour le procédé proviendront du bassin du PARM ou des bassins de sédimentation à proximité du secteur industriel, soit :

- 12,9 Mm³/année ou 35 342 m³/j d'eau provenant de SP02 et du bassin du PARM pour l'usine de traitement;
- 2 Mm³/année ou 5 479 m³/j d'eau fraîche provenant du Lac A pour l'usine de traitement;
- 8285 m³/année ou 22 m³/jour pour la suppression des poussières.

3.8 Gestion des matières résiduelles

Le site minier Troilus est situé en milieu isolé et, par conséquent, la gestion des matières résiduelles se fera au site même. Le site actuel comprend un lieu d'enfouissement en tranchée (LEET) qui est prévu être réutilisé pour une partie du nouveau projet, au besoin. Troilus a effectué une analyse sur les options pour la gestion future des matières résiduelles lorsque son LEET aura atteint sa capacité (Annexe C.15 du rapport d'ÉIES). Trois options ont été évaluées :

1. La possibilité d'agrandir le lieu d'enfouissement en tranchée actuel;
2. La possibilité d'aménager un nouveau lieu d'enfouissement en tranchée;
3. La possibilité d'envoyer les matières résiduelles produites au lieu d'enfouissement technique (LET) de Chibougamau.

Plusieurs considérations ont été prises en compte lors de l'évaluation sur l'option à retenir notamment; l'empiètement sur le milieu naturel, l'effet de la gestion des matières résiduelles sur le milieu social et culturel, l'infrastructure requise, la viabilité économique et opérationnelle ainsi que les émissions de GES prévues. Rappelons que la ville de Chibougamau a demandé au promoteur d'évaluer l'option d'acheminer ses matières résiduelles au lieu d'enfouissement technique de Chibougamau afin de réduire les coûts de gestion du LET actuel dû à la faible quantité de déchets qui y sont envoyés.

Sur la base des critères mentionnés ci-dessus, le nouveau projet minier Troilus propose d'acheminer ses matières résiduelles au LET de Chibougamau après une première gestion directement au site, soit le tri au site pour séparer les matières recyclables et putrescibles afin que ceux-ci ne soient pas enfouis. Les matières recyclables seront récupérées par un entrepreneur spécialisé et les matières putrescibles seront compostées pour produire un fertilisant afin de supporter les activités de revégétalisation progressive.

Bien que l'envoi des matières résiduelles à Chibougamau soit l'option qui implique de générer le plus de GES, cette évaluation ne considère pas le potentiel d'optimisation des transports qui partiront du site Troilus sans chargement. De plus, cette option favorisera un tri efficace des matières recyclables et des matières compostables qui représentent approximativement 50 % des matières générées pour un projet minier (tableau 3.15).

Le tableau 3.15 indique la quantité et le type de matière estimée être générée par le projet de mine Troilus lors de la phase de construction et opération.

Tableau 3.15 Estimation des quantités et types de matières résiduelles produites

Types de matières résiduelles	Quantité en phase de construction (tonne/an)	Quantité en phase d'opération (tonne/an)	Pourcentage (%)*
Papier	844,2	345,4	17
Matières organiques	1407	575,6	28
Métaux	47,5	19,4	1
Plastique	79,2	32,4	2
Verre	68,6	28,1	1
Autre	2 562,8	1 048,4	51
Total	5 009,3	2 049,3	100

*Pourcentages attribués suivant les statistiques de Recyc-Québec (2021.) et les données de la mine Éléonore (SNC-Lavalin, 2018)

3.8.1 Politique 3-RV

Les bonnes pratiques en matière de gestion des matières résiduelles englobent toutes les activités liées au contrôle de la production, au stockage, à la collecte, au transport, au traitement et à l'élimination des matières résiduelles, en veillant à la sécurité des personnes et à la protection de l'environnement. Ces pratiques visent à adopter un programme sur le principe de 3RV-E : Réduction, Réutilisation, Recyclage et Valorisation. Ce principe favorise la minimisation de production de matières résiduelles, ainsi que leur traitement et leur élimination de manière responsable.

L'application du principe 3RV-E, incluant le compostage sur le site et le triage des matières résiduelles pour le recyclage, permettra de réduire significativement les quantités de matières résiduelles qui devront être disposées par la suite.

3.8.2 Compostage

Les matières résiduelles organiques générées sur le site Troilus seront déposées dans des poubelles dédiées qui seront déposées périodiquement dans un composteur en cuve. L'adoption d'un programme de compostage permettra de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). Plus précisément, cette approche permet de réduire les matières résiduelles à enfouir ainsi que les émissions de méthane (CH₄) associées à la décomposition organique.

Troilus prévoit aussi utiliser des matières résiduelles fertilisante à l'aide des boues issues du traitement des eaux usées domestiques. Ces boues seront amendées à de la matière organique pour favoriser la croissance de la végétation là où elles seront appliquées.

3.8.3 Matière recyclable

Les matières résiduelles recyclables seront stockées dans un emplacement spécifiquement dédié sur le site minier Troilus. Elles seront collectées périodiquement par une entreprise spécialisée. Par la suite, les matières résiduelles recyclables seront traitées dans un centre spécialisé pour recyclage.

3.9 Transport et site d'entreposage de carburant ou de matières dangereuses

L'installation de gestion des carburants sera située au nord-est du bâtiment de l'atelier des camions et de l'entrepôt de la mine. Les camions de livraison seront reliés par des tuyaux flexibles aux pompes de déchargement du diesel. Le diesel sera transféré dans des réservoirs pétroliers à double paroi. Il est prévu d'utiliser deux réservoirs pour un volume total de 420 000 gallons. Les pompes de distribution de diesel transféreront le carburant vers la dalle de ravitaillement des camions de la mine. La station de ravitaillement sera équipée de dalles de confinement, de bordures et de digues. La protection contre les incendies sera assurée par le système de protection contre les incendies du site.

Un réservoir de diesel de plus petite capacité (50 000 gallons) sera également présent. Ce dernier servira à remplir les génératrices d'urgence et à alimenter les pompes distributrices. Les deux pompes distributrices auront chacune une capacité de 5 000 gallons. La gestion et l'entreposage des matières dangereuses se feront dans un conteneur étanche. Le département Environnement sera responsable d'assurer le bon état des contenants de MDR afin d'éviter les fuites et d'assurer que la durée d'entreposage des matières dangereuses ne dépasse pas 6 mois. Les matières dangereuses principales qui s'y retrouveront seront notamment : l'huile et l'antigel usés, les rebuts contaminés d'huile ou de graisse, les cannettes d'aérosols vides, les eaux contaminées par des huiles ou des graisses, filtres usagés et boyaux hydrauliques de véhicules, des solvants ou produits chimiques contaminés et autres.

La récupération des matières dangereuses sera assurée par un entrepreneur spécialisé qui procédera à leur disposition dans un lieu autorisé, et ce, sur une base régulière.

3.10 Infrastructure et projets connexes

3.10.1 Usine temporaire de fabrication de béton

L'usine de béton sera localisée dans le secteur industriel. Cette usine sera aménagée de manière temporaire lors de la phase de construction. Les eaux de lavage de béton seront recueillies dans un bassin imperméabilisé afin qu'elles décantent. L'eau sera ensuite envoyée vers un bassin de sédimentation et puis rejetée en environnement dans la mesure où elles respectent les normes de rejet. Les sédiments contenus dans le bassin de décantation seront caractérisés et entreposés sur le PARM ou envoyés dans un lieu autorisé, selon leur qualité.

3.10.2 Déviation du ruisseau Bibou

Comme mentionné précédemment, le ruisseau Bibou sera dévié et collectera les eaux de surface s'écoulant vers le site minier. Ce cours d'eau a subi une première déviation d'environ 3,5 km lors de l'opération historique et devra être dévié sur la majorité de son tracé (~9,7 km) pour accueillir les nouveaux aménagements prévus. Le tracé demeura le même lors de la fermeture du site puisqu'il s'agit d'une préoccupation des utilisateurs du territoire mentionnée lors des ateliers sur la gestion des eaux effectués en 2022 et 2024. Ces ateliers ont permis d'incorporer les recommandations des utilisateurs du territoire face à l'aménagement proposé des infrastructures. Lors des ateliers, les utilisateurs ont

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

mentionné que le maintien en place du ruisseau lors de la fermeture de la mine était un élément d'une grande importance.

Rappelons que la déviation du ruisseau Bibou est un élément d'importance et que davantage d'information concernant sa déviation proposée est présente dans les sections suivantes; solutions de rechange, poisson et son habitat, discussion sur les enjeux.

La conception de la déviation du ruisseau Bibou a été effectuée en considérant le mouvement du poisson d'une extrémité à l'autre, soit entre le lac Amont et le lac A (annexe C.4 du rapport d'ÉIES). La première section en amont de 5,5 km sera aménagée en tant qu'habitat du poisson. Ceci a été fait en identifiant l'espèce présente ayant la plus faible capacité, soit la lotte (*Lota lota*), tandis que le doré jaune (*Sander vitreus*) a été jugé comme étant l'espèce la plus propice pour utiliser le ruisseau lors de la crue printanière.

Le canal du ruisseau Bibou doit assurer le passage du poisson entre le lac Amont et le lac A. Les analyses ont porté sur le maintien de la connectivité dans l'intervalle hydrologique entre les conditions d'étiage 7Q10 et de crue 14Q2 où :

- 7Q10 désigne le débit moyen annuel minimum sur sept jours avec un intervalle d'occurrence de 10 ans (mai à octobre);
- 14Q2 fait référence au débit moyen annuel maximum de 14 jours avec un intervalle d'occurrence de deux ans.

Pour maintenir le passage entre l'épisode de faible débit 7Q10 et l'épisode de fort débit 14Q2, une profondeur d'eau minimale de 0,1 à 0,2 m a été visée

La déviation du ruisseau Bibou comprendra 16 segments composés de trois différentes conceptions, soit des canaux en méandres, segments plats avec de petits déversoirs et des rampes de pierre. Une description détaillée de chaque conception est présentée ci-dessous.

Type 1 - Canal à méandres

Un canal sinueux à faible débit est situé à l'intérieur d'un plus grand canal d'écoulement des crues. Le canal à faible débit peut contenir un débit allant jusqu'à l'événement de crue 14Q2.

Type 2 - Segments plats avec petits déversoirs

Le type de conception 2 est mis en œuvre dans la partie opérationnelle du canal (c'est-à-dire les segments dont le démantèlement est prévu pour la fermeture et où une maintenance active est disponible) où la pente du canal est plus faible que celle de la partie opérationnelle. Un déversoir est placé tous les 100 m pour créer un effet de contre-courant et augmenter la profondeur de l'eau pendant les périodes de faible débit.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Type 3 - Rampes en pierre

Le type de conception 3 se compose d'une série de rampes en roches avec une pente de 3,5 % et des bassins pour obtenir une pente composée de 1,7 %. Les rampes rocheuses sont des passes à poissons naturelles qui permettent le passage des poissons et la création d'un habitat aquatique en simulant l'environnement naturel d'un cours d'eau.

3.10.3 Déviation du chemin d'accès

Le chemin d'accès vers le site minier qui débute au pk 108 de la Route du Nord pourra être réutilisé sur la majorité de son tracé, soit sur 39 km des 44 km, et ce sans modification.

À partir du km 39, soit à moins d'un kilomètre du site minier, une nouvelle route d'accès sera à prévoir afin d'éviter la future fosse Sud-ouest et permettre l'accès au site (carte 3.2). Le nouveau chemin d'accès totalisera une longueur d'approximativement 5,8 km. Le tracé proposé se situe sur le flanc est de la montagne qui bordure le parc à résidus. La largeur du chemin d'accès serait de 14 mètres. Le tracé sera optimisé afin d'éviter au maximum tout cours d'eau, les habitats fauniques et espèces floristiques d'importance ainsi que pour assurer la sécurité routière. Ce même chemin d'accès serait emprunté par les utilisateurs du territoire pour accéder à leur territoire de trappage.

3.10.4 Chemins en support aux opérations

Plusieurs chemins de support aux opérations sur le site même seront nécessaires pour permettre les activités d'opérations.

Il s'agira de chemins d'accès utilisés à des fins d'opérations, certains chemins seront réservés au transport du minerai, stériles et mort-terrain tandis que d'autres assureront l'accès vers des infrastructures telles que l'usine de traitement des eaux, stations de pompage, etc.

Les dimensions et les méthodes de construction des chemins de support prévus seront développées selon leur usage et les équipements qui les utiliseront.

Les passages de ponceaux ont été identifiés dans les endroits où il y a une route existante, une route proposée, où l'accès à une décharge ou à une pile de stockage pourrait être requis. Des traversées de routes sont nécessaires pour assurer un écoulement continu dans les canaux de déviation et les fossés collecteurs. Sur la base du niveau actuel de conception, l'emplacement des ponceaux ainsi que le nombre et les dimensions nécessaires ont été estimés et sont susceptibles d'être modifiés. À des fins de contingence, des passages supplémentaires ont été ajoutés pour chaque année. Pour les années où il n'y a pas de nouvelle construction de fossé ou de canal, on suppose que quatre ponceaux seront nécessaires. Pour chaque année où il y a construction de fossés ou de canaux, deux ponceaux supplémentaires sont également inclus. À ce titre, on prévoit que 72 traverses soient nécessaires durant la vie de la mine. Chaque traversée de ponceau sera munie d'une protection contre l'érosion en fonction de la vitesse centennale à 5 m en amont et en aval de la traversée. La taille de l'enrochement nécessaire est basée sur la crue de récurrence 1 :100 ans.

L'entretien de ces chemins sera assuré par Troilus.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.10.5 Alimentation en énergie

3.10.5.1 Énergie électrique

Le site est actuellement desservi par une ligne de transport d'énergie existante de 161 kVA détenue et exploitée par Hydro-Québec. La ligne de transport d'énergie devra être déviée sur approximativement deux kilomètres soit directement en amont de la sous-station électrique présente sur le site Troilus. Cette déviation sera effectuée pour permettre le rehaussement du parc à résidus. Afin de réduire l'impact du nouveau tracé proposé, le tracé de la ligne électrique suivra la même emprise que la déviation prévue pour le chemin d'accès.

Des lignes électriques aériennes de 25 kV provenant de la sous-station électrique vers divers bâtiments, le PARM et les fosses seront mises en place pour assurer l'alimentation des divers équipements tels que des pompes d'assèchement. L'alimentation de l'usine de traitement quant à elle sera assurée par des câbles électriques enfouis de type LV ou MV Teck90.

La consommation moyenne d'électricité lors des opérations est estimée à 79 239 kWh en continu et 614 MW annuellement. La puissance maximale calculée pour l'ensemble du site est de 84,66 MVA et le total des charges connectées est prévu à 114,49 MVA. Le tableau 3.16 indique la consommation moyenne et annuelle prévue par secteur.

Jusqu'à présent, seule l'utilisation d'excavatrice hydraulique électrique de 34 m³ est prévue lors des opérations. Aucun autre équipement mobile électrique n'a été considéré à cette étape due au besoin déjà élevée en énergie du projet.

Tableau 3.16 Demande de puissance basée sur la liste actualisée des charges électriques

Secteur	Puissance installée kW	Consommation moyenne continue kWh	Consommation électrique annuelle kW
Préparation du minerai	6 766	5 650	37 119
Broyage et classification	57 831	44 803	345 375
Flottation et traitement des concentrés	9 074	6 812	52 518
Salle d'or	155	124 00	977
Manipulation des résidus	2 749	1 103	8 502
Réactif	200	131	1 028
Services des eaux	3 112	1 547	11 929
Collecte et traitement des eaux usées	88	63	488
Services de l'air	1 431	1 068	8 233
Stockage et distribution de carburant	112	49	373
Eau et eaux usées	750	125	966
Digue du PARM	838	453	3 490
Bâtiments	2 475	2 005	12 289
Campement des travailleurs	1 665	1 330	11 594
Installations minières	103	45	275

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Secteur	Puissance installée kW	Consommation moyenne continue kWh	Consommation électrique annuelle kW
Services de la mine 87 et fosses de la zone J	15 042	8 880	77 790
Autres infrastructures	5 749	4 691	41 096
Total	108 140	78 879	614 042

3.10.5.2 Propane

Les bâtiments tels que le campement, les bâtiments administratifs et autres seront chauffés au propane. La consommation maximale de propane par jour a été estimée à 3 478 litres durant l'hiver (tableau 3.17). Afin d'assurer l'entreposage d'une semaine de propane, le volume d'entreposage a été estimé à 227 000 gallons répartis dans 13 réservoirs de capacité différente.

Tableau 3.17 Consommation de propane et volume des réservoirs

Bâtiment	Consommation maximale de propane (l/h)	Volume du réservoir (gal)	Nombre de réservoirs
Campement des travailleurs	297	30 000	1
Concasseur primaire et secondaire	425	30 000	1
Concasseur tertiaire	647	30 000	1
Couloir arctique	78	5 000	1
Usine de traitement du minerai et secteur broyage à haute pression	1 464	30 000	3
Usine de traitement de l'effluent	32	2 000	1
Bureau et salle des employés de l'usine	29	2 000	1
Entrepôt et bâtiment d'entreposage des réactifs	131	5 000	1
Bureau département mine et atelier	335	30 000	1
Bureau administratif et édifice auxiliaire	34	2000	1
Guérite	6	1 000	1
Total	3 478	227 000*	13

*Volume total de propane (gal)

3.10.5.3 Alimentation de secours

Trois générateurs de secours de 2000 kVA chacun fourniront l'énergie nécessaire au traitement des charges essentielles via des transformateurs élévateurs et un système de synchronisation. Quelques charges éloignées sont alimentées par de petits générateurs de secours locaux (camp et station d'épuration). Le générateur existant de 1,25 kVA pourrait être utilisé pour l'alimentation essentielle connectée aux lignes aériennes séparément en cas de besoin.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.10.6 Infrastructure d'hébergement

Les travailleurs seront logés au campement du site minier. Un service de restauration assurera les repas des travailleurs. Tous les travailleurs seront hébergés directement au site Troilus, mais Troilus travaillera avec les communautés locales pour augmenter la disponibilité de logement abordable pour ses travailleurs qui désirent emménager en région.

Notons qu'il existe présentement un campement d'exploration d'une capacité de 80 personnes. Ce campement restera en place et sera utilisé pour l'accommodation de travailleurs temporaires tandis qu'un nouveau campement sera aménagé à proximité.

Le futur campement et les bâtiments connexes seront construits en deux phases. Dans un premier temps, le campement sera utilisé pour accueillir un maximum d'environ 530 personnes pendant la phase de construction, qui est estimée à 2 ans. À la suite de la phase de construction, certaines infrastructures du campement pourront être démantelées pour réduire la capacité du campement afin qu'il puisse accueillir un maximum 300 travailleurs jusqu'à la fin du projet. Enfin, à la fermeture de la mine, le démantèlement de la majorité des bâtiments du camp sera effectué de manière à réduire la capacité du campement aux nombres de travailleurs qui resteront pour assurer les travaux de restauration et suivis environnementaux. Troilus estime que le nombre de travailleurs nécessaire pour cette phase se situe entre 5 et 30. La durée de la phase de suivi environnementale est sujette au changement, mais sera minimalement de 5 ans.

Les bâtiments du campement seront des structures industrielles modulaires adaptées. Les bâtiments du campement nécessaires lors de la phase de construction comprendront :

- 11 unités dortoirs de 42 personnes;
- 2 unités dortoir de style exécutif de 36 personnes;
- 3 unités d'accueil et de réception;
- 7 unités du centre de loisirs;
- 16 unités de cuisine et de salle à manger;
- 1 unité supplémentaire de congélation/refroidissement;
- 1 unité de buanderie;
- 1 unité du poste de garde;
- 10 couloirs arctiques;
- Station d'épuration des eaux usées;
- 1 unité station de pompage d'eau d'incendie.

Le démantèlement des campements prévus fera le sujet de discussion avec la communauté crie de Mistissini et les utilisateurs du territoire.

3.10.7 Transport

Le transport des employés, des équipements, des consommables et du concentré de cuivre représente un enjeu pour les communautés environnantes et les utilisateurs du territoire. Troilus Gold travaille avec le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD) ainsi qu'avec ses partenaires régionaux pour : 1) déterminer le meilleur tracé pour le transport du concentré 2) réduire les impacts

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

potentiels reliés au transport tel que l'émission de poussières, de bruits et de vibrations et, 3) mettre en place des mesures de sécurité pour réduire les possibilités de collision et de déversement.

Le tableau 3.18 indique l'estimation des transports additionnels (allers-retours) qui seront nécessaires lors de la construction et l'opération du projet minier Troilus. Cette estimation est basée sur l'horaire de travail proposé (7/7), les quantités de consommables (incluant le transport des matières résiduelles à Chibougamau) et le transport du concentré. Les livraisons d'équipements et les fournitures se feront dans des conteneurs ou en vrac directement sur le site.

Tableau 3.18 Estimation des transports prévus

Phase	Activité de transport	Nombre			
		Aller-retour annuel	Passage annuel	Passage par semaine	Passage par jour
Construction	Employés	1 144	2 288	44	6*
	Approvisionnement	1 399	2 798	54	8
	Marchandises/équipements	2 600	5 200	100	14
	Total :	5 143	10 286	198	28
Exploitation	Employés	664	1 328	26	4*
	Approvisionnement	2 153	4 306	82	12
	Marchandises/équipements	200	400	8	1
	Concentré	2 190	4 380	84	12
	Total :	5 207	10 414	200	29

* Le transport des employés sera effectué une fois par semaine.

3.10.7.1 Navettage

Le transport des employés vers le site minier Troilus se fera par voie routière tel qu'il était le cas lors du projet historique. Aucune piste d'atterrissage n'est prévue sur le site Troilus. Les employés voyageront par autobus en partant d'un des trois points d'attache situé dans les communautés environnantes.

Aucun employé ne sera autorisé à voyager au site minier Troilus avec son véhicule personnel. Cependant, des camions appartenant à Troilus transporteront certains employés des points d'attache prévus au site du projet et vice-versa, selon leurs quarts de travail et au besoin.

3.10.7.2 Transport du concentré

Plusieurs options ont été évaluées pour le transport du concentré de cuivre, soit le transport du concentré par train vers la fonderie Horne ou un port tel que les ports de Québec ou Montréal. Troilus est d'avis que cette option serait préférable d'un point de vue économique, environnemental et social. Cependant, les infrastructures nécessaires pour le transport du concentré par train sont manquantes dans la région, notamment un centre de transbordement et une section de 70 km de voie ferrée entre Chapais et Lebel-sur-Quévillon, si le transport vers la fonderie Horne était priorisé. Cela dit, si le transport du concentré via la voie ferrée vers un port est à prévoir, la seule contrainte face à cette option serait l'aménagement d'un site de transbordement. Il est important de noter que la ville de Chibougamau a effectué une étude de

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

pré faisabilité en 2013 et une demande de non-assujettissement en 2017 visant la possibilité d'aménager un centre logistique intermodal à Chibougamau (CLIC) sur la route 167. Troilus supporte cette initiative et priorisera le transport de son concentré par voie ferroviaire si le projet du CLIC va de l'avant. Compte tenu des contraintes en place, le transport du concentré de cuivre par transport routier est l'option retenue. Une analyse détaillée des routes à prioriser pour le transport du minerai afin d'éviter les centres-villes est en cours et la décision du tracé final sera établie en partenariat avec le MTMD et les communautés concernées.

Le scénario retenu pour l'instant est que le concentré de cuivre et d'or sera acheminé par camions de 40 tonnes fermés vers la fonderie Horne. Selon l'utilisation de camion d'une capacité de 40 tonnes, Troilus estime que le transport du concentré représentera six voyages/jour. L'itinéraire proposé totalise 691 km et implique un parcours d'une durée de 8 h 30. La section 2.1.5 présente le tracé retenu.

Il est probable que la quantité de concentré de cuivre soit séparée entre la fonderie Horne et un port qui apportera le concentré outre-mer. Ceci réduira davantage l'impact du transport du concentré sur le taux de circulation sur la route 167 Sud et la route 113. Cette option n'a pas été retenue pour l'instant, mais cela pourrait changer si des entreprises d'outremer s'avéraient intéressées à acheter le concentré.

3.10.7.3 Sécurité

Les livraisons sur le site se feront avec des vérifications à Chibougamau et des protocoles de communication radio (FM et CB) entre le site minier et Chibougamau.

Une vitesse de 70 km/h devra être respectée sur le chemin d'accès de la mine ainsi que sur la route du Nord. La vitesse de circulation sur le site même sera de 50 km/h et des mesures de sécurité additionnelles sont à prévoir dans les zones à risques tel qu'à proximité des campements crûs, les pentes abruptes, les intersections et autres.

Des mesures de sécurité seront appliquées et une procédure pour réduire les risques associés au transport routier, aux collisions et à la gestion de poussière due à l'augmentation de la circulation sur la route du nord sera décrite dans le Plan de gestion de la circulation qui sera ultérieurement élaboré.

3.10.8 Banc d'emprunt

Le site du projet minier Troilus contient déjà plusieurs des matériaux nécessaires à la construction des aménagements prévus. Les matériaux pour la construction et les rehaussements prévus du parc à résidus minier proviendront en partie du stérile qui sera extrait au cours de l'opération et du décapage de la fosse Sud-ouest, étant donné qu'elle se situe sur un esker composé de sable et gravier fluvioglaciaires.

Le reste des matériaux requis pour les autres aménagements pourra provenir des nombreux bancs d'emprunt situés à proximité. En effet, il existe présentement plus de 30 baux non exclusifs d'exploitation de substances minérales de surface (BNE) actifs à proximité du projet. Ceux-ci qui pourraient être utilisés pour les besoins du projet (figure 3.11). Troilus est actuellement titulaire de sept BNE pour l'extraction de substances minérales qui pourraient être utilisées lors de la phase d'opération pour les besoins en entretien et réfection du chemin d'accès (tableau 3.19).

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

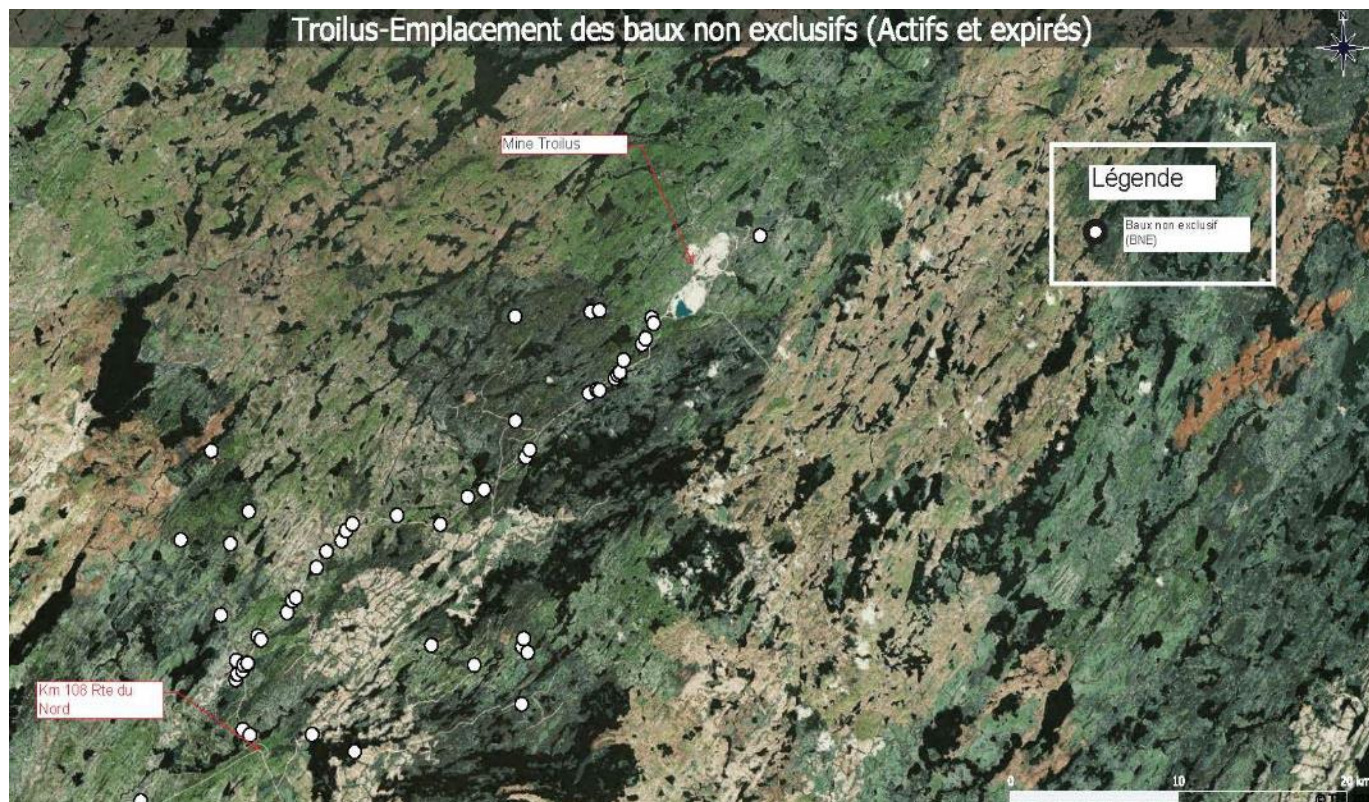


Figure 3.11 Emplacement des baux non exclusifs disponible à proximité du site Troilus

Tableau 3.19 Liste des bancs d'emprunt actifs

Liste de bancs d'emprunts actifs Numéro	Statut	Nom de l'exploitant	Dépôt	Substance
BNE44607	Actif	Troilus	Moraine	Gravier
BNE48196	Actif	Troilus	Moraine	Sable
BNE52932	Actif	Troilus	Moraine	Sable
BNE51266	Actif	Troilus	Moraine	Gravier
BNE52377	Actif	Troilus	Moraine	Sable
BNE51265	Actif	Troilus	Moraine	Gravier
BNE48200	Actif	Troilus	Moraine	Gravier, sable, autre

3.11 Restauration minière

Le site Troilus a déjà fait l'objet d'une restauration lors de la fermeture de la première opération en 2010. Les leçons apprises et les constats des différents travaux de réhabilitation serviront à produire un plan de réaménagement pour la future opération. Ce plan de fermeture et réaménagement sera déposé au ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) avant le début de l'exploitation du projet conformément aux dispositions de la Loi sur les mines (RLRQ, ch. M-13.1). La restauration du site se fera progressivement pour différents aménagements tels que le parc à résidus, certaines haldes à stériles et fosses à ciel ouvert.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Le futur aménagement du site après les travaux de fermeture et restauration est présenté à la carte 3.4. La conception préliminaire du plan de fermeture du site Troilus a fait l'objet de consultations avec les utilisateurs du territoire. Le plan de fermeture et restauration préliminaire est disponible à l'annexe D du rapport d'ÉIES.

3.12 Phase du projet

3.12.1 Construction

Les principales activités de construction sont :

- Déboisement des secteurs où les infrastructures seront aménagées et travaux de terrassement;
- Dénoyage des fosses 87 et J4;
- Déplacement des haldes à stérile existantes à l'ouest des fosses;
- Relocalisation d'une partie du chemin d'accès et de la ligne de transport d'énergie;
- Aménagement d'un campement de construction;
- Déviation du ruisseau Bibou;
- Assèchement des lacs PE 5, PE 6, PE7, PE8 et PE 9;
- Rehaussement de la digue du PARM;
- Construction des bâtiments et l'installation des réservoirs;
- Préparation au minage : décapage, dynamitage, mis de côté du mort-terrain ;
- Installation de routes et l'aménagement des fossés.

Les lacs PE5 à PE9 représentent une série de petits lacs qui se drainent dans le ruisseau Bibou. Ceux-ci devront être asséchés afin de permettre l'aménagement de la fosse Sud-ouest ainsi que la déviation du ruisseau Bibou. Une partie de la bathymétrie du plan d'eau PE-5 sera utilisée comme ouvrage de rétention des eaux de contact au sud de la fosse Sud-ouest.

Le volume d'eau contenu dans les plans d'eau a été estimé 334 902 m³. Les lacs seront pêchés préalablement à leur assèchement et les poissons capturés seront relocalisés au lac Amont. L'eau des lacs sera pompée vers le ruisseau Bibou qui est le milieu récepteur des eaux actuelles. Une attention particulière sera portée afin d'assurer que l'apport des eaux dans le ruisseau Bibou est fait de manière à ne pas surcharger la capacité du ruisseau ainsi qu'afin d'éviter l'apport de sédiments dans le ruisseau.

3.12.2 Exploitation

Les principales activités de production sont :

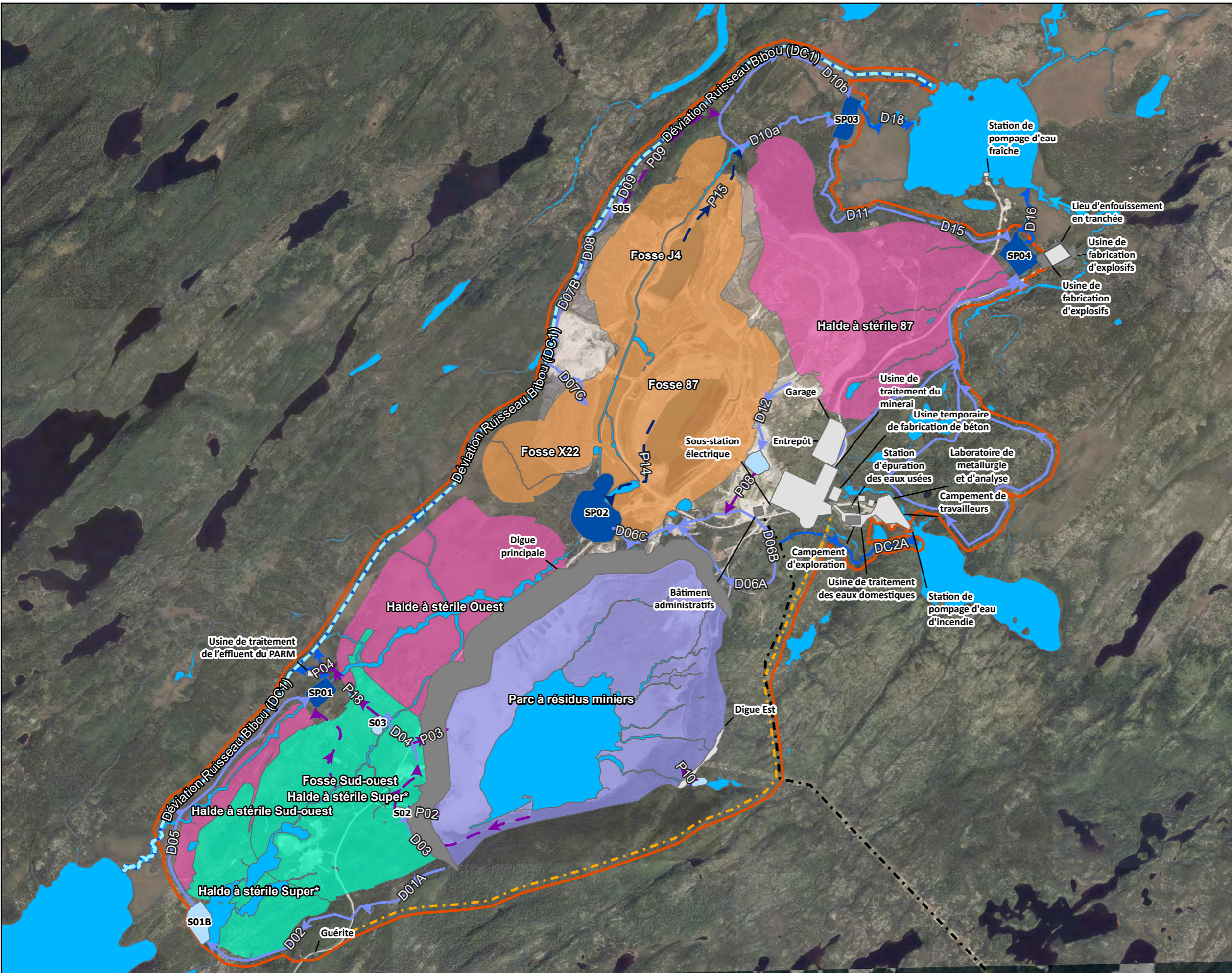
- Forage et l'extraction du minerai;
- Traitement du minerai (concassage, broyage, et flottation);
- Disposition des stériles dans la halde à stérile et des résidus miniers dans le PARM et les fosses à ciel ouvert;
- Entretien des équipements et des bâtiments;
- Traitement des eaux.

Ces activités ont été décrites en détail dans les sections précédentes.

3.12.3 Fermeture

Les principales activités de restauration sont :

- Le démantèlement des bâtiments;
- La revégétalisation des haldes à stériles et sites perturbés;
- L'envoiment des fosses J4, 87 et X22.



LÉGENDE / LEGEND

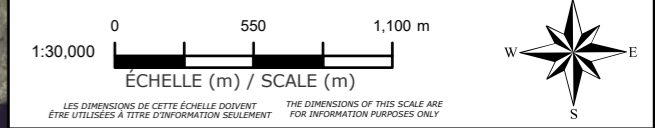
- Zone de développement du projet / Project Development Area
- Fosse / Open Pit
- Halde à stérile / Waste Rock Pile
- Halde à stérile super* / Super Waste Rock Pile*
- Parc à résidus miniers / Tailings Management Facility
- Bassin de sédimentation (SP##) / Sedimentation Pond (SP##)
- Puisard (S##) / Sump (S##)
- Littoral / Body of Water
- Infrastructure existante / Existing Infrastructure
- Infrastructure proposée / Proposed Infrastructure
- Chemin d'accès proposée / Proposed Access Road
- Ligne de transport d'énergie proposée / Proposed Power Line
- Déviation du ruisseau Bibou / Bibou Creek Diversion
- Fossé d'eau de contact / Contact Water Ditch
- Conduit d'eau de contact / Contact Water Pipeline
- Direction écoulement / Flow Direction
- Canal de dérivation / Diversion channel
- Assèchement des fosses / Pit Dewatering

* : Une partie de la halde à stérile super sera construite sur la halde à stérile sud-ouest, la halde à stérile ouest et la fosse Sud-ouest / Parts of the Super Waste Rock Pile will be constructed over the existing Southwest, and West Waste Rock Piles, and the South West Pit

5				
RÉV.	DESCRIPTION	AA/MM/YY	BY	VERIF.

NOTES
 CES INFORMATIONS NE PEUVENT ÊTRE REPRODUITES SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DE BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. NE PAS AGRANDIR ET RÉDUIRE LA TAILLE DE CE DESSIN. CE DESSIN A PEUT-ÊTRE ÉTÉ RÉDUIT. TOUTES LES ÉCHELLES ET ANNOTATIONS INDICQUÉES SONT BASÉES SUR UN FORMAT DE DESSIN DE 11"x17".
 THIS INFORMATION MAY NOT BE REPRODUCED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BLUMETRIC ENVIRONMENTAL INC. DO NOT ENLARGE OR REDUCE THE SIZE OF THIS DRAWING. THIS DRAWING MAY HAVE BEEN REDUCED IN SIZE. ALL SCALES AND ANNOTATIONS SHOWN ARE BASED ON AN 11"x17" DRAWING FORMAT.

RÉFÉRENCES/REFERENCES
 Infrastructure proposées: 167040485_PublicationDonnes_Infrastructures_Poly, Stantec, 25 Janvier 2024
 Carte de base: Bing 06 Juin 2023



CLIENT
Troilus Gold Corp.

PROJET/PROJECT
Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus / Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

TITRE/TITLE
Infrastructures de la mine à la fermeture / Mine Infrastructure at Closure

NO. PROJET / PROJECT NO.
 240433 / 167040485

DATE
 06/ 19/ 2025

CONÇU / CHECKED
 S. Sene

RÉVISÉ / VERIFIED
 C. Gardois

DESSINÉ / DRAWN
 M. Baker

Figure No.
 3.4

ED./REV.
 5

3.13 Besoin de main-d'œuvre et formation

Dès la phase de construction, l'embauche des travailleurs débutera. Le tableau 3.20 résume le besoin en main-d'œuvre identifié au cours des cinq premières années d'opérations minières. Ce besoin est sujet à des modifications au cours du déroulement du projet minier. Ainsi, durant les 21 années d'exploitation prévues, le projet générera en moyenne 420 emplois. Troilus favorisera l'emploi local. En phase de construction, environ 1100 travailleurs seront employés pour la construction et l'aménagement du site minier. En phase d'exploitation environ 450 travailleurs seront employés. Les horaires de travail pour les travailleurs sur le site minier sont organisés en quarts de 12 heures, avec une rotation de sept jours de travail suivis de sept jours de repos. Pour certains postes de gestion, les horaires sont de quatre jours de travail suivis de trois jours de repos.

À compétence égale, Troilus priorisera l'embauche des travailleurs dans l'ordre suivant : 1) travailleurs provenant d'une famille impactée par le projet, 2) travailleurs provenant de la communauté crie de Mistissini 3) travailleurs provenant d'une communauté crie autre que Mistissini, 4) travailleurs provenant des communautés allochtones potentiellement impactées par le projet (Chapais, Chibougamau), 5) travailleurs provenant du Québec, 6) travailleurs provenant d'ailleurs au Canada, 7) travailleurs provenant de l'étranger.

Lors du projet historique, le ratio d'employés Cris à respecter était de 25 %, mais malgré les nombreuses mesures mises en place et l'effort déployé par l'ancien promoteur et la communauté crie de Mistissini, ce ratio n'a pas été atteint. Il demeure néanmoins probable qu'une cible similaire soit proposée lors de l'entente sur la répercussion et les avantages.

Une plus grande proportion de travailleurs provenant de l'extérieur (travailleurs provenant d'une région autre que le Nord-du-Québec) est anticipée lors de la phase de construction due au nombre de postes à pourvoir ainsi qu'au nombre de travailleurs évoluant dans un métier spécialisé qui devront être embauchés. Lors de l'opération, Troilus veillera à assurer le plus grand nombre de travailleurs provenant de la région ainsi que de fournir des incitatifs au déménagement en région de travailleurs basés à l'extérieur de la région. Similairement lors de la phase de fermeture et le suivi environnemental post-fermeture, l'emphase sera mise sur le maintien d'emplois de travailleurs basés dans la région.

Tableau 3.20 Main-d'œuvre prévue pour le projet Troilus en phase d'opération

Catégorie	Poste	Nombre d'employés
Maintenance	Superintendant de maintenance	1
	Contremaître général de maintenance	1
	Contremaître de quart de maintenance	4
	Planificateur de maintenance	2
	Commis de maintenance	1
Opérations minières	Superintendant des opérations minières	1
	Contremaître général des opérations minières	1
	Contremaître général de quart	4
	Contremaître général de quart junior	4
	Formateur	2

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Catégorie	Poste	Nombre d'employés
	Contremaître général	1
	Commis des opérations	1
Ingénierie	Ingénieur en chef	1
	Ingénieur sénior	1
	Ingénieur de planification de la mine à ciel ouvert	2
	Ingénieur géotechnique	1
	Ingénieur en sautage	1
	Technicien en géotechnique	2
	Technicien en dispatch	4
	Technicien en arpentage	2
	Commis en ingénierie	1
Géologie	Géologue en chef	1
	Géologue sénior	1
	Géologue de contrôle de la qualité/modélisateur	2
	Technicien en échantillonnage/géologie	4
	Commis en géologie	1
Total		49
Main-d'œuvre horaire		
Général	Opérateur d'équipement	16
	Équipe de route/pompe	12
	Manœuvre de la mine	8
	Apprenti	4
	Mécanicien	3
	Technicien de pneus	6
	Conducteur de camion de graissage	8
Opérations minières	Foreur	40
	Dynamiteur	2
	Aide-dynamiteur	4
	Opérateur de chargeuse	4
	Opérateur de pelle hydraulique	16
	Conducteur de camion de transport	156
	Opérateur de bulldozer	16
	Opérateurs de niveleuse	6
	Opérateur de chargeur de transfert	3
	Conducteur de camion-citerne	11
Maintenance minière	Mécanicien d'équipement lourd	63
	Soudeur	33
	Électricien	3
	Apprentis	9
Total		423

*L'appellation des postes est donnée au masculin afin d'alléger le texte.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Les postes à pourvoir sont séparés en quatre grandes catégories selon le Conseil des ressources humaines pour l'industrie minière. Le niveau de scolarité diffère pour chaque catégorie et chacune présente des opportunités en matière de formation en milieu de travail.

1. **Postes de manœuvre et d'opération** : la majorité des postes disponibles lors de la construction et l'opération seront des postes de manœuvre et d'opération, tels que des journaliers, des foreurs ainsi que certains opérateurs. Ces postes demandent un diplôme d'études secondaires ou une reconnaissance des acquis. Ce sont des postes pour lesquels la formation pourra avoir lieu directement au terrain, soit avec des formateurs de la mine ou à travers une entente de formation avec le centre de formation présent dans la région.
2. **Métiers spécialisés** : Les métiers spécialisés seront la deuxième catégorie de postes pour lequel la demande sera aussi très élevée. Cette catégorie comprend des postes tels que mécaniciens industriels, mécaniciens de chantier, électriciens, techniciens en instrumentation et plusieurs autres. Ces postes demandent l'obtention d'un diplôme ou d'un certificat d'un collège d'enseignement professionnel et se prêtent aussi bien à des formations en milieu de travail.
3. **Sciences et génie** : Plusieurs carrières demanderont un diplôme collégial en technologie du génie civil ou un diplôme universitaire en génie minier. Les postes à pourvoir dans cette catégorie comprennent : ingénieurs, géologues, arpenteurs et autres. Dans plusieurs cas, ces postes demandent que les travailleurs fassent partie d'un ordre reconnu tel que l'ordre des ingénieurs. Afin de faire partie d'un ordre, un candidat doit travailler dans son domaine et être parrainé par un membre de l'ordre en question. De ce fait, il y aura plusieurs possibilités de stages et de formations en milieu de travail pour des candidats désirant exercer leur profession réglementée dans le domaine du génie.
4. **Gestion** : Dernièrement, plusieurs postes en gestion seront à pourvoir. Les exigences en matière de gestion diffèrent d'une compagnie à un autre, mais demandent généralement un niveau de scolarité universitaire et de l'expérience dans le domaine de gestion en question, soit : superintendants des opérations, coordonnateur en environnement ou formateur constituent des exemples de postes dans le domaine de la gestion. En matière de formation en milieu de travail, les employés qui accéderont à ces postes auront effectué une formation dans leurs domaines respectifs et, au fil du temps, auront acquis suffisamment de compétences dans l'industrie pour être nommés dans un poste de gestion.

Troilus travaillera avec les centres de formation en région comme le Apatsiwin skills développement (ASD) et le Centre de formation professionnelle de la Baie-James (CFP Baie-James) pour mettre en place des programmes de formation qui incluront des stages en milieu de travail.

3.14 Politiques

3.14.1 Diversité et inclusion

Troilus s'engage à promouvoir la diversité et l'inclusion au sein de son personnel en mettant en place des politiques d'embauche ciblées. Consciente des défis auxquels sont confrontés les groupes sous-représentés comme les femmes et les autochtones dans le secteur minier, l'entreprise s'efforce de créer un environnement de travail qui reflète la richesse de la diversité de la société.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Pour ce faire, Troilus adoptera plusieurs mesures concrètes. Tout d'abord, l'entreprise mettra en place des partenariats avec des organisations communautaires et des institutions éducatives qui soutiennent les groupes sous-représentés, afin d'attirer un plus large éventail de candidats. Des programmes de stages et de mentorat seront également instaurés pour offrir des opportunités aux jeunes issus des communautés autochtones et allochtones, leur permettant ainsi de se familiariser avec le secteur minier et de développer leurs compétences.

Ensuite, Troilus s'engage à former ses équipes de recrutement sur les biais inconscients et les meilleures pratiques en matière d'embauche inclusive. Cela garantira que chaque candidat soit évalué sur la base de ses compétences et de son potentiel, plutôt que sur des stéréotypes ou des préjugés.

Enfin, l'entreprise mettra en place des indicateurs de performance pour suivre l'évolution de la diversité au sein de ses équipes et s'assurer que ses efforts portent leurs fruits. Troilus fera l'état du progrès réalisé et des défis à relever au comité d'intégration crie, renforçant ainsi la transparence et la responsabilité de l'entreprise envers ses engagements.

3.14.2 Code de conduite

Troilus détient une politique en matière de code de conduite. Cette politique vise à préciser les principes qui régissent le comportement et l'éthique des employés et des employées, des administrateurs et des administratrices. De manière générale, les objectifs de la politique sont les suivantes :

- De promouvoir un comportement honnête et conforme à l'éthique, y compris le traitement éthique des conflits d'intérêts apparents ou réels entre les membres du personnel et dans les relations professionnelles;
- De favoriser la prévention des conflits d'intérêts, notamment en informant par écrit une personne désignée de toute transaction importante ou de toute relation raisonnablement susceptible d'être considérée comme suscitant un tel conflit;
- De promouvoir une divulgation de renseignements complète, équitable, juste, précise, opportune et compréhensible dans les rapports et les documents déposés ou soumis par la Société aux organismes de réglementation des valeurs mobilières ainsi que dans toutes les autres communications publiques de la Société;
- De promouvoir le respect des lois, des règles et des règlements gouvernementaux applicables;
- De promouvoir le prompt signalement des violations de ce Code à la personne habilitée à l'interne;
- De promouvoir la responsabilisation quant à l'observance de ce Code;
- D'orienter les employés et employées, les dirigeants et dirigeantes et les administrateurs et administratrices de la Société en vue de les aider à reconnaître et à traiter les questions éthiques;
- De fournir les mécanismes de signalement de comportements contraires à l'éthique;
- De favoriser l'instauration d'une culture d'honnêteté et de responsabilisation au sein de la Société.

Cette politique encadre aussi les pratiques en milieu de travail :

- Un milieu de travail libre de discrimination;
- Un milieu de travail exempt de tout comportement violent;
- Un milieu de travail sain et exempt d'abus d'alcool ou de drogues;
- Un milieu de travail exempt de népotisme;

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

- Éviter les conflits d'intérêts;
- Le respect des lois et règlements;
- La confidentialité des renseignements privilégiés et confidentiels et secrets industriels;
- Une démarche claire pour signaler toute infraction effective ou éventuelle au présent Code.

3.14.3 Sécurité en milieu de travail

Troilus détient un Programme de prévention en santé et sécurité au travail qui contient les éléments suivants :

- Politique d'entreprise en matière d'environnement, de santé-sécurité, harcèlement au travail et gestion de crise;
- Les rôles et responsabilités pour tout le personnel incluant le comité de santé et sécurité;
- Plan de communication incluant la procédure de communication ainsi que la liste de contacts à jour des services, ressources, autorités et partie prenantes concernées selon l'événement en question;
- Protocole d'évaluation incluant les démarches à suivre pour les événements suivants :
 - Un incendie majeur ou un feu de forêt;
 - Une panne de courant générale en hiver;
 - Une épidémie ou intoxication alimentaire touchant l'ensemble du personnel;
 - Une alerte météo exceptionnelle;
 - Toute autre cause qui pourrait être une menace pour le personnel ou les personnes présentes sur le site de Troilus.

Troilus Gold suivra les meilleures pratiques établies dans le protocole de santé et sécurité de l'initiative Vers le développement minier durable (VDMD) de l'Association minière du Canada et effectuera une mise à jour de son programme de prévention en Santé et Sécurité au travail selon les changements que le nouveau projet engendrerait.

3.15 Calendrier de réalisation

Troilus prévoit obtenir les autorisations nécessaires pour débiter la construction du projet en 2027-2028 et l'opération en 2029-2030. Les tableaux suivants (3.21 et 3.22) montrent les étapes prévues dans le temps. L'annexe C.14 du rapport d'ÉIES permet de voir les cartes présentant les principales étapes.

Tableau 3.21 Séquence des principales étapes du projet

Phase	Année	Activités
Construction	-3	Assèchement des plans d'eau PE5, PE6, PE7, PE8 et PE9
		Début du déboisement des sites où seront les infrastructures
		Début des travaux de construction de la déviation du ruisseau Bibou (DC1), de la déviation DC2A, des fossés et des bassins de sédimentation
	-2	Construction d'une nouvelle usine de traitement du minerai d'une capacité de 50 000 tonnes/j
		Construction des infrastructures de gestion de l'eau autour de la zone d'accumulation aménagée Exploitation d'une petite fosse à l'ouest de la fosse 87 existante pour créer de l'espace pour le bassin de sédimentation SP02

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Phase	Année	Activités	
Exploitation	-1	Relocalisation du chemin d'accès et de la route électrique	
		Début de l'enlèvement du mort-terrain dans l'empreinte de la fosse 87	
		Début de la création de la halde à stérile 87 et de la halde à mort-terrain 87-1 au nord-est du site	
	Exploitation	1	Rehaussement du parc à résidus miniers
			Début du traitement du minerai, expansion de la fosse 87, début de l'exploitation de la fosse Sud-ouest
		2	Création de la halde à stérile et de la halde à mort-terrain Sud-ouest
			Poursuite de l'exploitation minière dans les fosses 87 et Sud-ouest
		3 - 5	Début du développement de la halde à stérile ouest
			Fosses actives : fosse 87, fosse Sud-ouest et fosse J4 (à partir de l'année 5)
		6 - 10	Fosses actives : fosse 87, fosse Sud-ouest et fosse J4
			Excavation de la halde à mort-terrain 87 pour permettre l'expansion de la halde à stérile 87-1; le matériel est utilisé pour la réhabilitation progressive du site
		11 - 15	Début du dépôt de résidus miniers dans la fosse Sud-ouest
			Excavation de la halde à mort-terrain Sud-ouest pour permettre le dépôt de stériles (création de la halde à stérile Super); le matériel est utilisé pour la réhabilitation progressive du site
16 - 20		Fosses actives : fosse 87 et fosse X22	
		Début de l'exploitation de la fosse X22 (année 18)	
		Dépôt de stérile sur l'empreinte de la fosse Sud-ouest dans la halde à stérile	
21	Dépôt progressif des résidus dans la fosse J4, puis dans la fosse 87		
	Dernière année d'exploitation minière (dans la fosse X22)		
22	Traitement du minerai entreposé dans la halde à minerai 2 (basse teneur)		
Fermeture	22-24	Fermeture progressive des infrastructures et réhabilitation du site conformément aux normes environnementales	

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Tableau 3.22 Calendrier de réalisation du projet

Activité	Année																												
	*	*	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Dépôt de l'étude d'impact sur l'environnement	•																												
Examen et acceptabilité du projet		*																											
Construction du site minier			•	•	•																								
Exploitation						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Démantèlement et restauration																											•	•	•
Suivi en post-restauration																													*

*Durée non déterminée

3.16 Effets potentiels de l'environnement sur le projet

Cette section présente les principaux aléas naturels et conditions environnementales susceptibles d'avoir une incidence sur le projet minier Troilus, ainsi que les mesures d'atténuation prévues pour en limiter les impacts négatifs potentiels. L'évaluation porte sur les aléas climatiques et géotechniques identifiés comme pertinents pour la région Nord-du-Québec, dans un contexte marqué par l'intensification des changements climatiques.

Les impacts environnementaux potentiels sur le projet résultent de l'interaction entre les caractéristiques environnementales locales – telles que la topographie, la géologie, l'hydrologie et le climat – et les spécificités techniques des infrastructures minières. L'analyse repose sur une diversité de sources, incluant les lignes directrices de l'étude d'impact environnemental, le cadre de référence approuvé par les autorités compétentes, les résultats des consultations menées auprès des organismes gouvernementaux, des collectivités autochtones et des parties prenantes, ainsi que l'examen des conditions environnementales historiques et actuelles. Les connaissances issues des projections climatiques futures et les impacts anticipés des changements climatiques viennent enrichir cette évaluation.

À la lumière de ces sources, les conditions environnementales suivantes sont jugées susceptibles d'exercer une influence sur le développement du projet :

- Climat
 - Précipitations abondantes (durée et intensité);
 - Pluies verglaçantes;
 - Les vagues de chaleur et sécheresses;
 - Redoux hivernaux (fréquence des événements);
 - Vents forts et rafales;
 - Changements du régime hydrologique;
 - Feux de forêt (fréquence, sévérité et durée).
- Événements géotechniques
 - Activités sismiques;
 - Glissements de terrain.

Conformément à l'alinéa h, de l'article 22(1) de la Loi sur l'évaluation d'impact (L.C. 2019, ch. 28, art. 1), le projet intègre les contraintes environnementales dès la phase de conception. À ce titre, Troilus prévoit la mise en œuvre de mesures d'atténuation afin de réduire les impacts des aléas naturels, de maintenir la continuité des opérations minières et de garantir la sécurité des travailleurs ainsi que la protection de l'environnement.

3.16.1 Caractéristiques de la zone d'étude et risques naturels

3.16.1.1 Conditions locales

La zone d'étude locale (ZEL) du projet Troilus se situe dans un environnement nordique à prédominance naturelle, au sein du secteur de Frotet-Troilus, en Eeyou Istchee Baie-James (AGP, 2024). Le territoire se caractérise par un relief modérément vallonné, ponctué de formations rocheuses affleurantes, de collines basses et de dépressions occupées par des milieux humides ou des plans d'eau de petite à moyenne dimension. L'altitude y varie généralement entre 330 et 390 m, selon les données topographiques régionales. Cette configuration topographique reflète une morphologie héritée des épisodes glaciaires quaternaires, avec la présence de dépôts morainiques discontinus et de matériaux glaciofluviaux en surface (Gosselin, 1996 ; Groulier et coll., 2020).

Sur le plan géologique, la ZEL et la zone d'étude régionale (ZER) s'inscrivent dans une zone de déformation majeure associée à la ceinture de roches vertes de Frotet-Evans, une formation archéenne stable et bien connue pour son potentiel aurifère et cuprifère. Le substratum est formé d'une alternance de roches volcaniques mafiques à felsiques (notamment basalte et andésite) et d'intrusions de diorite, de tonalite et de gabbro, localement altérées par des processus hydrothermaux. Ces unités lithologiques sont partiellement recouvertes par des tills et des sédiments glaciolacustres (Gosselin, 1996; Groulier et coll., 2020).

La région est soumise à un climat subarctique à dominance continentale, caractérisé par des hivers longs et rigoureux, et des étés courts, mais parfois chauds. Les températures moyennes annuelles oscillent entre -1 °C et 1 °C. En hiver, les températures peuvent descendre sous les -40 °C, alors qu'en été, elles peuvent occasionnellement excéder les 30 °C. Les précipitations annuelles atteignent en moyenne 800 mm, dont une part importante sous forme de neige, accumulée principalement entre octobre et avril. La période sans gel est relativement courte, variant de 90 à 120 jours par an (Paquin et coll., 2022 ; Bussière et coll., 2021).

Le régime hydrologique local est dominé par une crue printanière liée à la fonte des neiges, suivie de faibles débits durant les saisons estivale et hivernale. La ZEL est située en tête de plusieurs petits sous-bassins versants qui alimentent le bassin de la rivière Broadback. Cette position amont contribue à une faible susceptibilité aux inondations soudaines et à une plus grande stabilité des débits de surface. De nombreux milieux humides, lacs peu profonds et cours d'eau à pente douce sont répartis dans la zone, assurant un effet régulateur naturel sur les écoulements hydrologiques (AGP, 2024).

3.16.1.2 Changements climatiques et événements météorologiques extrêmes

Au Québec, les changements climatiques se manifestent déjà par une hausse des températures, une modification des régimes de précipitations et une intensification des événements météorologiques extrêmes (Ouranos, 2015 ; Bresson et coll., 2017). Ces perturbations entraînent des répercussions notables sur plusieurs secteurs économiques, dont l'industrie minière, qui est particulièrement vulnérable en raison de la nature et de la localisation de ses activités (Bussière et coll., 2017; Paquin et coll., 2022).

Plusieurs études ont démontré que les projets miniers situés dans le Nord-du-Québec et sur le territoire de l'Eeyou Istchee Baie-James (EIBJ) sont déjà exposés aux impacts des changements climatiques.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Parmi les principaux enjeux identifiés figurent l'instabilité des infrastructures induite par les cycles de gel-dégel, l'érosion accélérée des routes d'accès et des haldes à stériles, la gestion plus complexe des eaux de ruissellement, les périodes de sécheresse prolongées, ainsi qu'une recrudescence des feux de forêt (Hennigs et Bleau, 2017 ; Bussière et coll., 2017 ; Paquin et coll., 2022).

L'adaptation aux changements climatiques constitue désormais un impératif pour assurer la durabilité des projets miniers au Québec. L'intégration des aléas climatiques dans la conception, la planification et l'exploitation des sites miniers permet de protéger l'intégrité des infrastructures critiques, de garantir la sécurité des travailleurs, de préserver les milieux naturels environnants et d'assurer la continuité des opérations.

Dans cette optique, les outils scientifiques développés par le consortium Ouranos - en particulier les scénarios climatiques fondés sur les trajectoires d'émissions SSP2-4.5 (modérée) et SSP5-8.5 (élevée) - fournissent un cadre analytique rigoureux pour anticiper les conditions futures et soutenir la prise de décision en matière d'adaptation. Ces projections permettent d'évaluer avec précision l'évolution des températures, des précipitations, des régimes hydrologiques et des événements extrêmes susceptibles d'affecter l'exploitation minière.

Conformément à l'annexe 3.1 « Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet » du présent chapitre, le projet minier Troilus, situé dans un secteur minier nordique de la région de l'EIBJ, est exposé à une gamme d'aléas climatiques reconnus comme critiques pour l'industrie minière (Bussière et coll., 2017 ; Paquin et coll., 2022). À moins qu'une autre source de référence soit mentionnée, tous les impacts décrits dans les sections suivantes sont issus de ce chapitre d'analyse climatique.

Précipitations

La région du projet minier Troilus enregistre actuellement une moyenne annuelle d'environ 800 mm de précipitations annuelles, incluant à la fois les précipitations solides (neige) et liquides (pluie). Cette valeur historique est relativement stable, bien qu'elle présente une répartition saisonnière marquée, avec un maximum observé entre juillet et octobre, période coïncidant avec l'activité opérationnelle dans le site minier. Près de 30 à 40 % des précipitations annuelles surviennent sous forme de neige, principalement entre octobre et avril.

Les projections climatiques issues des scénarios de trajectoire commune d'évolution socio-économique (Shared Socioeconomic Pathways - SSP) 2-4.5 (modéré) et 5-8.5 (pessimiste) anticipent une hausse des précipitations totales annuelles de 13 % à 26 % d'ici 2070, avec un premier palier estimé à 7 % à 17 % à l'horizon 2050. Les précipitations maximales journalières pourraient passer de 24 mm (actuel) à 28 mm sous SSP2-4.5 et jusqu'à 31 mm sous SSP5-8.5 à l'horizon 2041–2070. Le nombre annuel de jours avec plus de 20 mm de précipitations augmenterait également, passant d'un à deux jours historiquement à trois jours sous SSP2-4.5 et jusqu'à quatre jours sous SSP5-8.5 à moyen terme.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

La fréquence des précipitations extrêmes, incluant les pluies convectives ou orageuses, augmentera de manière significative. La réduction des périodes de retour de ces événements implique qu'ils surviendront plus souvent et avec une intensité accrue, mettant à l'épreuve les systèmes de drainage, les fossés et les bassins de rétention. Bien que la configuration naturelle du territoire, marquée par une abondance de milieux humides, de lacs peu profonds et de cours d'eau à faible pente, offre une certaine capacité de rétention, elle ne suffira probablement pas à compenser les impacts amplifiés des précipitations extrêmes.

La durée du couvert nival en continu, actuellement estimée entre 160 et 180 jours/an (1950–2010), devrait diminuer à 115 et 135 jours d'ici 2050. Sous le scénario SSP5-8.5, cette réduction pourrait atteindre plus de deux mois en fin de siècle (Paquin et coll., 2022). La perte sera répartie entre un début de saison plus tardif et une fonte plus précoce, entraînant une crue printanière plus abrupte et plus difficile à maîtriser.

Par conséquent, le projet prévoit donc le dimensionnement renforcé des bassins de rétention et des dispositifs de déviation. Un facteur d'amplification hydrologique de 18 % est appliqué aux débits de pointe projetés, en cohérence avec les recommandations du MTMD en 2025, et les infrastructures sont conçues conformément à la Directive 019 sur les capacités hydrauliques en contexte minier.

Concernant le verglas, les données historiques montrent que la fréquence des épisodes de pluies verglaçantes est généralement faible dans la zone du projet Troilus, située à l'intérieur des terres dans le secteur minier de la Baie-James. Cette faible occurrence s'explique vraisemblablement par l'éloignement du site par rapport aux zones côtières, où ce phénomène est plus courant. Toutefois, les incertitudes liées aux projections demeurent importantes, en raison notamment du nombre limité de modèles climatiques régionaux disponibles et de la variabilité naturelle de ce type d'événement (Bussière et coll., 2017 ; Paquin et coll., 2022).

Température

La région du projet minier Troilus est soumise à un climat subarctique à influence continentale, caractérisé par une forte variabilité thermique saisonnière (Ouranos, 2015 ; Bussière et coll., 2017 ; Paquin et coll., 2022). Les normales climatiques de la période 1991–2020, indiquent une température moyenne annuelle se situe autour de $-0,1$ °C, avec des extrêmes saisonniers allant de $-16,9$ °C en hiver à $14,8$ °C en été. Comparativement à la période historique (1971–2000), où la température moyenne annuelle était estimée à $-1,1$ °C, la région a enregistré un réchauffement d'environ 1 °C en quelques décennies.

Les projections climatiques corroborent l'évolution observée au cours des dernières décennies. À l'horizon 2041–2070, les températures annuelles moyennes pourraient augmenter de $1,0$ °C à $3,3$ °C, selon le scénario. Les hausses les plus marquées sont attendues en hiver et au printemps, avec des températures hivernales moyennes qui pourraient atteindre $-12,4$ °C sous SSP5-8.5, soit une augmentation de $4,5$ °C. L'été suivrait également cette trajectoire, avec des températures moyennes maximales pouvant approcher 18 °C, soit près de 3 °C de plus que la normale.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Les températures extrêmes évoluent également. Les journées estivales dépassant 30 °C, historiquement peu fréquentes (1 à 2 j/an), pourraient atteindre jusqu'à 13 jours par an à l'horizon 2070 sous SSP5-8.5. Par ailleurs, les températures minimales nocturnes estivales devraient augmenter, réduisant la fréquence des nuits froides et augmentant celle des nuits tropicales modérées, quoique leur occurrence demeure limitée dans ce type de climat.

Ces changements thermiques présentent des enjeux majeurs pour l'intégrité des infrastructures minières. Bussière et coll. (2017) soulignent que l'augmentation des cycles de gel-dégel, conjuguée à une fonte plus précoce du couvert nival, pourrait accentuer l'érosion, endommager les chaussées, affaiblir les structures de soutènement, digues et haldes à stériles, en particulier dans les zones où le sol est partiellement gelé ou mal drainé.

La réduction attendue de la durée du couvert nival contribuera également à une modification du régime hydrologique, notamment par l'intensification des crues printanières. Cette évolution climatique accentue la vulnérabilité du projet, d'où l'importance d'intégrer des mesures d'adaptation robustes à la conception et à l'exploitation des infrastructures.

Régime hydrologique

Le régime hydrologique dans la ZEL est influencé par les précipitations, tant sous forme de neige que de pluie, ainsi que par les variations saisonnières de température (Ouranos, 2015 ; AGP Mining Consultants Inc., 2024). Actuellement, ce régime se traduit par une crue printanière marquée, engendré par la fonte rapide du couvert nival, suivie de débits plus faibles durant les saisons estivale et hivernale (Ouranos, 2015 ; Paquin et coll., 2022).

Cependant, les changements climatiques en cours modifient progressivement ces dynamiques hydriques, rendant les tendances futures à la fois plus incertaines et potentiellement plus extrêmes (Ouranos, 2015). Les modélisations hydroclimatiques suggèrent qu'à l'horizon 2050, les débits moyens annuels dans la région du projet pourraient augmenter de 20 % à 40 % par rapport à la période de référence 1971–2000. Cette hausse serait particulièrement marquée durant l'hiver, avec plus de 90 % des simulations anticipant une intensification des débits saisonniers (Ouranos, 2015). Cette évolution résulte notamment de la diminution de la durée du couvert nival, de la multiplication des épisodes de redoux en saison froide, et d'une fonte plus précoce de la neige (Ouranos, 2015 ; Paquin et coll., 2022). Ces facteurs entraînent une redistribution saisonnière des écoulements, réduisant l'accumulation hivernale d'eau sous forme solide au profit d'un ruissellement plus hâtif et plus concentré.

En parallèle, l'augmentation de la fréquence des événements météorologiques extrêmes, telles les précipitations intenses (> 20 mm/jour), les cycles de gel-dégel hivernaux ou les redoux en période normalement froide, accentuera la variabilité des apports hydriques au site (Ouranos, 2015 ; Bussière et coll., 2017 ; Paquin et coll., 2022). Une crue printanière plus abrupte, concentrée sur une période raccourcie, pourrait surcharger les infrastructures hydrauliques du projet, augmentant les risques de débordement des bassins de rétention et de rejets non maîtrisés vers les milieux naturels.

Par ailleurs, les projections associées au scénario SSP5-8.5 indiquent une diminution des périodes humides continues à partir des années 2050, laissant place à des sécheresses plus prolongées. Cette tendance soulève des préoccupations particulières pour les phases de fermeture et de post-fermeture du

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

site, dans la mesure où un régime hydrique stable est crucial pour garantir la réussite des mesures de restauration écologique, la stabilisation des sols et la durabilité des ouvrages (Bussière et coll., 2017; Paquin et coll., 2022).

Dans ce contexte, l'évolution du régime hydrologique impose une approche de gestion adaptative rigoureuse. La conception et l'exploitation des infrastructures hydrauliques du projet devront intégrer ces nouvelles réalités climatiques, en s'appuyant sur des modélisations actualisées, des marges de sécurité accrues, et une surveillance renforcée des conditions météorologiques et hydrologiques.

Incendies forestiers

Les feux de forêt constituent un phénomène naturel essentiel au maintien de l'équilibre des écosystèmes. Toutefois, dans un contexte de changements climatiques, leur comportement tend à se modifier de manière préoccupante. Les saisons d'incendies deviennent plus longues, et les feux, plus intenses et plus fréquents (Bossé et Bergeron, 2024). Cette évolution altère la dynamique naturelle de régénération des forêts et accroît les risques pour la sécurité des communautés avoisinantes, l'économie des régions forestières et la santé des populations (Bossé et Bergeron, 2024; Boulanger, 2024).

Dans ce contexte, la localisation et les caractéristiques écologiques du site Troilus nécessitent une attention particulière. Le site minier du projet couvre une superficie de 435 km², soit 43 500 ha (AGP Mining Consultants Inc., 2024). À l'intérieur de cette emprise, les milieux terrestres occupent 3 923,72 ha (66,6 %), tandis que les milieux humides en couvrent 1 128,7 ha (19,2 %). Parmi les formations de végétation terrestre, les peuplements résineux dominent le paysage, s'étendant sur 1 765,3 ha, soit 30 % de la zone inventoriée. Les milieux humides arborés, quant à eux, représentent environ 433 ha, répartis entre 432,1 ha de tourbières boisées et 0,8 ha de marécages arborescents.

Les impacts des changements climatiques sur les conditions météorologiques régionales accentuent encore cette vulnérabilité. Dans les régions nordiques du Québec, notamment sur le territoire d'EIBJ, on observe une élévation des températures estivales, une multiplication des épisodes de sécheresse et une augmentation de la fréquence des éclairs secs. L'ensemble de ces facteurs crée un environnement hautement favorable au déclenchement et à la propagation des incendies de forêt (Ouranos, 2015; Bussière et coll., 2017; Paquin et coll., 2022).

L'année 2023 illustre concrètement l'intensification de ces phénomènes climatiques extrêmes. Désignée comme la « saison de tous les records » par la Société de protection des forêts contre le feu (SOPFEU), l'année 2023 a été marquée par des incendies d'une ampleur exceptionnelle dans le Nord-du-Québec. Plusieurs feux majeurs ont été signalés à proximité immédiate du site Troilus, dans un rayon de 100 km touchant notamment les localités de Mistissini (80 km), Chibougamau et Oujé-Bougoumou (123 km), ainsi que Chapais (140 km), dont certains ont affecté des superficies supérieures à 180 000 ha (figure 3-12). La propagation rapide des flammes et des fumées toxiques a entraîné l'évacuation préventive de nombreuses communautés, soulignant la vulnérabilité accrue du territoire face à cet aléa climatique.

En 2023, seulement huit feux significatifs ont été recensés à proximité du site, totalisant plus de 330 000 ha brûlés. Ces événements récents, qui s'inscrivent dans une dynamique régionale de feux récurrents, renforcent l'importance d'intégrer les risques d'incendie dans la conception des infrastructures et la planification des mesures d'urgence du projet (SOPFEU, 2024).

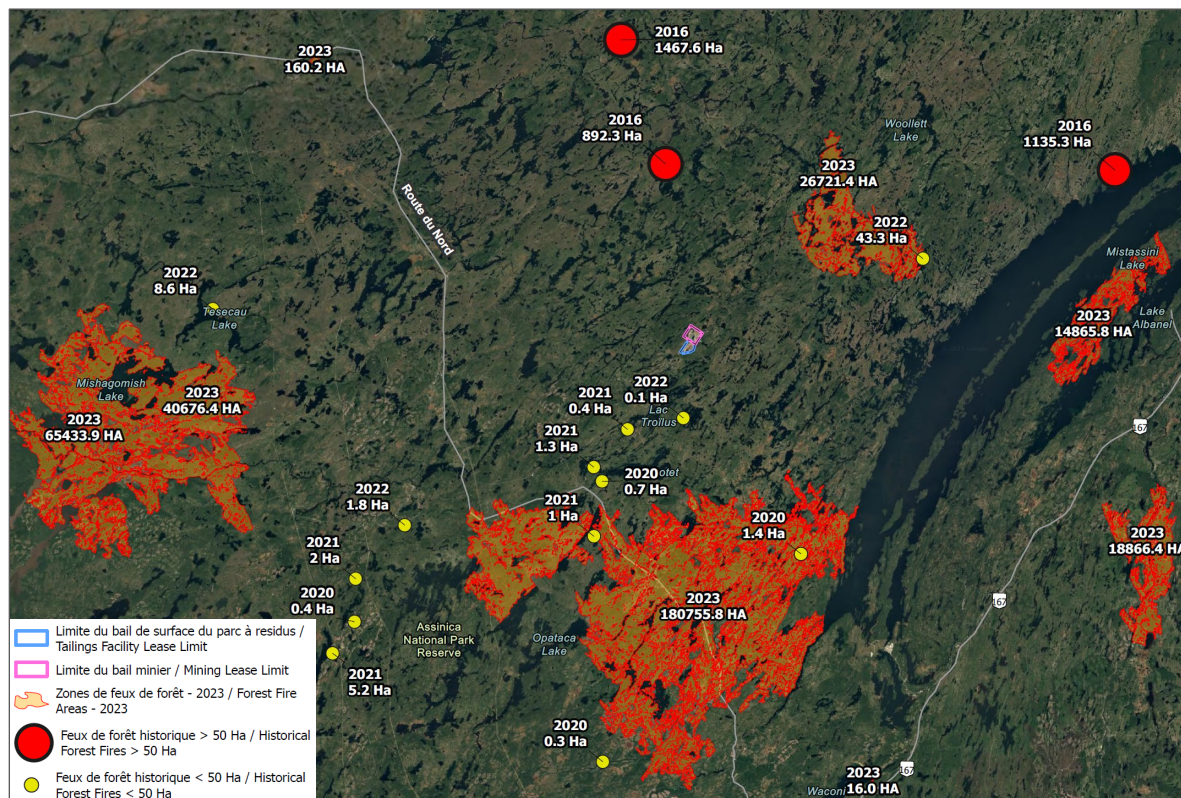


Figure 3.12 Incendies forestiers dans un rayon de 100 km autour du site minier Troilus

3.16.1.3 Activités sismiques et glissements de terrain

Les ZEL et ZER se trouvent en zone de sismicité faible à très faible selon la classification établie par Ressources naturelles Canada (RNC, 2023). Cette classification repose sur l'analyse des enregistrements historiques et des modélisations probabilistes à l'échelle nationale. Aucune activité sismique significative n'a été recensée dans un rayon de 100 km autour du site au cours des dernières décennies, et aucun tremblement de terre d'ampleur notable n'est documenté depuis le début des relevés instrumentaux. La région de Frotet-Troilus se situe loin des principales failles actives du Québec, notamment celles du Saguenay et de Charlevoix, qui présentent une activité tectonique plus marquée (Gosselin, 1996 ; Groulier et coll., 2020).

Sur le plan géologique, le substratum du site appartient à la ceinture de roches vertes de Frotet-Evans, composée de formations archéennes stables, peu sujettes aux déformations tectoniques récentes. Ces unités sont localement recouvertes par des tills et dépôts glaciofluviaux, peu susceptibles de réagir de façon instable en cas de secousses sismiques légères (Gosselin, 1996 ; Groulier et coll., 2020). La stabilité structurale du socle archéen, conjuguée à l'absence de zones de failles actives, limite ainsi considérablement le risque sismique dans la zone locale du projet.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

En ce qui concerne les glissements de terrain, le relief modérément vallonné de la zone d'étude, avec des altitudes généralement comprises entre 330 et 390 m, présente peu des secteurs à forte déclivité pouvant engendrer des mouvements de masse. La morphologie du territoire, héritée des processus glaciaires, se compose principalement de collines basses, de formations rocheuses affleurantes, de terrains plats ou faiblement inclinés, et de dépressions occupées par des milieux humides ou des plans d'eau peu profonds. Ce contexte géomorphologique contribue à une faible susceptibilité aux glissements de terrain (AGP Mining Consultants Inc., 2024).

Aucune instabilité du sol n'a été observée lors des campagnes de caractérisation géotechnique et environnementale menées sur le site. De plus, la présence de dépôts morainiques et glaciofluviaux bien drainés, l'absence de talus abrupts ou de sols saturés en eau, ainsi que la couverture végétale dense – composée majoritairement de peuplements résineux et de tourbières boisées – favorisent la stabilité du terrain en limitant les processus d'érosion et de déstabilisation (AGP Mining Consultants Inc., 2024).

Ainsi, le potentiel d'activité sismique et de glissements de terrain dans la région locale du projet Troilus est considéré comme très faible, tant du point de vue historique que géotechnique. Néanmoins, dans un souci de prévention et de robustesse des infrastructures minières, les normes de conception applicables, notamment le Code national du bâtiment du Canada et les directives du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), continueront d'être appliquées rigoureusement.

3.17 Prise en compte des changements climatiques

Le projet minier Troilus intègre la résilience climatique dès sa phase de conception et de planification. L'évaluation des impacts potentiels des changements climatiques a été réalisée pour l'ensemble du cycle de vie du projet, couvrant les phases de construction (2025–2027), d'exploitation (2028–2038), de fermeture (2039–2040) et post-fermeture (2040–2045).

Cette évaluation s'appuie sur les lignes directrices du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) publiées en 2021, d'ECCC (2022) et des normes internationales ISO 14090:2019 et ISO 14091:2021, qui encadrent l'intégration des risques climatiques dans les projets d'infrastructures. Deux scénarios issus de la 6e phase du projet CMIP6 ont été utilisés, soit le SSP2-4.5 (modéré) et SSP-8.5 (élevé) pour les horizons projetés 2011-2040 et 2041-2070.

Les aléas climatiques (précipitations extrêmes; changements hydrologiques, redoux hivernaux et cycles de gel-dégel, réchauffement des températures et feux de forêt) ont été considérés dans :

- Le dimensionnement des infrastructures (ex. : fosses, bassins, routes, bâtiments);
- Le choix des matériaux résistants au gel-dégel et à la chaleur;
- La gestion de l'eau (drainage, crue, sécheresse) et la prévention des incendies;
- La restauration post-fermeture, adaptée aux conditions de sécheresse projetées.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

L'évaluation met en évidence plusieurs vulnérabilités du projet aux conditions moyennes et extrêmes :

- Précipitations abondantes et changement hydrologique :
 - Augmentation du nombre annuel de jours avec des précipitations sous forme de pluie supérieure à 20 mm, de 1 jour (1971–2000) à jusqu'à 4 jours (SSP5-8.5, 2041–2070) ;
 - Précipitations maximales sur 24 h pouvant atteindre 31 mm ;
 - Risques d'affaissement des piles de stockage, d'inondation des fosses, de débordement des bassins et d'érosion des routes d'accès.
- Températures de l'air plus élevées :
 - Hausse des températures maximales annuelles de $-1,1$ °C (1971–2000) à $+3,3$ °C (SSP5-8.5, 2041–2070);
 - Jusqu'à 9 jours/an avec des températures supérieures à 30 °C, contre 1 jour historiquement ;
 - Impacts anticipés sur la productivité, le confort thermique, l'évaporation et les besoins de refroidissement des bâtiments et équipements.
- Cycles de gel-dégel et redoux hivernaux :
 - Événements de gel-dégel passant de 4 jours/an (1991–2020) à jusqu'à 6,4 jours/an (SSP5-8.5) ;
 - Risques accrus de fissuration du béton, instabilité des remblais, soulèvement des structures enterrées et dégradation des routes.
- Sécheresse et gestion de l'eau :
 - Raréfaction des périodes humides attendue à partir de 2050, particulièrement sous SSP5-8.5 ;
 - Impact potentiel sur la revégétalisation, la stabilisation des sols et la disponibilité en eau pendant la phase post-fermeture.
- Feux de forêt :
 - Allongement de la saison des feux de 161 à 187 jours/an ;
 - Doublement du nombre de jours avec conditions modérées à sévères, selon l'Indice de combustible disponible ($ICD \geq 40$) ;
 - Risques sur la santé des travailleurs, la logistique, les infrastructures sensibles et la continuité des opérations.

L'analyse démontre que les impacts anticipés du climat sur le projet sont significatifs, notamment en ce qui concerne la gestion de l'eau, la durabilité des infrastructures et la sécurité opérationnelle.

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

3.18 Références

- AGP Mining Consultants Inc. (AGP). 2024. NI 43-101 Feasibility Study : Troilus Gold – Copper Project Québec, Canada, 616 p. Disponible en ligne : <https://fr.troilusgold.com/resources/financials/Troilus-Gold-NI-43-101-TR-Report-28-June-2024.pdf>
- Bossé, M.-E.; Bergeron, Y. 2024. Protéger nos forêts, protéger nos communautés : s'adapter aux feux de forêt dans un climat changeant. Disponible en ligne : https://climatoscope.ca/wp-content/uploads/2024/09/Le_Climatoscope_Num6_2024_4-Bosse.pdf
- Boulanger, Y. et coll. 2024. The 2023 wildfire season in Québec: An overview of extreme conditions, impacts, lessons learned and considerations for the future. Disponible en ligne : <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2024.02.20.581257v1>
- Brassard, B. 2018, Vieille Mine – Nouvelle Perspective : Old Mine – New Perspective. Conference at Xplor 2018 Convention, Montréal, October 17th
- Brassard, B., Hylands, B., 2019, The Troilus deposit: a new structural model and a new perspective. Conference at the Gac-Mac-IAH convention: Où les géosciences convergent – Where Geosciences Converge. Session SY-RE01 - Gold: Recent advances, and 20 years of research through GSC's. Targeted Geoscience Initiative Program under Dr. Benoît Dubé's leadership. May 13th, 2019, Québec City.
- Bussière, B. et coll. 2017. Analyse de risques et des vulnérabilité climatiques pour le secteur minier québécois. Rapport présenté au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Rouyn-Noranda, QC : Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (URSTM-UQAT), 331 p. Disponible en ligne : <https://mrnf.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/analyse-changements-climatiques-secteur-minier.pdf>
- Diniz, T.B., 2019, An Overview of the Troilus Au-Cu Deposit, Frotet-Evans Greenstone Belt, Opatica Subprovince, Québec: Unpublished M.Sc. thesis, Kingston, Ontario, Canada, Queen's University, 85 p.
- Gosselin, C. 1996. Synthèse géologique de la région de Frotet-Troilus. MRN, ET 96-02, 21 p. Disponible en ligne : <https://gq.mines.gouv.qc.ca/documents/examine/ET9602/ET9602.pdf>
- Groulier, P.-A. et coll. 2020. Synthèse gîtologique de la ceinture de Frotet-Evans, segments Evans-Ouagama et Storm-Evans. MRN; MB 2020-14, 128 p. Disponible en ligne : <https://gq.mines.gouv.qc.ca/documents/EXAMINE/MB202014/MB202014RAP001.pdf>
- Hennigs, R.; Bleau, S. 2017. État des connaissances relatives aux changements climatiques et à l'adaptation dans le territoire Eeyou Istchee Baie-James. Rapport présenté au Comité consultatif pour l'environnement de la Baie James. Disponible en ligne : https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-07/proj-201419-enord-bleau-rapportfinal_1.pdf

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus

DESCRIPTION DU PROJET

Laurentia exploration. 2018. Augustin, J., 2018. Rapport des travaux statutaires - automne 2018, propriété Troilus, Baie-James, Québec, Canada. 38 pages et annexes.

MEND. 2009. Prediction for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. 579 p.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2020. Guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai. 52 p. Disponible en ligne : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/Industriel/secteur-minier/guide-caracterisation-minerai.pdf>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2021. Les changements climatiques et l'évaluation environnementale : Guide à l'intention de l'initiateur de projet. 84 p. Disponible en ligne : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/directive-etude-impact/guide-intention-initiateur-projet.pdf>

Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD). 2025. Tome III – Ouvrages d'art. Disponible en ligne : <https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits-en-ligne/ouvrages-routiers/normes/collection-normes/tome-iii-ouvrages-dart/>

Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. 415 p. Disponible en ligne : <https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-12/proj-201419-synthese2015-rapportcomplet.pdf>

Paquin D. et coll. 2022. Portrait climatique régional en climat de référence et futur en soutien à l'analyse des impacts et de l'adaptation aux changements climatiques sur le territoire Eeyou Istchee Baie-James, du nord de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nunavik. Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec. Ouranos et INRS. 904 p. Disponible en ligne : <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1279339.pdf>

Recyc-Québec. 2021. Recyc-Québec. 2023. Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec. ISBN : 978-2-550-94646-. Bibliothèque et archives nationales du Québec., Québec, Canada,

Ressources naturelles Canada (RNCAN). 2023. Zonage sismique du Canada – Carte de l'aléa sismique. Disponible en ligne : <https://www.earthquakescanada.nrcan.gc.ca/index-fr.php>

SKR. 2018. Caté, A., 2018. Structural investigation of the Troilus Project, Québec. 43 p.

SNC Lavalin. 2018. Suivi et surveillance environnementaux du site minier Éléonore en vertu du Certificat d'autorisation Global. Les Mines Opinaca Ltée. Rapport final. Newmont Goldcorp Éléonore. 173 p et annexes.

WSP. 2024. Modélisation hydrogéologique des fosses projetées du projet Troilus- Étude de faisabilité. 37 p.

**Annexe 3.1 Évaluation des effets potentiels des
changements climatiques sur le projet**



**Évaluation des effets potentiels des
changements climatiques sur le projet de
mine Troilus**

RAPPORT FINAL

Préparé pour :
Troilus Gold Corp.

Préparé par :
BluMetric Environnement inc.
Stantec Experts-conseils ltée

Numéro de livrable :
167040485-110-800-110-CC-R-0001-0

Date :
Le 20 juin 2025

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

Les conclusions du Rapport, intitulé *Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus* reflètent l'opinion professionnelle de Stantec au moment de la rédaction du Rapport et concernent la portée du mandat décrite dans le Rapport. Les opinions contenues dans ce document sont basées sur les conditions et les informations existantes au moment de la publication du document et ne tiennent compte d'aucune modification ultérieure. Le Rapport ne concerne que le projet pour lequel les services de Stantec ont été retenus et l'objectif énoncé pour lequel le Rapport a été préparé. Le Rapport ne doit pas être utilisé afin de modifier ou de prolonger le projet, ou à tout autre fin ou projet, et toute utilisation non autorisée par quiconque est aux risques de ce dernier.

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

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

PRÉPARÉ PAR :	Camille Proulx	
RÉVISÉ PAR :	Liza Leclerc	

Révision	Description	Auteure	Vérification qualité	Revue indépendante
0	Rapport final	C. Proulx	L. Leclerc	s.o.

Table des matières

1.0	ÉVALUATION DES EFFETS POTENTIELS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LE PROJET	1
1.1	INTRODUCTION.....	1
1.2	PORTÉE DE L'ÉVALUATION.....	1
1.3	DESCRIPTION DU MILIEU	2
1.3.1	Introduction 2	
1.3.2	Méthodologie 3	
1.3.3	Sources de données	3
1.3.4	Horizons temporels et scénarios climatiques.....	4
1.3.5	Niveau de confiance des données	6
1.3.6	Aléas climatiques	7
1.4	PROFIL CLIMATIQUE	9
1.4.1	Indices climatiques pour pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses.....	10
1.4.2	Indice climatique relié aux changements du régime hydrologique (Blumetric)	11
1.4.3	Indice climatique relié aux redoux hivernaux plus fréquents.....	12
1.4.4	Indices climatiques reliés aux températures de l'air plus élevées.....	13
1.4.5	Indices climatiques reliés aux feux de forêt plus importants	15
2.0	DÉTERMINATION DES VARIANTES	19
2.1	PHASES DU PROJET ET IMPACTS POTENTIELS	19
3.0	DESCRIPTION DES VARIANTES	23
3.1	NOUVELLES INSTALLATIONS.....	25
3.2	INSTALLATIONS EXISTANTES ET RÉAFFECTÉES	26
3.2.1	Gestion de l'eau	27
3.2.2	Conception de l'environnement bâti à l'échelle du site	27
4.0	ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET ET MESURES D'ADAPTATION PROPOSÉES	29
4.1	DESCRIPTION DES IMPACTS POTENTIELS.....	33
4.1.1	Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses	33
4.1.2	Changements du régime hydrologique	34
4.1.3	Redoux hivernaux plus fréquents.....	34
4.1.4	Températures de l'air plus élevées	36
4.1.5	Feux de forêt plus importants.....	37
5.0	RÉFÉRENCES.....	38

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Niveaux de confiance associés aux projections climatiques	7
Tableau 1.2	Tendances climatiques globales pour le site du projet, selon certains indices climatiques étudiés	9
Tableau 1.3	Médiane du nombre annuel de jours de précipitations ≥ 20 mm	10
Tableau 1.4	Médiane des précipitations maximales (mm) durant 24 heures	10
Tableau 1.5	Événements de gel-dégel en hiver (jours).....	13
Tableau 1.6	Médiane des températures maximales saisonnières et annuelles ($^{\circ}\text{C}$).....	14
Tableau 1.7	Médiane du nombre annuel de jours où la température maximale est supérieure à 30°C	15
Tableau 1.8	Seuils d'évaluation des risques, de faible à extrême, pour les composantes de l'indice Forêt-Météo (IFM)	16
Tableau 1.9	Indices climatiques reliés aux feux de forêt pour la localisation du projet.....	17
Tableau 2.1	Les étapes des phases du projet sensibles aux aléas identifiés	21
Tableau 3.1	Niveaux d'importance caractérisant les facteurs d'impact climatique	23
Tableau 3.2	Composantes du projet et niveau d'impacts des aléas climatiques	25
Tableau 3.3	Composantes du projet et impacts des aléas climatiques.....	26
Tableau 4.1	Tableau récapitulatif des impacts potentiels et les mesures d'adaptation possibles	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Les régions minières au Québec.....	2
Figure 1.2	Point de grille sélectionné pour l'extraction des données climatiques.....	4
Figure 1.3	Les scénarios des trajectoires communes d'évolution socio-économiques (SSP- Shared Socioeconomic Pathways) du 6 ^e rapport du GIEC.....	5
Figure 4.1	Représentation graphique des cycles gel-dégel profond et léger	34

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A	CARTES DES CYCLES DE GEL-DÉGEL
----------	--------------------------------

Acronymes et abréviations

Ca(OH) ₂	Hydroxyde de calcium
CMIP6	<i>Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6</i> (Projet d'intercomparaison de modèles couplés)
CNBC	Code national du bâtiment du Canada
CO ₂	Dioxyde de carbone
ECCC	Environnement et Changements climatiques Canada
gal US	Gallon américain
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GU	<i>General Use</i> (Usage général)
HEC	<i>Hydrologic Engineering Center</i> (Centre d'ingénierie hydrologique)
HMS	<i>Hydrologic Modeling System</i> (Système de modélisation hydrologique)
ICD	Indice de combustible disponible
ICL	Indice du combustible léger
IFM	Indices Forêt-Météo
IH	Indice de l'humus
IPI	Indice de propagation initiale
IS	Indice de sécheresse
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organisation internationale de normalisation)
km	Kilomètre
m ³	Mètre cube
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
mm	Millimètre
MPa	Mégapascal

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

pi ²	Pied au carré
ppm	Partie par million
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i> (Représentations de concentration des forçages radiatifs)
SCVC	Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation
SPEI-12	<i>Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index – 12</i> (Indice d'évapotranspiration des précipitations normalisées sur 12 mois)
SSP	<i>Shared socio-economic pathway</i> (Trajectoire commune d'évolution socio-économique)
T _{max}	Température maximale
T _{min}	Température minimale
ZPI	Zone de protection intensive

1.0 Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

1.1 Introduction

Le projet minier Troilus, situé à environ 125 km au nord de Chibougamau, dans la région Nord-du-Québec, vise à relancer l'exploitation d'un gisement cuproaurifère découvert en 1987 (RPA, 2019). Dans un contexte de changements climatiques accélérés, la présente étude d'impact a pour objectif d'évaluer les risques climatiques susceptibles d'affecter le projet et de recommander des mesures d'adaptation appropriées. Ces mesures visent à assurer la résilience du projet tout au long de son cycle de vie, y compris pendant la phase post-fermeture du site minier.

1.2 Portée de l'évaluation

L'évaluation des effets des changements climatiques sur le projet a été menée conformément aux exigences du guide publié par le MELCCFP en 2021 intitulé « Les changements climatiques et l'évaluation environnementale - Guide à l'intention de l'initiateur de projet » et du « Guide technique relatif à l'évaluation stratégique du changement climatique » de l'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) de 2022. Elle s'aligne également dans le cadre des normes internationales suivantes, qui orientent l'intégration des considérations climatiques dans la planification et la conception des projets :

- ISO 14090:2019 - Adaptation au changement climatique - Principes, exigences et lignes directrices;
- ISO 14091:2021 - Adaptation au changement climatique - Lignes directrices relatives à l'évaluation de la vulnérabilité, des incidences et des risques.

Cette section débute par une présentation du contexte climatique régional, en mettant en évidence les aléas susceptibles d'influencer la viabilité du projet. À partir de ce cadre environnemental, l'analyse tient compte des conditions futures projetées afin d'évaluer les vulnérabilités auxquelles le projet pourrait être exposé. Compte tenu du stade actuel de développement, l'évaluation analyse ensuite les possibilités offertes aux équipes de conception pour intégrer les données climatiques les plus récentes, en s'appuyant sur les meilleures pratiques en matière de résilience climatique dans le secteur de l'exploitation aurifère, ainsi que sur les normes reconnues à l'échelle provinciale, nationale et internationale.

Conformément à l'approche fondée sur le cycle de vie du projet, comme présenté dans l'avis de projet (Golder, 2022), les variantes ont été analysées en fonction de leur vulnérabilité aux aléas climatiques. Les variantes retenues ont été examinées sur la base du rapport d'étude de faisabilité (Mining Consultants Inc., 2024). Les impacts anticipés et les mesures d'adaptation proposées sont également présentés.

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

1.3 Description du milieu

1.3.1 Introduction

Le Québec compte six régions présentant une activité minière actuelle ou un potentiel de développement significatif (Bussière et coll., 2017). Le projet Troilus est situé dans la région minière de la Baie-James (figure 1-1), reconnue pour son importance stratégique au sein du Nord québécois.

Selon les projections climatiques, cette région est particulièrement vulnérable aux effets des changements climatiques. Une augmentation notable des températures moyennes annuelles y est attendue, ce qui pourrait compromettre la stabilité des infrastructures minières, notamment celles établies sur des sols partiellement ou entièrement gelés. La dégradation accélérée du pergélisol représente ainsi un enjeu majeur pour la durabilité des ouvrages (Bussière et coll., 2017).

Par ailleurs, les modèles climatiques anticipent une intensification des précipitations, tant en fréquence qu'en intensité pour cette région. Une telle évolution pourrait complexifier la gestion des eaux de surface, accroître les risques d'inondation et exercer une pression accrue sur les systèmes de drainage et de confinement des résidus miniers. De plus, les variations climatiques pourraient avoir un impact direct sur l'accessibilité aux sites miniers. La détérioration des routes d'accès saisonnières et la modification des périodes de gel-dégel pourraient perturber la logistique du transport des matériaux et la circulation du personnel, nuisant ainsi à l'efficacité des opérations minières (Bussière et coll., 2017).

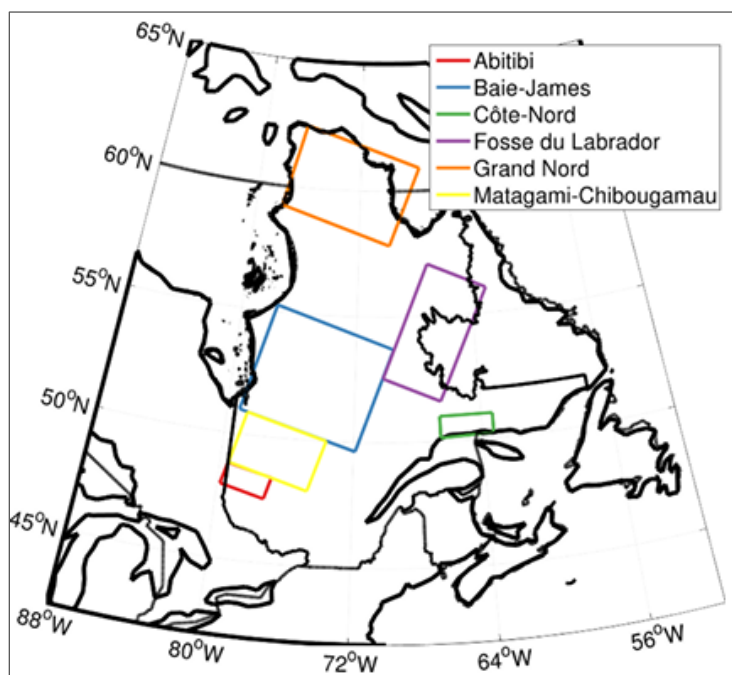


Figure 1.1 Les régions minières au Québec

Source : Bussière et coll. (2017)

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

Dans ce contexte, la prise en compte de ces aléas régionaux dans la planification, la conception et l'exploitation du projet est essentielle pour en assurer sa résilience à long terme.

1.3.2 Méthodologie

Le climat désigne les conditions météorologiques moyennes observées sur une période de 30 ans dans un lieu donné. Il s'agit d'une description statistique des variables telles que la température, les précipitations et les vents. En l'absence d'une série historique d'au moins 30 ans des données météorologiques directement obtenues sur le site minier, le profil climatique du projet s'appuie sur des données historiques régionales ainsi que des projections climatiques fondées sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Un profil climatique a été élaboré afin d'identifier les aléas climatiques susceptibles d'affecter le projet pendant son cycle de vie. Pour cela, des variables climatiques disponibles et les résultats des modèles climatiques les plus récents ont été utilisés. La performance des infrastructures a été évaluée en fonction des conditions climatiques passées et futures afin de guider la planification technique et les mesures d'adaptation.

Cette évaluation repose également sur les paramètres climatiques utilisés dans les modèles hydrauliques extraits des stations d'ECCC situées à proximité de Chibougamau et de Chapais, à environ 140 km au sud du site. Ces données constituent une base raisonnable pour la conception des ouvrages de gestion des eaux de surface et l'établissement du bilan hydrique du projet.

1.3.3 Sources de données

Les principales sources de données climatiques utilisées dans le cadre de ce projet sont :

- Données climatiques Canada : portail regroupant des ensembles de données et d'outils d'analyse basés sur des modèles climatiques canadiens et internationaux;
- Portraits climatiques d'Ouranos : projections climatiques régionales adaptées au contexte québécois (ex. : cycles de gel-dégel, précipitations saisonnières), en tenant compte des scénarios de changement climatique.

Afin de contextualiser l'échelle de l'analyse climatique dès le départ, il convient de préciser que les données extraites concernent une cellule de grille de 10 km x 6 km centrée sur le site du projet. Cette résolution permet d'intégrer des projections climatiques adaptées à l'échelle locale et de mieux anticiper les tendances régionales dans la zone d'étude retenue (figure 1-2).

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

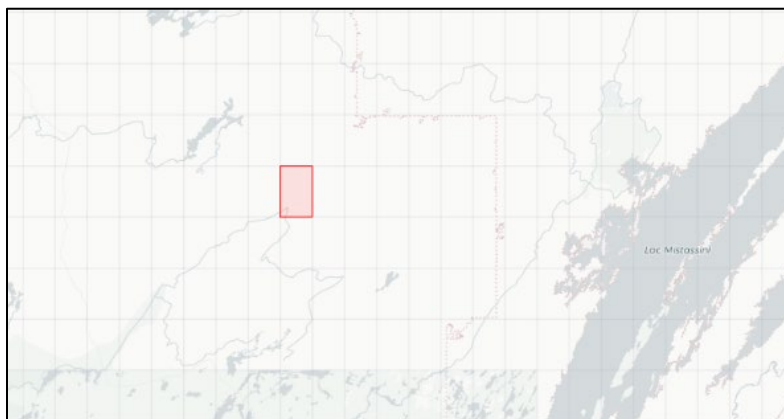


Figure 1.2 Point de grille sélectionné pour l'extraction des données climatiques

1.3.4 Horizons temporels et scénarios climatiques

Horizons temporels

- L'analyse climatique a été effectuée en tenant compte des différentes phases du projet, soit :
- Travaux de préparation et construction (2025-2027);
- Exploitation minière (2028-2038);
- Fermeture (2039-2040);
- Suivi post-fermeture (2040-2045).

Afin de couvrir l'ensemble du cycle de vie du projet, le profil climatique a été structuré autour de plusieurs horizons temporels, incluant des périodes de référence historique et des périodes projetées.

Périodes historiques

- Les périodes historiques retenues :
- 1971-2000 : Cette période a été utilisée comme référence pour les conditions climatiques passées récentes. Elle permet d'identifier les tendances à long terme et de quantifier la variabilité naturelle du climat;
- 1991-2020 : Une période légèrement plus récente, qui permet d'évaluer les tendances observées à court terme et d'identifier l'évolution des changements climatiques.

Périodes projetées

- Les projections climatiques ont été structurées autour des deux horizons prospectifs :
- 2011-2040 : Horizon à court terme, correspondant à la phase de construction et à la première moitié de l'exploitation minière. Il permet de projeter les conditions climatiques futures immédiates et de planifier les mesures d'adaptation à mettre en œuvre rapidement;

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

- 2041-2070 : Horizon à moyen terme, englobant la fin de l'exploitation et la phase de post-fermeture du site minier. Il permet d'anticiper les impacts climatiques à moyen terme et de définir des stratégies de résilience durables.

En complément, l'analyse utilise les normales climatiques de 1981-2010 à titre de référence conventionnelle. Les projections couvrant la période 2010 à 2039 sont présentées pour valider la cohérence entre les tendances récentes observées et les projections à court terme. Par ailleurs, les projections climatiques à long terme (2040 à 2069) sont également utilisées comme représentatives des années 2050, et fournissent une indication pour évaluer les tendances climatiques à l'aube de la fin prévue pour la phase d'exploitation.

1.3.4.1 Scénarios climatiques

Les scénarios climatiques retenus pour cette analyse proviennent de la sixième phase du Projet d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP6 - *Coupled Model Intercomparison Project*), une initiative internationale qui sert de fondement scientifique au sixième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Eyring et coll., 2016). Le CMIP6 améliore la résolution des modèles, la représentation des processus climatiques et intègre une nouvelle génération de scénarios appelés les Scénarios des trajectoires communes d'évolution socio-économiques (SSP - *Shared socio-economic pathway*). Ces scénarios tiennent compte de dynamiques complexes, notamment l'évolution démographique, le développement économique, la dépendance aux énergies fossiles et la mise en œuvre de politiques climatiques (figure 1-3) (Lavoie et coll., 2024; Hausfather, 2022).

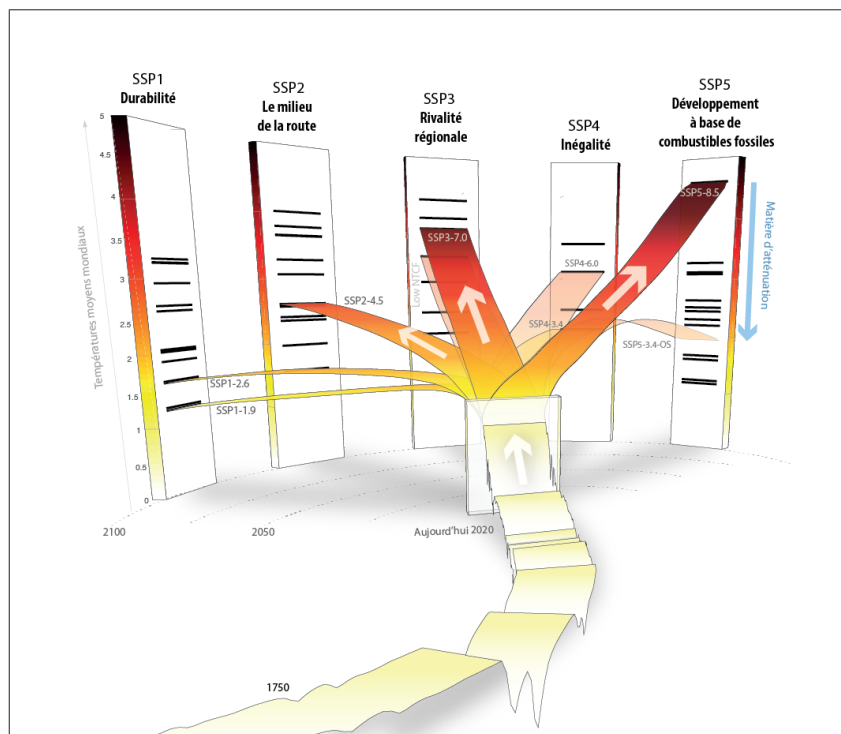


Figure 1.3 Les scénarios des trajectoires communes d'évolution socio-économiques (SSP- Shared Socioeconomic Pathways) du 6^e rapport du GIEC

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

Dans le cadre de l'évaluation du projet minier Troilus, deux scénarios représentatifs ont été sélectionnés, en fonction de leur pertinence pour la planification des infrastructures à moyen et long terme :

- SSP2-4.5 : Ce scénario intermédiaire suppose la mise en œuvre de politiques climatiques modérées permettant une stabilisation progressive des concentrations de GES d'ici la fin du siècle. Il représente un avenir plausible dans lequel des efforts de transition sont réalisés, sans rupture majeure dans les trajectoires actuelles;
- SSP5-8.5 : Ce scénario correspond à une trajectoire de développement rapide fondée sur une forte croissance économique, alimentée principalement par les combustibles fossiles. Il reflète une absence de politiques d'atténuation, ce qui entraîne une augmentation significative des émissions de GES et une intensification des impacts climatiques.

Ces scénarios ont été appliqués à l'échelle régionale à l'aide des outils disponibles sur les plateformes Données climatiques Canada et Portraits climatiques d'Ouranos, afin de simuler les conditions futures propres à la zone d'étude du projet. Ils servent ainsi de base à l'élaboration des projections climatiques intégrées dans le profil climatique du site et à l'évaluation de la résilience des composantes du projet face aux risques futurs.

1.3.5 Niveau de confiance des données

L'interprétation des projections climatiques repose sur appréciation rigoureuse du niveau de confiance associé à chaque variable analysée. Ce niveau de confiance reflète la robustesse des connaissances scientifiques, la qualité et la quantité des données disponibles, ainsi que la cohérence entre les différents modèles et études.

Dans le cadre de cette évaluation, les projections associées à l'augmentation des températures présentent un niveau de confiance élevé, en raison d'une compréhension approfondie des processus physiques sous-jacents, d'un consensus scientifique bien établi et d'une convergence des résultats entre les modèles. Ces projections s'appuient sur des ensembles de données vastes, cohérents et validés à différentes échelles, y compris à l'échelle régionale.

Les projections de précipitations, qu'elles soient sous forme liquide ou solide, sont associées à un niveau de confiance modéré. Bien que les processus impliqués soient généralement bien compris, une certaine variabilité demeure entre les modèles régionaux et globaux, notamment quant à l'intensité et à la répartition saisonnière des précipitations. Les données disponibles sont de bonne qualité, et les résultats sont généralement cohérents, mais le niveau d'incertitude demeure plus élevé que pour les températures (Cannon et coll., 2020).

Ainsi, les projections portant sur les événements climatiques extrêmes, les phénomènes combinés ou complexes (ex. : vagues de chaleur suivies de précipitations intenses, sécheresse prolongée suivie d'inondation) présentent un niveau de confiance faible. Ce faible niveau est attribuable à la complexité des mécanismes impliqués, au manque de données spécifiques, et à la faible cohérence entre les études disponibles. Des efforts supplémentaires de recherche sont requis pour améliorer la compréhension et la modélisation de ces aléas.

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

Le tableau 1-1 synthétise les critères associés à chaque niveau de confiance, selon Cannon et coll. (2020).

Tableau 1.1 Niveaux de confiance associés aux projections climatiques

Niveau de confiance	Description
Élevé	Connaissance approfondie des processus climatiques, données abondantes et de grande qualité, résultats très cohérents à différentes échelles.
Modéré	Bonne compréhension des processus, données de qualité suffisante, cohérence raisonnable entre les modèles, appui partiel dans la littérature.
Faible	Données limitées ou peu fiables, processus partiellement compris, faible convergence des études, nécessité de recherches additionnelles.

Source : Adapté de Cannon et coll. (2020)

1.3.6 Aléas climatiques

Conformément au document « Les changements climatiques et l'évaluation environnementale - Guide à l'intention de l'initiateur de projet » (MELCCFP, 2021), l'analyse a permis d'identifier plusieurs aléas climatiques susceptibles d'affecter un projet minier dans un contexte de changements climatiques. Ces aléas ont été évalués en fonction de leur pertinence pour le projet minier Troilus et de leur capacité à influencer la conception, l'exploitation et la gestion des infrastructures minières. Les cinq aléas retenus sont les suivants :

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses
- Changements du régime hydrologique
- Redoux hivernaux plus fréquents
- Températures de l'air plus élevées
- Feux de forêt plus importants

Les données climatiques historiques montrent que les épisodes de pluies verglaçantes se produisent rarement dans la région à l'étude. Cette faible fréquence s'explique principalement par l'éloignement du site par rapport aux zones côtières, où ce phénomène météorologique est plus courant. En conséquence, cette composante n'a pas fait l'objet d'une évaluation spécifique. Cependant, les incertitudes associées aux projections climatiques futures demeurent significatives. Elles découlent notamment du nombre restreint de modèles climatiques régionaux capables de simuler adéquatement ce type d'événement, ainsi que de la variabilité naturelle élevée propre aux épisodes de verglas (Bussièrre et coll., 2017 ; Paquin et coll., 2022).

Pour chacun de ces aléas identifiés, des indices climatiques ont été sélectionnés afin de quantifier leur évolution projetée dans la zone d'étude du projet. Ces indices sont basés sur les jeux de données climatiques provenant des plateformes Ouranos et données climatiques Canada, et sont compatibles avec les projections issues des scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5. Voici les principaux indicateurs utilisés :

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

1. Pluies abondantes
 - Nombre annuel de jours de précipitations > 20 mm (donneesclimatiques.ca);
 - Précipitation maximale durant 1 jour (donneesclimatiques.ca);
 - Durée du couvert de neige en continu (Ouranos¹);
 - Total des précipitations liquides et solides par saison (Ouranos).
2. Changements du régime hydrologique
 - Tendance des étiages, des niveaux d'eau et des débits des cours d'eau environnants ²(données issues des relevés hydrologiques, ex. : Blumetric).
3. Redoux hivernaux
 - Fréquence des événements de gel-dégel saisonniers en hiver (Ouranos).
4. Températures de l'air plus élevées
 - Médiane des températures maximales saisonnières et annuelles (donneesclimatiques.ca);
 - Nombre annuel de jours où la température maximale dépasse 30 °C (donneesclimatiques.ca).
5. Feux de forêt
 - Indices Forêt-Météo (IFM) (donneesclimatiques.ca³) incluant :
 - La durée de la saison des feux de forêt;
 - La sévérité des épisodes extrêmes;
 - La fréquence des conditions météorologiques favorables aux feux de forêt.

Ces indicateurs permettent de dresser un profil de la vulnérabilité climatique du projet et de cibler les périodes et composantes les plus sensibles. Les résultats de cette évaluation alimentent les recommandations d'adaptation qui seront détaillées dans les sections suivantes.

¹ Basé sur le travail de Paquin et coll., 2022 dans le cadre des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre modérées et élevées (RCP4.5 et RCP8.5).

² Une mention sur la sécheresse est intégrée à cet aléa.

³ Disponible depuis juillet 2024, donneesclimatiques.ca offre des indices dans le cadre du scénario d'émissions de gaz à effet de serre élevées (RCP8.5).

Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet de mine Troilus

1.4 Profil climatique

Tableau 1.2 Tendances climatiques globales pour le site du projet, selon certains indices climatiques étudiés

Scenario	Horizon	Portée	Nombre annuel jours de précipitations > 20 mm	Précipitation maximale durant 1 jour (mm)	Événements de gel-dégel Hiver (jour)	Médiane des températures maximales annuelles (°C)	Nombre annuel jours où Tmax est > à 30 °C
Historique	1971-2000	Min	1	23,0	NA	-1,3	1,0
		Max	2	25,0	NA	-0,9	2,0
	1991-2020	Min	1	23,0	3,7	-0,4	2,0
		Max	2	25,0	4,3	0,2	3,0
SSP2-4.5	2011-2040	Min	2	25,0	5,0	0,4	2,0
		Max	3	28,0	5,3	1,8	6,0
	2041-2070	Min	2	26,0	5,1	1,5	3,0
		Max	3	29,0	5,5	3,9	13
SSP5-8.5	2011-2040	Min	2	25,0	5,2	0,5	2,0
		Max	3	28,0	5,4	2	6,0
	2041-2070	Min	2	26,0	5,9	2,4	5,0
		Max	4	31,0	6,4	5,2	21

¹ Les couleurs dans les tableaux indiquent l'ampleur du changement par aléa climatique. Le vert indique peu de changement par rapport aux conditions historiques, et le rouge met en évidence les plus grands changements.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

1.4.1 Indices climatiques pour pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses

L'évaluation du régime des précipitations futures repose sur plusieurs indices climatiques pertinents pour la gestion des risques hydrologiques liés aux activités minières. Deux indicateurs principaux ont été analysés pour caractériser l'intensité et la fréquence des épisodes des précipitations abondantes : le nombre annuel des jours de précipitations ≥ 20 mm, et la précipitation maximale durant une journée de 24 heures.

Fréquence des jours de précipitations ≥ 20 mm

Cet indice mesure la fréquence des jours, par année, au cours desquels est tombé au moins 20 mm de précipitations (pluie et neige combinées). Selon les projections climatiques, le nombre médian de ces jours augmente légèrement entre la période historique (1971–2000) et l'horizon 2041–2070, avec une hausse plus marquée sous le scénario SSP5-8.5. Ce paramètre est essentiel pour les opérations minières, car la disponibilité en eau sur le site, la conception des systèmes de drainage, et les capacités de gestion des eaux pluviales, en plus de jouer un rôle indirect dans la prévention des feux de forêt (tableau 1-3).

Tableau 1.3 Médiane du nombre annuel de jours de précipitations ≥ 20 mm

Historique		Projections climatiques			
1971-2000	1991-2020	2011-2040		2041-2070	
		SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5
1	2	2	2	3	3

Précipitations maximales en 24 heures

Ce second indice correspond aux précipitations maximales enregistrées en 24 heures pour la période sélectionnée. Il reflète des événements météorologiques intenses comme des tempêtes ou des épisodes de neige/pluie prolongés. Les projections indiquent une augmentation progressive de ce paramètre, avec des valeurs maximales passant de 24 mm (historique) à 28 mm sous SSP2-4.5 et jusqu'à 31 mm sous SSP5-8.5 à l'horizon 2041–2070. Ce type d'épisode peut provoquer des inondations soudaines et perturber les opérations logistiques sur le site, voire endommager certaines infrastructures (tableau 1-4).

Tableau 1.4 Médiane des précipitations maximales (mm) durant 24 heures

Historique		Projections climatiques			
1971-2000	1991-2020	2011-2040		2041-2070	
		SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5
24,0	24,0	26,0	27,0	27,0	28,0

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Tendances des précipitations annuelles et saisonnières

Les précipitations annuelles moyennes, estimées à environ 753 mm entre 1971 et 2000, devraient augmenter jusqu'à 18 % d'ici 2041-2070 sous le scénario SSP-8.5, et pourraient s'élever jusqu'à 26 % d'ici la fin du siècle. Cependant, ces moyennes annuelles masquent d'importantes variations saisonnières, particulièrement entre juin et octobre, période durant laquelle une baisse relative des précipitations pourrait coïncider avec l'étiage.

Évolution du couvert nival

Selon Paquin et coll. (2022), une réduction d'un à deux mois de la durée du couvert de neige en continu est projetée pour l'horizon 2041-2070. Bien que le maximum annuel de l'équivalent en eau de la neige reste relativement stable jusqu'à 2050, une tendance à la baisse est attendue en fin de siècle. De manière saisonnière, pour tous les scénarios climatiques, on note une baisse des précipitations solides estimée entre 2 à 5 mm entre novembre et avril; une hausse des précipitations pouvant atteindre 25 mm; et une diminution pouvant aller jusqu'à 20 mm entre septembre et octobre.

Corrélation entre précipitations solides et liquides

Les simulations montrent une compensation partielle entre la réduction des précipitations solides et l'augmentation des précipitations liquides pour la région où le projet est situé pour l'horizon 2041-2070 sous SSP2-4.5. Une augmentation de 44 à 46 mm de précipitations est attendue pour l'automne et une légère augmentation de 5 mm de précipitations est associée aux redoux hivernaux. Une augmentation de 23 à 27 mm est attendue pour les précipitations printanières, puis une augmentation similaire de 20 mm de précipitations pendant la saison estivale.

Incidences sur le projet

Ces tendances à la hausse des précipitations, tant en fréquence qu'en intensité, combinées à la transformation du régime saisonnier, entraîneront des répercussions directes sur le bilan hydrique du site. Elles pourraient influencer la conception et la performance des infrastructures de rétention, la disponibilité et la qualité de l'eau de surface, ainsi que la planification des opérations minières dans un contexte de résilience climatique.

1.4.2 Indice climatique relié aux changements du régime hydrologique (Blumetric)

Les changements climatiques peuvent entraîner des modifications substantielles dans le régime hydrologique des bassins versants, notamment en ce qui concerne les périodes d'étiage, les pics de crue, la variabilité saisonnière des débits et la recharge des aquifères. Ces changements sont particulièrement pertinents pour les projets miniers, dont la gestion de l'eau repose sur une compréhension fine des apports hydriques, des volumes à traiter et des risques d'inondation ou de sécheresse.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

1.4.2.1 Sécheresse

La sécheresse constitue un aléa climatique important à considérer dans le contexte de la gestion de l'eau et la restauration des sites miniers. Son évaluation repose sur l'indice standardisé d'évapotranspiration, qui intègre plusieurs paramètres : les précipitations, les taux de ruissellement, l'évapotranspiration potentielle et la teneur en eau du sol sur une période prolongée. Cet indice permet d'identifier et de caractériser les périodes de déficit hydrique prolongé en lien avec les changements climatiques.

Sur la base de l'indice d'évapotranspiration des précipitations normalisées sur 12 mois (SPEI-12 – *Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index*), les projections climatiques indiquent une rareté des périodes humides à partir de la décennie 2050, particulièrement sous les scénarios d'émissions élevées. Cette tendance suggère une probabilité accrue de sécheresses prolongées, entrecoupées d'épisodes secs occasionnels.

Ces périodes de stress hydrique coïncident avec les phases de fermeture et de post-fermeture du site minier (2039-2045), période critique pour l'établissement et la résilience de la végétation de restauration. Une sécheresse prolongée pourrait compromettre le succès des mesures de revégétalisation, ralentir les processus de stabilisation des sols et accentuer le risque de morbidité ou de mortalité des espèces implantées.

Dans ce contexte, il sera essentiel de :

- Sélectionner des espèces végétales tolérantes au stress hydrique;
- Planifier des interventions de suivi écologique renforcé pendant les périodes critiques;
- Concevoir des stratégies de restauration adaptative en fonction des projections climatiques à long terme.

1.4.3 Indice climatique relié aux redoux hivernaux plus fréquents

Les redoux hivernaux, de plus en plus fréquents dans un contexte de réchauffement climatique, constituent un facteur important de dégradation des infrastructures en région nordique. L'indicateur principal utilisé pour évaluer cet aléa est le nombre d'événements de gel-dégel saisonniers durant la période hivernale.

Un cycle de gel/dégel se produit lorsqu'au cours d'une même journée d'hiver, la température maximale quotidienne est supérieure à 0 °C ($T_{\max} > 0$ °C) alors que la température minimale quotidienne est inférieure ou égale à -1 °C ($T_{\min} \leq -1$ °C). Ces fluctuations thermiques répétées pourraient entraîner l'expansion et la contraction de l'eau présente dans les sols, les structures et les matériaux, ce qui pourrait engendrer des fissurations dans les chaussées et ouvrages de béton; une instabilité des talus ou remblais; et une augmentation de l'érosion ou du soulèvement des structures enterrées.

La variable climatique mesurant ces événements est donc un indicateur essentiel pour anticiper les effets des redoux sur la durabilité des infrastructures minières (routes, fossés, installations de surface).

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Selon les projections issues de la plateforme Portraits climatiques d'Ouranos, les cartes des cycles de gel-dégel montrent une augmentation nette du nombre d'événements pour les horizons 2011-2040 et 2041-2071, sous les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5 (Annexe A). Cette tendance s'accroît à mesure que le climat se réchauffe, en particulier dans les scénarios à fortes émissions.

L'augmentation prévue des redoux hivernaux nécessite d'adapter :

- Les matériaux de construction et leur résistance aux cycles thermiques répétés;
- Les stratégies de drainage et de rétention des eaux en période hivernale;
- Les calendriers d'entretien préventif des infrastructures critiques.

Ces données doivent être intégrées dans la planification technique du projet, notamment pour le dimensionnement des infrastructures de transport et des ouvrages de rétention, ainsi que pour les mesures de contrôle de l'érosion et de stabilisation du sol en période hivernale.

Le tableau 1-5 présente les valeurs minimales et maximales projetées pour le nombre annuel de jours d'événements de gel-dégel en hiver, selon les périodes historiques et les scénarios climatiques projetés (SSP2-4.5 et SSP5-8.5).

Tableau 1.5 Événements de gel-dégel en hiver (jours)

Tendance	Historique	Projections climatiques			
	1991-2020	2011-2040		2041-2070	
		SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Min	3,7	5,0	5,2	5,1	5,9
Max	4,3	5,3	5,4	5,5	6,4

Les résultats indiquent une hausse progressive du nombre de jours de redoux hivernaux, tant à l'horizon 2011–2040 qu'à 2041–2070, et ce, pour les deux scénarios d'émissions. Par exemple, alors que la période de référence 1991–2020 présente entre 3,7 et 4,3 jours de gel-dégel hivernaux par an, ces valeurs atteignent de 5,1 à 6,4 jours à l'horizon 2041–2070 sous le scénario SSP5-8.5.

Cette tendance généralisée à la hausse confirme que les infrastructures du site minier devront faire face à des cycles de gel-dégel plus fréquents et rapprochés, même à court terme. Ces conditions peuvent accélérer l'usure des routes, des fondations et des bassins de confinement, et doivent être prises en compte dès la phase de conception pour assurer la résilience des installations à long terme.

1.4.4 Indices climatiques reliés aux températures de l'air plus élevées

Les températures projetées pour le site du projet révèlent une tendance marquée au réchauffement à l'échelle annuelle et saisonnière. Le tableau 1-6 présente les valeurs médianes des températures maximales annuelles et saisonnières, selon les périodes historiques (1971-2000 et 1991-2020) aux horizons climatiques futurs (2011-2040 et 2041-2070), sous les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Tableau 1.6 Médiane des températures maximales saisonnières et annuelles (°C)

Tendance	Historique		Projections climatiques			
	1971-2000	1991-2020	2011-2040		2041-2070	
			SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Annuelle	-1,1	-0,1	0,8	2,3	1,0	3,3
Printemps	-2,4	-1,8	-0,9	-0,7	0,8	1,3
Été	14	14,8	15,6	15,5	16,8	17,7
Automne	2,1	3,0	3,9	4,0	5,0	5,9
Hiver	-18,2	-16,9	-15,6	-15,2	-13,8	-12,4

Toutes les saisons affichent une augmentation des températures maximales à mesure que l'on progresse dans les horizons temporels, avec des écarts plus prononcés sous le scénario SSP5-8.5 :

- En été, les températures maximales passent de 14 °C (1971–2000) à 17,7 °C à l'horizon 2041–2070 (SSP5-8.5), soit un écart de +3,7 °C;
- En automne, la hausse atteint 3,8 °C entre les mêmes périodes;
- En hiver, les températures maximales augmentent de 4,4 °C sous SSP2-4.5, ce qui représente l'écart le plus important parmi toutes les saisons, avec un niveau de confiance élevé selon les modèles climatiques.

L'augmentation des températures maximales hivernales pourrait entraîner des répercussions directes sur le projet :

- Le régime de gel/dégel, avec un allongement des périodes de redoux et une modification du comportement thermique des sols;
- La disponibilité et la qualité de l'eau, notamment en raison de la fonte plus précoce de la neige, de la réduction de la recharge printanière et d'une évaporation plus importante en saison chaude;
- Les paramètres d'opération minière, qui devront être ajustés en fonction des nouvelles conditions thermiques, notamment pour la gestion de l'eau, les cycles d'entretien des infrastructures, et les mesures de sécurité liées à la chaleur.

Concernant les jours plus chauds, le tableau 1-7 présente la médiane du nombre de jours durant lesquels la température maximale est supérieure à 30 °C ($T_{\max} > 30$ °C), pour différentes périodes historiques et différents horizons climatiques. Cet indice permet d'évaluer la fréquence des journées souvent associées à des contraintes opérationnelles importantes pour les activités minières.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Tableau 1.7 Médiante du nombre annuel de jours où la température maximale est supérieure à 30 °C

Historique		Projections climatiques			
1971-2000	1991-2020	2011-2040		2041-2070	
		SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5
1,0	2,0	3,0	3,0	6,0	9,0

Les données montrent une augmentation graduelle du nombre de jours chauds :

- Historique (1971–2000) : 1 jour par an;
- 2041–2070 (SSP2-4.5) : 6 jours par an;
- 2041–2070 (SSP5-8.5) : jusqu'à 9 jours par an.

Avec un niveau de confiance élevé, les projections climatiques indiquent que, sous un scénario d'émissions modérées (SSP2-4.5), le nombre annuel de jours dépassant 30 °C augmentera de 5 jours d'ici l'horizon 2041–2070, comparativement à la période de référence 1971–2000. De plus, les données issues du tableau de synthèse climatique présenté en début de section confirment que le nombre maximal de jours très chauds pourrait atteindre jusqu'à 13 jours par an, toujours sous SSP2-4.5. Cette tendance à la hausse devrait se poursuivre au-delà de 2070, sans signe de stabilisation.

L'augmentation du nombre de jours très chauds présente plusieurs enjeux pour le projet :

- Réduction de la productivité des opérations en surface durant les épisodes de chaleur extrême;
- Contraintes sur la santé et la sécurité des travailleurs, nécessitant des aménagements dans les horaires, les équipements de protection et les protocoles de surveillance;
- Exigences accrues pour la conception des bâtiments et infrastructures, incluant la gestion thermique, la ventilation, et le refroidissement des installations critiques (ex. : postes de pompage, transformateurs, salles électriques);
- Effets sur la consommation d'eau et l'évaporation, pouvant perturber le bilan hydrique du site.

1.4.5 Indices climatiques reliés aux feux de forêt plus importants

Avec l'intensification des changements climatiques, les conditions météorologiques favorables aux feux de forêt deviennent plus fréquentes, prolongées et sévères dans plusieurs régions du Québec, y compris la Jamésie. Depuis juillet 2024, la plateforme *DonneesClimatiques.ca* offre une nouvelle application des projections de la météo des feux de forêt, permettant d'évaluer ces tendances à partir de trois indices dérivés de la Méthode canadienne de l'Indice forêt-Météo (IFM) :

- La durée de la saison des feux de forêt;
- La sévérité de la météo des feux de forêt;
- La fréquence de la météo des feux de forêt.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Ces indicateurs sont projetés à l'échelle régionale en comparant la période historique (1971-2000) à un horizon futur (2041-2070), dans le cadre d'un scénario d'émissions élevées de GES équivalent au SSP5-8.5.

1.4.5.1 Durée de la saison des feux de forêt

La saison des feux correspond à la période de l'année pendant laquelle les conditions météorologiques sont suffisamment chaudes et sèches pour favoriser l'éclosion et la propagation des feux de forêt. Selon les critères de DonnéesClimatiques.ca, la saison des feux débute après trois jours consécutifs avec des températures maximales supérieures à 12 °C, et se termine après trois jours consécutifs avec des températures maximales inférieures à 5 °C.

La durée de la saison des feux est calculée comme le nombre de jours entre ces deux seuils. Les projections climatiques indiquent une prolongation significative de cette période à l'horizon 2041–2070, ce qui implique une fenêtre plus longue pendant laquelle les opérations minières et forestières pourraient être exposées à des risques accrus d'incendie.

1.4.5.2 Sévérité de la météo des feux de forêt

L'a sévérité des conditions météorologiques propices aux feux de forêt est mesurée à l'aide de l'indice de combustible disponible (ICD), composante clé de l'IFM. Cet indice reflète les conditions de sécheresse des couches organiques du sol forestier et détermine la quantité de combustible disponible pour la combustion. L'ICD est calculé à partir de variables météorologiques quotidiennes (la température, l'humidité relative et les précipitations). Plus l'ICD est élevé, plus les conditions sont propices aux feux de forêt, en raison de l'assèchement du sol et de la végétation.

Le tableau 1-8 présente les seuils d'interprétation des valeurs d'ICD, de faible à extrême, permettant d'évaluer le niveau de danger météorologique lié aux feux de forêt.

Tableau 1.8 Seuils d'évaluation des risques, de faible à extrême, pour les composantes de l'indice Forêt-Météo (IFM)

Niveau de danger	Indice du combustible léger (ICL)	Indice de l'humus (IH)	Indice de sécheresse (IS)	Indice de propagation initiale (IPI)	Indice de combustible disponible (ICD)	Indice Forêt-Météo (IFM)
Faible	0-76	0-21	0-79	0-1.5	0-24	0-4.5
Modéré	77-84	22-27	80-189	2-4	25-40	4.5-10.5
Haut	85-88	28-40	190-299	5-8	41-60	10.5-18.5
Très élevé	89-91	41-60	300-424	9-15	61-89	18.5-29.5
Extrême	92+	61+	425+	16+	90+	29,5+

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Source : DonnéesClimatiques.ca

1.4.5.3 Fréquence de la météo des feux de forêt

Les métriques de fréquence permettent d'évaluer combien de jours par an sont associés à des conditions météorologiques favorables aux feux de forêt. Cette information est essentielle pour anticiper les périodes de risque élevé et de planifier les mesures de prévention, de surveillance et d'intervention d'urgence.

L'un des principaux indicateurs utilisés est le nombre de jours par an où l'ICD dépasse certains seuils critiques. Ces seuils correspondent à différentes classes de sévérité : ICD ≥ 40 (conditions modérées à sévères), ICD ≥ 60 (conditions sévères), et ICD ≥ 90 (conditions extrêmes).

Le tableau 1-9 présente les résultats pour la région du projet, comparant la période historique (1971-2000) à l'horizon 2041-2070 sous le scénario RCP8.5, équivalent au SSP5-8.5. Ces données illustrent une hausse marquée du nombre de jours où les seuils ICD sont atteints ou dépassés.

Tableau 1.9 Indices climatiques reliés aux feux de forêt pour la localisation du projet

Indice	Unité	Historique	Projections climatiques
		1971-2000	2041-2070 (RCP8.5)
Durée de la saison des feux	Jours	161	187
Sévérité de la météo des feux	ICD	39	49
Fréquence de l'ICD (40, 60, 90)	Jours	(9, 1, 0)	(19, 4, 0)

Ces résultats démontrent une augmentation de la durée de la saison des feux de plus de 25 jours, ainsi qu'un doublement du nombre de jours avec ICD ≥ 40 . Bien que les seuils extrêmes (ICD ≥ 90) ne soient pas encore atteints dans les projections régionales, la tendance est clairement à la hausse en termes de fréquence et de sévérité.

Dans la région où se situe le projet, cette tendance s'accompagne d'un changement dans la structure forestière où les forêts deviennent plus clairsemées, avec une réduction de la densité et une disponibilité moindre en combustible ligneux. Toutefois, malgré cette diminution, la combinaison de conditions météorologiques plus sèches et plus chaudes suffit à augmenter la probabilité d'incendies.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Ces constats renforcent la nécessité de :

- Intégrer des mesures préventives robustes contre les incendies dans la planification opérationnelle;
- Évaluer les impacts potentiels sur la sécurité des infrastructures et des travailleurs;
- Prévoir des mesures de résilience pour la gestion de la végétation, les activités de restauration et l'approvisionnement en eau.

2.0 Détermination des variantes

Le projet minier Troilus est exposé à plusieurs aléas climatiques susceptibles d'affecter sa viabilité, sa performance opérationnelle et son intégrité infrastructurelle. Les principaux aléas identifiés dans le cadre de l'analyse climatique sont, notamment, les précipitations pluviométriques abondantes, plus fréquentes et plus intenses; les changements du régime hydrologique, influençant le bilan hydrique et les risques d'inondation; les redoux hivernaux et les cycles de gel-dégel plus fréquents; les températures de l'air plus élevées, affectant le confort thermique, les ressources en eau et les infrastructures; et les feux de forêt plus fréquents, longs et intenses.

Ces aléas, exacerbés par les changements climatiques, pourraient perturber les différentes phases du projet en affectant directement les infrastructures, les équipements, les systèmes de drainage, les routes d'accès, et les opérations. Ils sont également susceptibles d'entraîner des répercussions sur les milieux naturels environnants et les conditions de travail.

Afin d'anticiper ces impacts et de renforcer la résilience du projet, une évaluation préliminaire des variantes a été réalisée selon une approche fondée sur le cycle de vie du projet, incluant les phases de construction, d'exploitation et de fermeture. Cette démarche permet d'identifier les composantes sensibles aux aléas climatiques à chaque étape du projet et d'orienter les décisions de conception, d'aménagement et de gestion.

Les effets potentiels de chaque aléa climatique sur les infrastructures et les opérations du projet sont présentés dans les sections suivantes, de même que les mesures d'adaptation proposées. Cette analyse constitue la base de la sélection des variantes à privilégier pour assurer la robustesse et la durabilité du projet face aux conditions climatiques futures.

2.1 Phases du projet et impacts potentiels

L'évaluation des variantes repose sur une approche fondée sur le cycle de vie du projet, en tenant compte des principales phases de développement, soit la construction (2025-2027), l'exploitation (2028-2038) et la fermeture (2039-2040) du site minier.

Au moment de réaliser l'analyse, les phases de construction et d'exploitation du projet sont encore à l'étude. L'analyse ici propose donc une première vue d'ensemble des impacts potentiels des aléas climatiques sur les grandes étapes du projet en lien avec les composantes générales du milieu récepteur décrites dans l'Avis de projet de 2022. Cette évaluation préliminaire met en relation les interactions possibles entre le climat et les éléments clés du projet (infrastructures, équipements, opérations, environnement récepteur).

Dans la section 3.0 (Description des variantes), ces composantes seront définies plus précisément à partir des informations détaillées dans l'étude de faisabilité 2024, en croisant les phases du projet avec les aléas climatiques identifiés.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Les tableaux suivants présentent les étapes des phases du projet susceptibles d'être sensibles aux aléas climatiques, tels que les précipitations extrêmes, les redoux hivernaux, la chaleur estivale, les feux de forêt ou les sécheresses. Lorsqu'applicables, les principaux enjeux climatiques soulevés par les représentants de la Nation crie de Mistissini, rencontrés le 19 janvier 2022, sont mentionnés afin de refléter les préoccupations exprimées par les parties prenantes autochtones.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Tableau 2.1 Les étapes des phases du projet sensibles aux aléas identifiés

Avis de projet 2022		Aléas climatiques pouvant impacter les composantes				
Composantes générales du projet	Principaux enjeux et commentaires soulevés par les instances et organismes autochtones rencontrés	Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses	Changements du régime hydrologique	Redoux hivernaux plus fréquents	Températures de l'air plus élevées	Feux de forêt plus importants
Phase de construction (2025-2027)						
Installation et présence du chantier	Déviation d'un cours d'eau et possibilité d'inondation associée	X			X	
Préparation du terrain (déboisement, décapage, excavation, terrassement, dynamitage)		X	X			
Construction des infrastructures et installations temporaires et permanentes		X			X	X
Circulation des véhicules et de la machinerie lourde ainsi que l'utilisation et entretien des équipements/machinerie lourde		X		X	X	X
Phase d'exploitation (2028-2038)						
Exploitation de la mine et traitement du minerai	Émissions de poussières venant du parc à résidus Collecte des eaux de ruissellement des stériles	X	X	X	X	X
Gestion des résidus et des stériles		X			X	
Gestion des matières résiduelles (lieu d'enfouissement en tranchée)		X	X		X	
Gestion et traitement des eaux		X	X	X	X	
Circulation des véhicules et de la machinerie lourde ainsi que l'utilisation et entretien des équipements/machinerie lourde		X		X	X	X
Phase de fermeture (2039-2040)						
Démantèlement des infrastructures et des installations		X	X	X	X	X
Ennoisement des fosses		X	X	X		
Remise en état du site		X	X	X		
Circulation des véhicules et de la machinerie lourde ainsi que l'utilisation et entretien des équipements/machinerie lourde		X		X	X	X

3.0 Description des variantes

Dans le cadre de la description des variantes du projet, les aléas identifiés sont pris en compte dans la localisation du projet ainsi que dans les critères de conception des ouvrages et des infrastructures projetés, tels que définis dans le rapport d'étude de faisabilité de 2024.




Conformément l'approche sur le cycle de vie du projet, les tableaux suivants présentent les composantes spécifiques du projet par catégorie d'actifs ou de processus (ex. : infrastructures civiles, réseaux hydriques, installations minières, opérations critiques). Ces composantes sont mises en relation avec les aléas climatiques susceptibles d'interagir avec leur fonctionnement ou leur durabilité.

Cette évaluation s'appuie notamment sur les lignes directrices du rapport sur l'adaptation des opérations minières aurifères, publié par le World Gold Council en 2022. Elle considère les principales dimensions de la variabilité climatique, à savoir : l'intensité des événements, leur fréquence, leur durée, leur saisonnalité ainsi que leur étendue spatiale.

Ainsi, chaque interaction climat-composante du projet est analysée en fonction de son niveau d'exposition et de sa sensibilité aux aléas climatiques, afin de soutenir la sélection de variantes plus résilientes, d'orienter les décisions de conception technique et de planifier les mesures d'adaptation appropriées.

Finalement, une synthèse des aspects climatiques déjà pris en compte dans le projet est présentée. Cette information permet de faire le lien entre les analyses techniques réalisées jusqu'à présent et les recommandations d'adaptation formulées dans le cadre de cette analyse.

Tableau 3.1 Niveaux d'importance caractérisant les facteurs d'impact climatique

Niveaux d'importance^{1, 2}	
	Faible
	Moyen
	Élevé

¹ Extrait du rapport sur l'adaptation des opérations minières pour l'or (World Gold Council, 2022).

² Changements respectifs en termes d'intensité, de fréquence, de durée, de calendrier et d'étendue spatiale.

3.1 Nouvelles installations

Tableau 3.2 Composantes du projet et niveau d'impacts des aléas climatiques

Catégorie d'actifs / processus	Étude de faisabilité 2024	Aléas climatiques pouvant impacter les composantes				
	Composantes spécifiques du projet (nouvelles constructions) ⁴	Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses	Changements du régime hydrologique	Redoux hivernaux plus fréquents	Températures de l'air plus élevées	Feux de forêt plus importants
Excavation et travaux	Fosse sud-ouest (mine à ciel ouvert)	X			X	X
Procédé	Infrastructures de gestion des déchets	X			X	
Procédé	Infrastructures de gestion des résidus				X	
Procédé	Réseaux de conduites pour les résidus et récupérations				X	
Procédé	Canalisation d'eau (« raw water ») du lac A		X			
Transport	Routes de transport de la mine	X		X	X	X
Transport	Routes d'accès au site	X		X	X	X
Manutention	Infrastructures de gestion des combustibles et hydrocarbures				X	
Procédé	Broyage primaire et secondaire	X		X	X	
Manutention	Stock de minerai grossier et récupération	X				
Procédé	Infrastructures de traitement : concassage, broyage, épaulement, flottation, récupération de l'or par gravité (future), salle d'extraction de l'or (future), manutention et chargement des concentrés, systèmes de gestion de l'eau, systèmes de réactifs et stockage des réactifs	X		X	X	
Environnement bâti	Bâtiments du site : bâtiment administratif du site, toilettes du site, bâtiment de haute sécurité, clinique de premiers secours, poste de garde, atelier et entrepôt du site, salle de contrôle, laboratoire métallurgique et d'analyse	X		X	X	X
Environnement bâti	Bâtiments des services de la mine - atelier des camions de la mine, entrepôt de la mine, installation de changement de pneus, installation de lavage des camions et toilettes de la mine	X		X	X	X
Environnement bâti	Installations du camp	X		X	X	X
Manutention	Installations de stockage d'explosifs				X	X
Manutention	Décharge sanitaire	X			X	
Procédé	Usine de traitement des eaux		X		X	
Procédé	Station d'épuration des eaux usées		X		X	

⁴ Basé sur la section 18 Project Infrastructure – 18.1 General, pages 18-1 et 18-2

3.2 Installations existantes et réaffectées

Tableau 3.3 Composantes du projet et impacts des aléas climatiques

Catégorie d'actifs / processus	Étude de faisabilité 2024	Aléas climatiques pouvant impacter les composantes				
	Composantes existantes du projet ⁵	Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses	Changements du régime hydrologique	Redoux hivernaux plus fréquents	Températures de l'air plus élevées	Feux de forêt plus importants
Excavation et travaux	Fosse J4 à ciel ouvert	X		X		
Excavation et travaux	Fosse 87 à ciel ouvert	X		X		
Transport	Routes d'accès au site	X		X	X	
Environnement bâti	Camp d'exploration	X			X	
Excavation et travaux	Station de transformateurs électriques	X			X	X
Procédé	Lignes électriques aériennes principales et dans l'usine	X			X	X
Procédé	Puits d'eau potable, pompe et canalisation	X	X		X	
Manutention	Aires de dépôt	X		X		
Procédé	Bassins de gestion de l'eau	X	X	X	X	
Manutention	Installation de stockage des résidus	X			X	
Procédé	Station de traitement des eaux de l'installation de stockage des résidus		X		X	
Transport	L'héliport	X			X	

⁵ Basé sur la section 18 Project Infrastructure – 18.1 General, page 18-2

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

3.2.1 Gestion de l'eau

3.2.1.1 Bilan hydrique

Présente dans les phases de construction, de l'exploitation et de la fermeture de la mine, la gestion de l'eau à l'échelle du site a été adressée à travers la constitution d'un plan de gestion de l'eau. Ce plan est basé sur une étude technique de faisabilité et un modèle de bilan hydrique à l'échelle du site et a comme objectif de faciliter l'efficacité des opérations minières et réduire les effets sur les masses d'eau réceptrices en aval.

La méthodologie et la démarche décrites dans l'étude de faisabilité 2024⁶ sont cohérentes avec une démarche en conception du drainage à l'échelle du site orientée sur la résilience aux changements climatiques liée au dérèglement des régimes de précipitations, mais des améliorations seront apportées pour les simulations des eaux de surface, les bilans hydriques, ainsi qu'hydrogéologiques avec les données climatiques les plus récentes.

En raison de la publication récente du scénario CMIP6 en juillet 2024, les ensembles de données de précipitations et de températures mises à l'échelle ne sont pas encore disponibles. Pour le moment, des essais utilisant des méthodes dynamiques et statistiques sont réalisés par différents groupes de recherches (West Consultants Inc., 2024). Dans la réduction d'échelle dynamique, les données du modèle climatique global (CMIP6) sont utilisées comme conditions d'entrée et de limite pour des modèles climatiques régionaux à plus haute résolution (Rahimi and Lei, 2022). En ce qui concerne la réduction d'échelle des données par méthode statistique, les relations sont faites entre les modèles climatiques à grande échelle fournis (CMIP6) et les réponses climatiques locales observées (Krantz et coll., 2021). En attendant les résultats consolidés des groupes de recherche sur la méthode optimale, une sélection manuelle des projections climatiques (voir la section Méthodologie – Sources de données de ce chapitre) permet d'ajuster les simulations de manière fiable. Cette démarche, complémentaire au facteur de majoration de 18 % appliquée aux débits de pointe associés à une récurrence de 100 ans (MTMD, 2025), permet de vérifier que le système de gestion de l'eau assure à la fois l'évacuation efficace du ruissellement en période de forte charge et l'approvisionnement en eau de traitement, tout en tenant compte des effets saisonniers et des conditions climatiques variables.

3.2.2 Conception de l'environnement bâti à l'échelle du site

Dans le tableau 18-6 regroupant les critères de conception pour la gestion de l'eau dans l'étude de faisabilité 2024⁷, comme critère de conception général pour le bâti, il y est indiqué de tenir compte de l'impact du changement climatique sur les événements pluviaux prévus en utilisant les projections médianes disponibles. Les standards pour le projet se basent sur la Norme industrielle mondiale pour la gestion des résidus miniers (GTR, 2020) ainsi que de l'évaluation stratégique du changement climatique (ECCC 2020a).

⁶ Pages 25-4 et 25-5

⁷ Pages 18-24 à 18-25

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Pour le reste de l'environnement bâti sur le site du projet, le rapport Bâtiments et infrastructures publiques de base résistants aux changements climatiques 2020 : évaluation des effets des changements climatiques sur les données de conception climatique au Canada (ECCC, 2020b) fournit une évaluation de la manière dont les données de conception climatique pertinentes pour le Code national du bâtiment du Canada (CNBC 2015, tableau C-2) pourraient changer à mesure que le climat continue de se réchauffer. Dans le cadre du projet actuel, puisque les phases de construction et d'exploitation du projet sont au stade d'étude, il est possible de déterminer la pertinence des données climatiques pour l'usage prévu et valider des paramètres climatiques choisis pour la conception des bâtiments considérant les ajustements ECCC 2020 pour le CNBC 2015.

4.0 Analyse des impacts potentiels du projet et mesures d'adaptation proposées

L'approche à privilégier consiste à éliminer ou à développer des mesures d'adaptation et/ou d'évitement des risques lorsque cela est possible afin de réduire les risques à des niveaux acceptables, en s'appuyant sur des politiques et des procédures organisationnelles pour gérer les risques et développer des stratégies de réponse aux risques afin d'en réduire les conséquences.

La conception résiliente, alignée avec les standards les plus récents, doit faire partie intégrante du processus de planification du projet, afin d'évaluer les risques liés aux aléas climatiques dans le contexte de l'objectif du projet. Le tableau suivant présente l'analyse d'impacts potentiels sur les composantes du projet selon les aléas susceptibles d'affecter le projet ou les impacts sur le milieu, les conséquences potentielles et les mesures d'adaptation proposées pour engager les améliorations à la phase d'étude présentement en cours. La description détaillée des impacts au projet et sur le milieu récepteur suit le tableau.

De façon générale, comme recommandé dans l'étude de faisabilité 2024⁸, la mise à jour de l'analyse de référence du climat pour tenir compte des projections les plus récentes en matière de changement climatique en ce qui concerne la gestion de l'eau à l'échelle du site peut être étendue et considérée pour l'atténuation des risques climatiques sur l'ensemble du projet.

⁸ Page 26-3

Tableau 4.1 Tableau récapitulatif des impacts potentiels et les mesures d'adaptation possibles

		Impacts potentiels			Mesures d'adaptation possibles	
Aléa susceptible d'affecter le projet ou le milieu	S'il y a lieu, précision sur l'aléa climatique	Catégorie d'actifs / processus du projet susceptible d'être affecté par l'aléa	Conséquences possibles sur les composantes spécifiques du projet			
			Effet du climat sur le projet	Effet du projet sur le milieu		
Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses	Fortes précipitations	Excavation et travaux, manutention	Affaissement des piles de stockage; Inondations localisées sur le site; Érosion accrue des routes et des piles de stockage; Augmentation de la quantité d'eau dans les fosses, accroissement du besoin d'assèchement; Défaillance des parois des fosses.	Augmentation des solides en suspension dans les ruisseaux et les cours d'eau; Saturation des sols, entraînement de glissements de terrain/mouvements de terre.	Analyse et ajustements du plan de gestion des eaux en fonction des pluies projetées (+20mm (printemps) à +45mm (automne)); Ajustement des données de projections climatiques récentes pour les modélisations HEC-HMS; Inspections plus fréquentes de l'état des routes et infrastructures; Considération d'un besoin plus important que prévu pour la gestion et la préparation des piles de stockage advenant des pluies abondantes; Élaborer et mettre en œuvre un plan de contrôle de l'érosion et des sédiments pour minimiser les conséquences des fortes précipitations sur l'environnement; Prévoir une réhabilitation progressive du parc à résidus pour limiter le ruissellement et l'érosion lors des précipitations extrêmes.	
		Transport et manutention	Ruissellement sur les routes; Travaux de nivellement et d'entretien supplémentaires nécessaires.	Accumulation et déplacement de sédiments dans l'environnement à partir des routes.		
		Procédé et manutention	Augmentation de la charge du système de gestion de l'eau (systèmes de dérivation, les bassins de collecte).	Dépassement de la capacité de système, entraînement de rejets d'eau non traitée dans l'environnement.		
	Fortes chutes de neige	Transport	Fermetures de routes, ralentissement du transport des travailleurs et des ressources; Augmentation du risque d'accident sur les routes.			Déplacer et stocker la neige, idéalement la recueillir et traiter les eaux de fonte potentiellement contaminées selon les besoins avant de les rejeter dans l'environnement; Prévoir un programme d'inspections régulières, vérifications des accumulations de neige aux endroits identifiés par les concepteurs (+25 mm de neige pour décembre, janvier et février). Évaluer de la densité de la neige et consigner les observations pour mieux comprendre le comportement des différentes structures; Procéder au déneigement si les accumulations ne dépassent pas les seuils acceptables.
		Procédé et manutention	Augmentation du besoin de ressources pour le système d'assèchement (temps, énergie) : neige dans les fosses à enlever avec les matériaux excavés ou à laisser fondre et drainée vers le puisard de la mine.	Déversement et rejet potentiel de neige contaminée dans l'environnement.		
		Environnement bâti	Augmentation de charge sur les toits, augmentation du risque de défaillance des toitures.			
	Pluies verglaçantes	Procédé et manutention	Réduction de l'efficacité des systèmes de drainage; Augmentation des risques d'endommagement des lignes de transport d'électricité et de pannes électriques.			Prévoir des inspections à la suite d'événement de verglas pour assurer un drainage adéquat et que les accumulations sur les structures ne dépassent pas les seuils acceptables; Tenir compte des impacts de la charge due à l'accumulation de pluie verglaçante sur la conception des câbles de transmission (utiliser une valeur de 25 mm de glace pour les calculs de charge de verglas pour l'ensemble des nouvelles infrastructures); Envisager la mise en œuvre de politiques d'exploitation et d'entretien pour éliminer la glace des câbles et des infrastructures à risque; Disposer d'une puissance de générateur suffisante pour les systèmes critiques afin de limiter les effets négatifs sur le projet et l'environnement en cas de pannes de courant prolongées.
	Changements du régime hydrologique	Procédé et manutention	Augmentation des eaux de surface pendant les périodes de fonte provoquant des inondations localisées sur le site; Fluctuations de la disponibilité et de la qualité d'eau lors d'événement de sécheresses prolongées ou les précipitations extrêmes.	Dépassement de la capacité des bassins de collecte lors de fonte rapide pendant la crue printanière pouvant entraîner un dépassement de la capacité des bassins de collecte et créer des déversements dans l'environnement.		Tenir compte des projections les plus récentes en matière de changement climatique et procédé à une veille des comportements hydriques à l'échelle du site pour prévenir les impacts potentiels.
	Redoux hivernaux plus fréquents	Formation de glace en surface	Procédé et manutention	Les événements de gel-dégel peuvent rendre inefficaces les systèmes de drainage.		Prévoir des inspections sur une base régulière pour s'assurer que le drainage peut se faire de façon adéquate (lors de gel prévu).

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Impacts potentiels					Mesures d'adaptation possibles
Aléa susceptible d'affecter le projet ou le milieu	S'il y a lieu, précision sur l'aléa climatique	Catégorie d'actifs / processus du projet susceptible d'être affecté par l'aléa	Conséquences possibles sur les composantes spécifiques du projet		
			Effet du climat sur le projet	Effet du projet sur le milieu	
	Cycles de gel-dégel profond	Transport	Les cycles de gel-dégel pourraient affecter les infrastructures routières, ou les infrastructures extérieures, et raccourcir leur durée de vie.		Prévoir des inspections sur une base régulière pour assurer l'état des routes.
	Cycles de gel-dégel profond combiné avec le phénomène de carbonatation	Environnement bâti	Les cycles de gel-dégel pourraient affecter les infrastructures bétonnées et raccourcir leur durée de vie.		Mener une cure de façon adéquate pour une meilleure durabilité face aux conséquences climatiques; Prévoir des inspections sur une base régulière aux 5 ans pour assurer l'état des surfaces bétonnées (bâtiments); Choisir une grande teneur en ciment dans le béton pour favoriser la durabilité du matériel (400 à 420 kg de ciment/m³ (35 MPa)) et diminuer le rapport eau/ciment (viser un maximum de 0,40); La perméabilité du béton et son exposition aux agents corrosifs peuvent être ralenties par le bitume d'une façon économique et simple (~50\$/5 gal US – couvre 635 pi² pour une durée de vie approximative de 10-20 ans).
Températures de l'air plus élevées		Procédé et manutention	Augmentation des besoins de maintenance et de risques de défaillance; Augmentation de l'évapotranspiration pouvant accélérer la réduction des niveaux d'eau dans les bassins de collecte et diminuer le volume d'eau à traiter avant d'être rejeté dans l'environnement.	Augmentation des poussières fugitives due à l'augmentation de l'évaporation, ce qui a un impact sur la qualité de l'air.	Ajustement des données de projections climatiques récentes et tenir compte de l'augmentation des vagues de chaleur sur le territoire (+12 jours au-dessus de 30 °C) dans la conception des besoins énergétiques à tous les niveaux du procédé et pour l'ensemble de l'environnement bâti.
		Environnement bâti	Augmentation de la demande de refroidissement des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) des bâtiments, ce qui peut entraîner un refroidissement insuffisant pour maintenir en permanence les points de consigne des bâtiments afin d'assurer un niveau de confort adéquat pour le personnel; Augmentation du risque de feux de forêt.		
Feux de forêt plus importants		Procédé, transport et manutention	Évacuation de la mine et l'arrêt de ses activités; Fermeture de routes; Niveaux élevés de particules constituant un risque pour les travailleurs et affecter les opérations et la productivité de la mine.		Exiger des orientations obligatoires en matière de sécurité pour les nouveaux employés. La formation devrait comprendre la manipulation des carburants, l'entretien de l'équipement et les mesures de prévention et d'intervention en cas d'incendie; Entretien des systèmes de prévention et d'extinction des incendies sur place, y compris les réserves d'eau, les gicleurs, les extincteurs et autres équipements de lutte contre les incendies. Les matières inflammables (comme les carburants et les explosifs) doivent être gérées avec soin sur le site. Maintenir des niveaux d'eau suffisants pour lutter contre les incendies sur place. Étudier les possibilités d'établir des capacités d'extinction des incendies de forêt à la demande (expérience de la Ville de Chapais lors des incendies de 2023).

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

4.1 Description des Impacts potentiels

4.1.1 Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses

Les précipitations de courte durée, de forte intensité et de longue durée peuvent avoir un impact sur le projet de la manière suivante :

- Les précipitations peuvent saturer les sols et entraîner des glissements de terrain/mouvements de terre, l'affaissement des piles de stockage, des éboulements, des problématiques de gestion et peuvent augmenter le risque de défaillance des parois des fosses.
- Le ruissellement sur les routes peut emporter des matériaux et nécessiter des travaux de nivellement et d'entretien supplémentaires.
- Les précipitations importantes peuvent augmenter la quantité d'eau dans la mine à ciel ouvert, ce qui pourrait accroître le besoin d'assèchement.
- Les fortes précipitations augmentent la charge du système de gestion de l'eau, y compris les systèmes de dérivation avec ou sans contact ou les bassins de collecte, ce qui peut dépasser la capacité du système et entraîner le rejet d'eau non traitée dans l'environnement.
- Les fortes précipitations produisent de grands volumes d'eau et de matériaux à grains fins provenant de l'érosion et du ruissellement pendant la construction (par exemple, le décapage des morts-terrains), ce qui peut entraîner une augmentation des solides en suspension dans les ruisseaux et les cours d'eau locaux s'ils ne sont pas retenus sur le site.
- L'excès de précipitations, sous la forme d'événements pluvieux, peut entraîner des inondations localisées sur le site minier, des niveaux d'eau à l'air libre et une érosion accrue des routes et des piles de stockage.

D'autres types de précipitation, comme les fortes chutes de neige ou la pluie verglaçante, peuvent entraîner les conséquences suivantes sur le projet :

- Les fortes chutes de neige peuvent avoir un impact sur les routes et les ponts, augmentant le risque d'accident, entraînant des fermetures de routes et ralentissant le transport des travailleurs et des ressources vers et depuis le site du projet.
- Les fortes chutes de neige peuvent accroître la charge sur les toits, augmentant ainsi le risque d'effondrement ou de défaillance des toitures.
- La neige dans la mine à ciel ouvert sera soit enlevée avec les matériaux excavés, soit laissée à fondre et drainée vers le puisard de la mine pour être enlevée par le système d'assèchement.
- Les pluies verglaçantes peuvent réduire l'efficacité des systèmes de drainage.
- L'accumulation de glace peut endommager les lignes de transport d'électricité et provoquer des coupures de courant, ce qui a un impact sur les opérations de l'ensemble du site.

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

4.1.2 Changements du régime hydrologique

Les changements du régime hydrologique peuvent avoir un impact sur le projet de la manière suivante :

- Les grandes accumulations de neige peuvent entraîner une augmentation des eaux de surface pendant les périodes de fonte, provoquant des inondations localisées. Une fonte rapide pendant la crue printanière peut entraîner un dépassement de la capacité des bassins de collecte et créer des déversements;
- Les sécheresses prolongées ou les précipitations extrêmes, exacerbées par le changement climatique, affectent directement la disponibilité et la qualité de l'eau pour les opérations minières;
- Des défis liés à la disponibilité en eau pour les opérations minières en raison de crues soudaines ou de pénuries.

4.1.3 Redoux hivernaux plus fréquents

L'augmentation de la fréquence des redoux hivernaux représente en enjeu majeur pour la durabilité des infrastructures. Les épisodes de gel-dégel dits « profonds » sont particulièrement dommageables, car ils surviennent lorsque la température moyenne demeure inférieure à 0 °C et que le sol reste gelé en profondeur. Dans ces conditions, l'eau de fonte s'infiltrant dans les fissures peut geler rapidement au contact d'un sol très froid, engendrant ainsi une expansion du volume qui accentue les pressions internes et cause des dégradations structurelles importantes (figure 4-1).



Figure 4.1 Représentation graphique des cycles gel-dégel profond et léger

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Les impacts potentiels de ces redoux fréquents comprennent notamment :

- Les événements de gel-dégel peuvent réduire et même rendre les systèmes de drainage inefficaces.
- Les cycles de gel-dégel pourraient affecter les infrastructures routières, ou les infrastructures extérieures, et raccourcir leur durée de vie.
- Les cycles de gel-dégel pourraient affecter les infrastructures routières et raccourcir leur durée de vie.

4.1.3.1 Effet de carbonatation combiné aux cycles de gel-dégel

Puisque la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est plus importante qu'auparavant, avec une exposition à long terme, l'effet combiné de la carbonatation et des cycles de gel-dégel amène à une accentuation de la progression du front de carbonatation et favorise la formation de fissures (Breyse, 2010). La carbonatation résulte d'une réaction chimique entre le CO₂ et l'hydroxyde de calcium présent dans le béton, formant du carbonate de calcium et de l'eau. Bien que cette réaction ne soit pas prise en compte dans la norme CAN/CSA-A23-19, ses impacts sur les structures sont bien réels. Selon Felix et coll. (2017), la profondeur de pénétration du CO₂ dans le béton peut induire une réduction de sa porosité, ce qui accroît le risque de corrosion de l'armature.

Les structures de béton construites au début des années 2000 sont particulièrement à risque. D'après les projections climatiques du GIEC, les effets de la carbonatation sur ces ouvrages pourraient devenir évidents d'ici la fin de la décennie (Al-Ameeri et coll., 2021). Il est pertinent d'observer que dans le scénario où la concentration de CO₂ atteindrait 550 ppm, pour une augmentation de la température globale de 2 °C, le risque de dommage causé par la carbonatation pourrait augmenter de 400 % d'ici 2100 (Stewart et coll., 2011). En Amérique du Nord, cet enjeu demeure peu documenté. Toutefois, il est reconnu que la diminution de la durée de vie du béton dépend de multiples facteurs, notamment les conditions environnementales ainsi que les caractéristiques intrinsèques du béton.

Les principales conséquences de la carbonatation sur le béton sont les suivantes :

- Corrosion prématurée de l'armature d'acier;
- Diminution des propriétés mécaniques (la résistance à la compression, à la traction et le module d'élasticité);
- La vitesse de carbonatation est influencée par de nombreux paramètres, mais les plus importants sont la perméabilité du béton et le taux d'humidité relative de l'air ambiant.

4.1.3.2 Mesures d'adaptation spécifiques

Les facteurs à considérer pour diminuer les stress climatiques sur le béton sont :

- Choisir une grande teneur en ciment dans le béton pour favoriser la durabilité du matériel. Un béton avec plus de ciment sera moins affecté par le CO₂, un fort dosage de ciment augmente la quantité de Ca(OH)₂ qui réagit au contact du CO₂ et qui ralentit la progression vers l'armature.
- 400 à 420 kg de ciment/m³ (35 MPa)

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

- Si possible, utiliser des « big bags » de ciment GUB-10SF qui aideraient à réduire la perméabilité lorsque comparé à un ciment 100 % GU.
- Diminuer le rapport eau/ciment.
 - Viser un maximum de 0,40.
 - Si possible, diminuer le ratio à 0,38. Cependant, une valeur aussi basse que 0,38 exige l'utilisation d'un bon superplastifiant afin d'augmenter l'affaissement, ce qui peut augmenter le prix.
- Puisque la fenêtre de travaux est courte dans la région du projet, en complément des sections 8.3 *Hot or Cold Weather Concreting* et 9.0 *Curing of Concrete*⁹, prévoir une surveillance importante du béton frais, et privilégier une cure longue.
 - Suggestion de 14 jours (l'idéal théorique étant de 28 jours) pour garantir une production d'hydrates optimale et un réseau de vide d'air mieux ajusté aux perturbations des cycles de gel dégel.
- La norme CAN/CSA-A23-19 pour les ouvrages de béton indique : « un enrobage ou un enduit protecteur plus important pourrait se révéler nécessaire dans les cas d'exposition à des produits chimiques industriels, à la transformation des aliments et à d'autres matériaux corrosifs. » Pour les surfaces de béton à proximité de l'exploitation minière donc, choisir le bitume comme revêtement (~50\$/5 gal US – couvre 635 pi² pour une durée de vie approximative de 10-20 ans) puis l'inspecter tous les 5 ans est judicieux pour limiter la perméabilité du béton et son exposition aux agents corrosifs.

4.1.4 Températures de l'air plus élevées

L'augmentation des températures peut avoir un impact sur le projet de la manière suivante :

- Augmentation de la demande de refroidissement des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (SCVC) des bâtiments, ce qui peut entraîner un refroidissement insuffisant pour maintenir en permanence les points de consigne des bâtiments afin d'assurer un niveau de confort adéquat pour le personnel;
- L'augmentation des températures de fonctionnement des équipements peut entraîner une augmentation des besoins de maintenance et des risques de défaillance;
- L'augmentation de l'évaporation peut entraîner une augmentation des poussières fugitives, ce qui a un impact sur la qualité de l'air;
- Augmentation du risque de feux de forêt;
- L'augmentation de l'évapotranspiration peut accélérer la réduction des niveaux d'eau dans les bassins de collecte et diminuer le volume d'eau à traiter avant d'être rejeté dans l'environnement.

⁹ Décrites dans *Appendix C – Concrete and Structural*, étude de faisabilité 2024

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

4.1.5 Feux de forêt plus importants

La région du Nord-du-Québec, incluant les secteurs de Mistissini, Lebel-sur-Quévillon et Chibougamau situés à environ 175 km du projet, est régulièrement confrontée à des feux de forêt d'envergure. La saison des feux de 2023 a été particulièrement marquante, établissant un record avec plus de 4,5 millions d'hectares brûlés à l'échelle provinciale. Parmi les incidents notables, l'incendie massif dans le secteur de Lebel-sur-Quévillon a résulté de la fusion de 19 foyers, ravageant près de 482 000 ha, ce qui en fait le plus grand feu jamais enregistré en zone de protection intensive (ZPI) au Québec (Courrier de Portneuf, 2023).

Ces événements ont entraîné l'évacuation de plusieurs communautés, notamment Mistissini, où environ 3 800 résidents ont été déplacés en juin 2023. De même, Chibougamau a dû évacuer l'ensemble de sa population de près de 8 000 personnes en raison de la proximité des flammes (Courrier de Portneuf, 2023).

Les feux de forêt présentent plusieurs risques pour le projet minier :

- Endommagement des infrastructures : La propagation rapide des incendies peut causer des dommages directs aux installations minières, entraînant des interruptions d'activités et des coûts de réparation substantiels;
- Risques pour la santé des travailleurs : La fumée dense générée par les feux contient des particules fines nocives, affectant la qualité de l'air et posant des risques pour la santé respiratoire des employés;
- Perturbation de la logistique : Les incendies peuvent entraîner la fermeture de routes essentielles, compliquant l'accès au site minier et perturbant la chaîne d'approvisionnement;
- Évacuations forcées : Comme observé en 2023, les situations d'urgence peuvent nécessiter l'évacuation rapide du personnel, interrompant les opérations et engendrant des pertes économiques.

Compte tenu de la fréquence et de l'intensité croissantes des feux de forêt dans la région, il est impératif d'intégrer des mesures de prévention et de gestion des risques dans la planification du projet minier. Cela inclut l'élaboration de plans d'évacuation, l'installation de systèmes de surveillance des incendies et la collaboration étroite avec les autorités locales pour assurer une réponse rapide en cas d'urgence.

5.0 Références

- AL-Ameeri, A. S. et coll. 2021. Impact of climate change on the carbonation in concrete due to carbon dioxide ingress: Experimental investigation and modelling. *Journal of Building Engineering*, 44, 102594. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102594>
- Breyse, D. 2010. Deterioration processes in reinforced concrete: an overview. In *Non-Destructive Evaluation of Reinforced Concrete Structures* (pp. 28–56). Elsevier. [En ligne] <https://doi.org/10.1533/9781845699536.1.28>
- Bussière, B. et coll. 2017. *Analyse de risques et des vulnérabilités climatiques pour le secteur minier québécois*. Rapport présenté au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Rouyn-Noranda, QC : Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (URSTM-UQAT), 331 p. [En ligne] <https://mrfn.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/analyse-changements-climatiques-secteur-minier.pdf>
- Cannon, A.J.; D.I. Jeong, X. Zhang and F.W. Zwiers. 2020. Climate-Resilient Buildings and Core Public Infrastructure: An Assessment of the Impact of Climate Change on Climatic Design Data in Canada. Government of Canada, Ottawa, ON. 160 p. [En ligne] https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/eccc/En4-415-2020-eng.pdf
- Courrier de Portneuf. 2023. *Une saison de tous les records pour la SOPFEU en 2023*. [En ligne] <https://www.courrierdeportneuf.com/2023/12/10/une-saison-de-tous-les-records-pour-la-sopfeu-en-2023>
- Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) et partenaires. 2025. Portail Données climatiques Canada. [En ligne] <https://donneesclimatiques.ca/>
- Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2020a. *Wind Speed Statistic Analysis – Wind Roses and Extreme Wind Speed Frequency*. Climate Québec. Electronic communication, December 2020, John Richard on behalf of ECCC. [En ligne] ec.climatQuebec-climateQuebec.ec@canada.ca
- Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) . 2020 b. Bâtiments et infrastructures publiques de base résistants aux changements climatiques 2020 : évaluation des effets des changements climatiques sur les données de conception climatique au Canada. [En ligne] <https://publications.gc.ca/site/fra/9.893023/publication.html>
- Eyring, V. et coll. 2016. *Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization*. Geosci. Model Dev., 9, 1937–1958. [En ligne] <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>.
- Felix, E. F.; Carrazedo, R.; Possan, E. 2017. Parametric analysis of carbonation process in reinforced concrete structures through Artificial Neural Networks. *Revista ALCONPAT*, 7(3), 302–316. [En ligne] <https://doi.org/10.21041/ra.v7i3.245>

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

- Global Tailings Review (GTR). 2020. *Global Industry Standard on Tailings Management*. Londres : ICMM, UNEP, PRI, 40 p. [En ligne] https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-industry-standard_EN.pdf
- Hausfather, Z. et coll. 2022. Climate simulations: recognize the 'hot model' problem. *Nature* 605, p. 26-29. [En ligne] <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01192-2>.
- Krantz, W. et coll. 2021. *Memorandum on Evaluating Global Climate Models for Studying Regional Climate Change in California*. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of California, Los Angeles, California, 24 p. [En ligne] https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2022-09/20220907_CDAWG_MemoEvaluating_GCMs_EPC-20-006_Nov2021-ADA.pdf
- Lavoie, J. et coll. 2024. An ensemble of bias-adjusted CMIP6 climate simulations based on a high-resolution North American reanalysis. *Scientific Data*, 11, n. 64, 14 p. [En ligne] <https://www.nature.com/articles/s41597-023-02855-z>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2021. *Les changements climatiques et l'évaluation environnementale : Guide à l'intention de l'initiateur de projet*. Québec, QC : MELCCFP, 84 p. [En ligne] <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/directive-etude-impact/guide-intention-initiateur-projet.pdf>
- Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD). 2025. *Tome III – Ouvrages d'art*. Québec, QC : MTMD. [En ligne] <https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits-en-ligne/ouvrages-routiers/normes/collection-normes/tome-iii-ouvrages-dart/>
- Paquin D. et coll. 2022. Portrait climatique régional en climat de référence et futur en soutien à l'analyse des impacts et de l'adaptation aux changements climatiques sur le territoire Eeyou Istchee Baie-James, du nord de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nunavik. Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec. Ouranos et INRS. Montréal, QC : Ouranos, 904 p. [En ligne] <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1279339.pdf>
- Rahimi, S.; Lei, H. 2022. *CMIP6 Downscaling Using WRF*. Alex Hall's Research Group. [En ligne] <https://dept.atmos.ucla.edu/alexhall/downscaling-cmip6>
- Roscoe Postle Associates Inc. (RPA). 2019. *Technical Report on the Troilus Gold-Cooper Mine Mineral Resource Estimate, Québec, Canada*. Toronto, ON : RPA, 144 p. [En ligne] <https://fr.troilusgold.com/resources/pdfs/technical-report.pdf>
- Stewart, M. G.; Wang, X.; Nguyen, M. N. 2011. Climate change impact and risks of concrete infrastructure deterioration. *Engineering Structures*, v. 33, n. 4, p. 1326-1337. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.01.010>
- West Consultants Inc. 2024. Nevada Irrigation District Plan for Water [En ligne] <https://www.nidwater.com/files/5456a4934/5A-Final.pdf> World Gold Council 2022. *Gold and*

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

climate change : Adaptation and resilience. [En ligne].

<https://www.gold.org/goldhub/research/gold-and-climate-change-adaption-and-resilience>

U.S. Army Corps of Engineers (USACE). 2023. HEC-HMS Hydrologic Modeling System, version 4.11 [Logiciel]. Davis, CA : U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC). [En ligne] <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

ANNEXE A Cartes des cycles de gel-dégel

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Cartes des cycles de gel-dégel pour les horizons 2011-2040 et 2041-2071, sous les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5, Portraits climatiques d'Ouranos

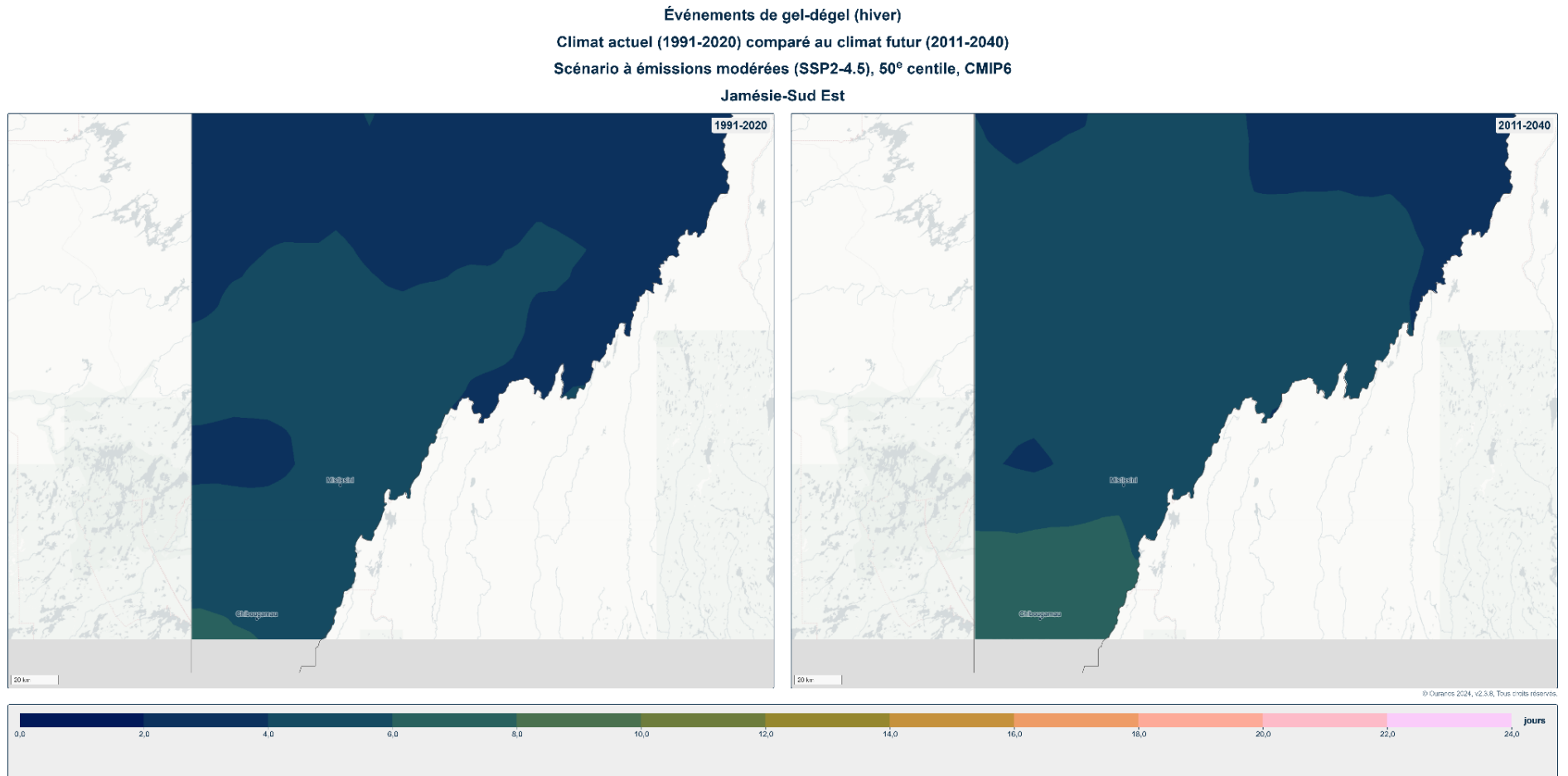


Figure A-1 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l'horizon 2011-2040 (SSP2-4.5)

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Événements de gel-dégel (hiver)
Climat actuel (1991-2020) comparé au climat futur (2011-2040)
Scénario à émissions très élevées (SSP5-8.5), 50^e centile, CMIP6
Jamésie-Sud Est

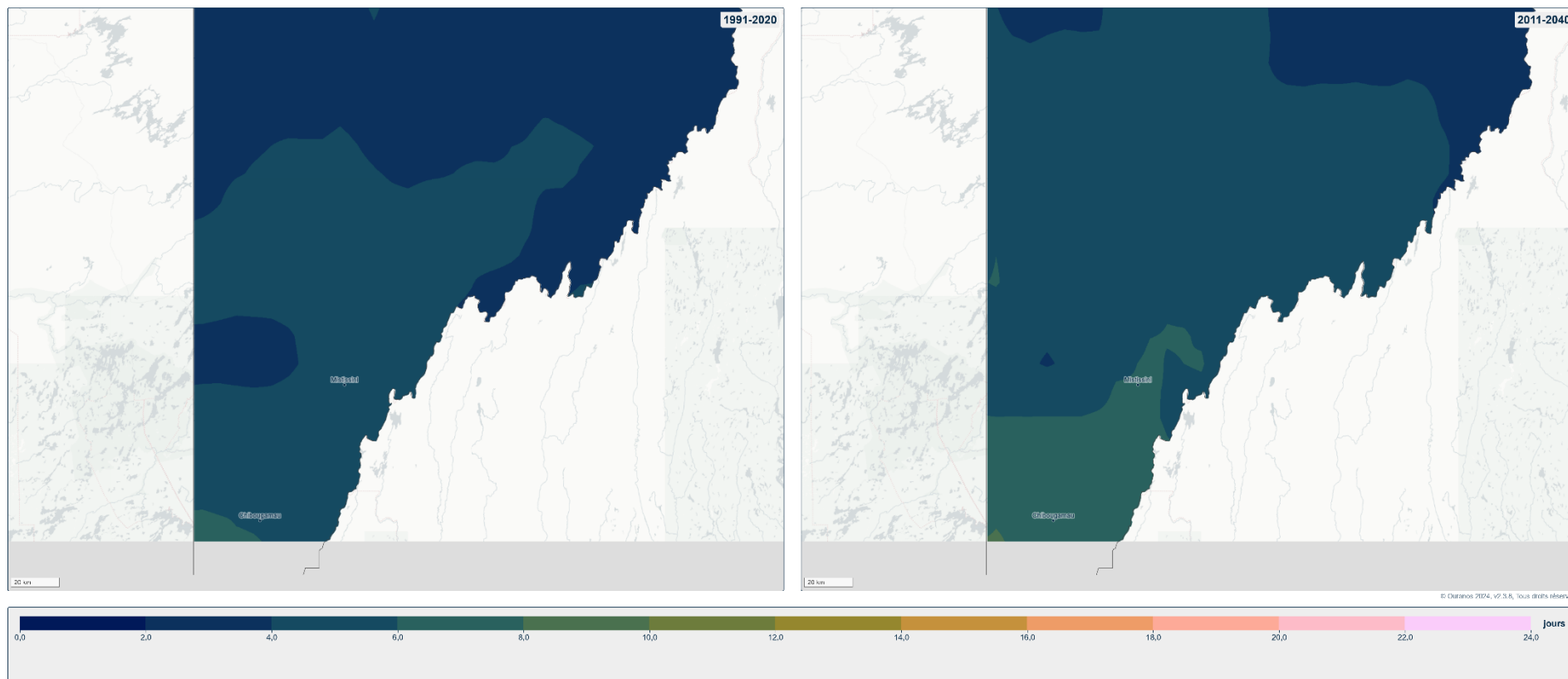


Figure A-2 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l’horizon 2011-2040 (SSP5-8.5)

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Événements de gel-dégel (hiver)

Climat actuel (1991-2020) comparé au climat futur (2041-2070)

Scénario à émissions modérées (SSP2-4.5), 50^e centile, CMIP6

Jamésie-Sud Est

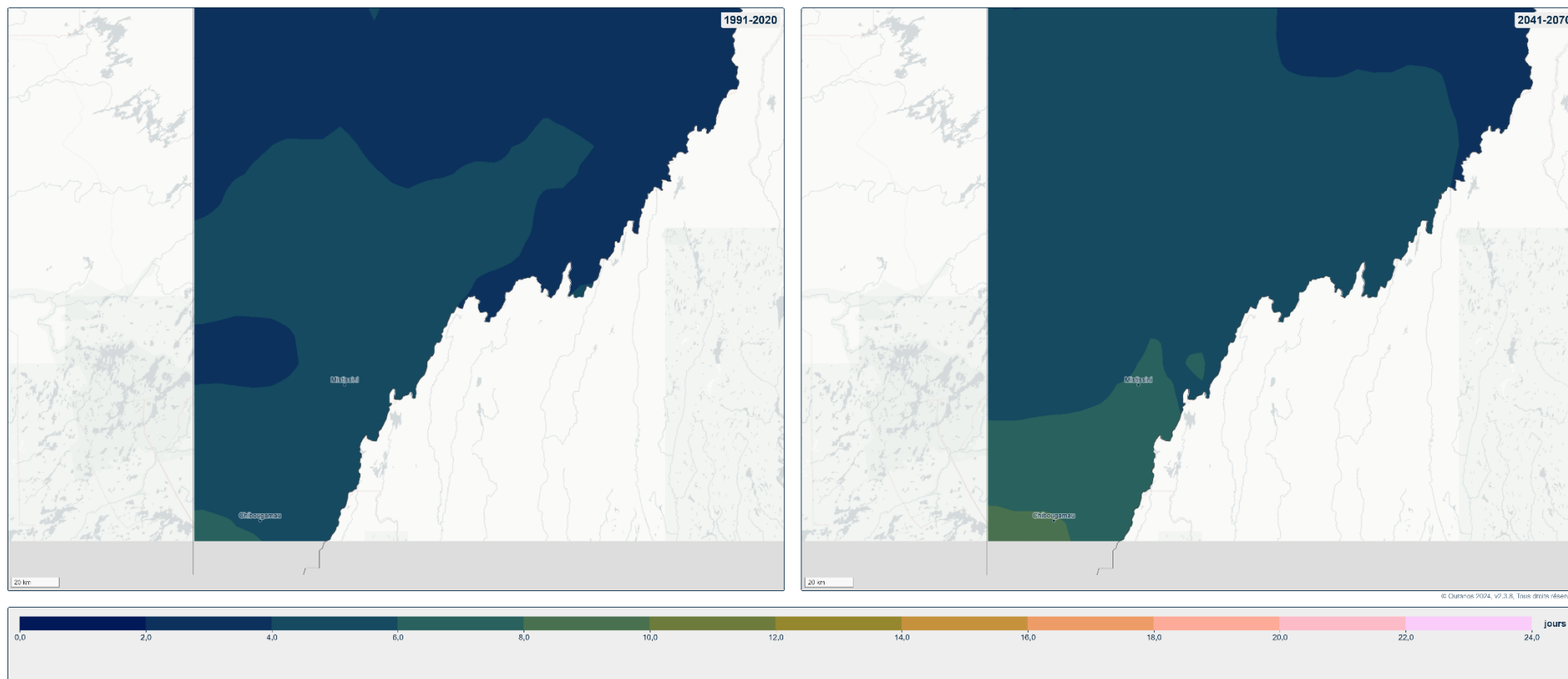


Figure A-3 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l'horizon 2041-2070 (SSP2-4.5)

Projet minier Troilus – Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet

Événements de gel-dégel (hiver)
Climat actuel (1991-2020) comparé au climat futur (2041-2070)
Scénario à émissions très élevées (SSP5-8.5), 50^e centile, CMIP6
Jamésie-Sud Est

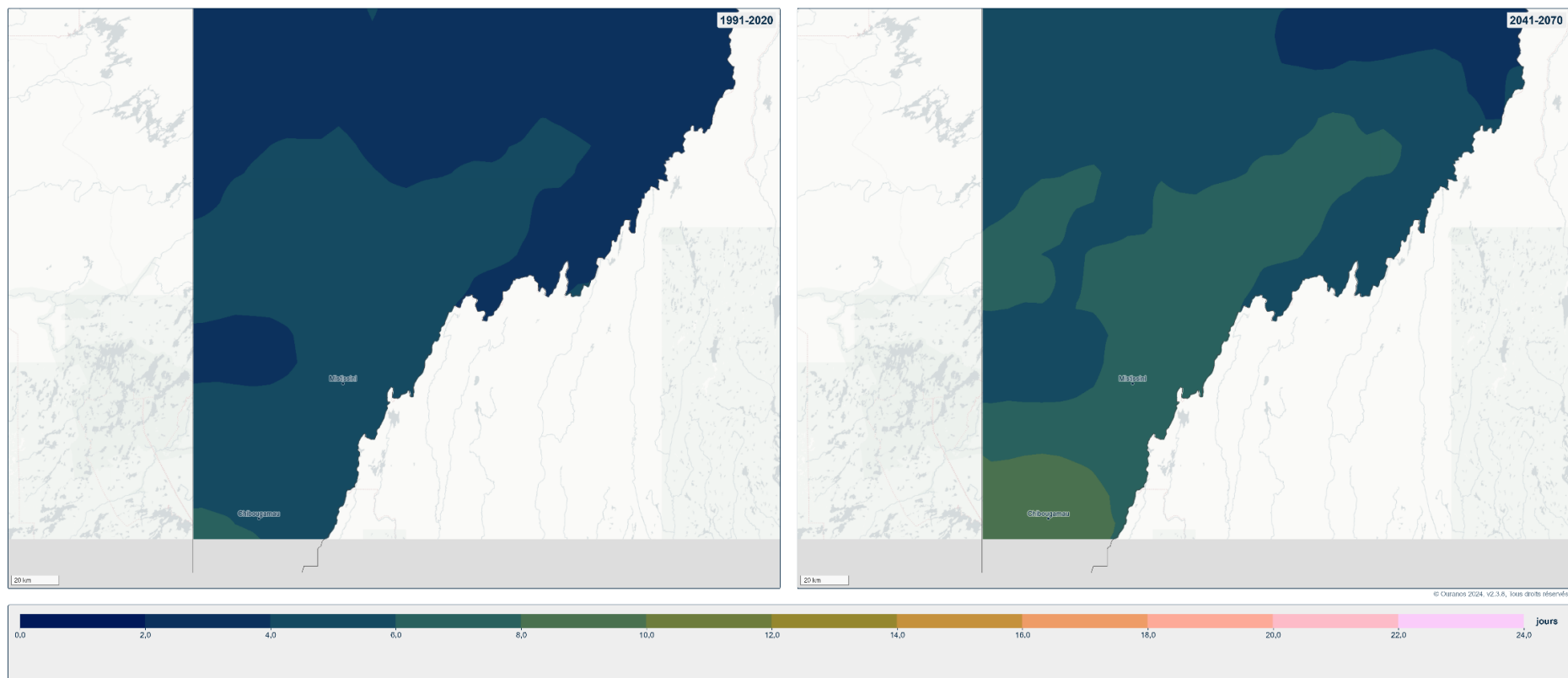


Figure A-4 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l'horizon 2041-2070 (SSP5-8.5)