



**Environmental and Social Impact
Assessment for the Troilus Mine Project**

PROJECT DESCRIPTION

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.	PROJECT DESCRIPTION	3.1
3.1	DEPOSIT	3.1
3.1.1	Deposit characteristics	3.1
3.1.2	Mineral Reserves	3.5
3.1.3	Mining Titles	3.5
3.2	MINING INFRASTRUCTURE	3.8
3.2.1	Mine Infrastructure	3.8
3.2.2	Operations Support infrastructure	3.14
3.2.3	Project Related Infrastructure	3.14
3.3	ORE EXTRACTION	3.16
3.3.1	Pit Mining	3.16
3.3.2	Drilling and Blasting	3.17
3.4	ORE PROCESSING	3.18
3.4.1	Infrastructure	3.18
3.4.2	Treatment Process	3.23
3.4.3	Use of Reagents	3.25
3.5	MANAGEMENT OF TAILINGS, MINE WASTE ROCK AND OVERBURDEN	3.25
3.5.1	Mine Tailings	3.25
3.5.2	Mine Waste Rock	3.28
3.5.3	Overburden	3.30
3.6	WATER MANAGEMENT	3.32
3.6.1	Water Collection	3.36
3.6.2	Water Treatment	3.40
3.6.3	Final Effluent	3.41
3.7	WATER BALANCE	3.42
3.8	RESIDUAL MATERIALS MANAGEMENT	3.44
3.8.1	3RV-E Policy	3.45
3.8.2	Composting	3.45
3.8.3	Recyclable Material	3.45
3.9	TRANSPORT AND STORAGE SITE FOR FUEL OR HAZARDOUS MATERIALS	3.46
3.10	INFRASTRUCTURE AND RELATED PROJECT	3.46
3.10.1	Temporary Concrete Plant	3.46
3.10.2	Bibou Creek Diversion	3.46
3.10.3	Access Road Deviation	3.47
3.10.4	Operational Support Road	3.48
3.10.5	Power Supply	3.48
3.10.6	Accommodation Infrastructure	3.50
3.10.7	Transportation	3.51
3.10.8	Sand Pit	3.53
3.11	MINE RESTORATION	3.54
3.12	PROJECT PHASE	3.54
3.12.1	Construction	3.54
3.12.2	Operations	3.55
3.12.3	Decommissioning and Closure	3.55
3.13	LABOUR REQUIREMENTS AND TRAINING	3.58
3.14	POLICIES	3.60
3.14.1	Diversity and inclusion	3.60

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.14.2	Code of Conduct	3.61
3.14.3	Workplace safety.....	3.62
3.15	SCHEDULE.....	3.62
3.16	POTENTIAL EFFECTS OF THE ENVIRONMENT ON THE PROJECT.....	3.65
3.16.1	Study Area Characteristics and Natural Hazards.....	3.66
3.17	TAKING CLIMATE CHANGE INTO ACCOUNT.....	3.72
3.18	REFERENCES.....	3.74

LIST OF TABLES

Table 3.1	Probable Mineral Reserves for the Troilus Project	3.5
Table 3.2	Surface Area of Mine Infrastructures.....	3.8
Table 3.3	Bionest System Treatment Performance by Manufacturer	3.16
Table 3.4	Troilus Pit Mining Sequence	3.17
Table 3.5	Description of Reagents and their Use.....	3.25
Table 3.6	Design Criteria for Slope Stability Analysis.....	3.27
Table 3.7	Volume of Tailings Stored in Various Structures	3.28
Table 3.8	Waste Rock Stockpile Storage Capacity of Project	3.30
Table 3.9	Overburden Storage Capacity.....	3.31
Table 3.10	Estimated Exfiltration Rates	3.36
Table 3.11	Groundwater infiltration in final pit configuration (m ³ /d)	3.38
Table 3.12	Sedimentation Basin Design Details	3.39
Table 3.13	Sump Design Details	3.39
Table 3.14	Average Volume of Water Discharged by Effluent.....	3.41
Table 3.15	Estimated Quantities and Types of Residual Materials Generated.....	3.45
Table 3.16	Power Demand Based on Updated List of Electrical Loads.....	3.49
Table 3.17	Propane Consumption and Tank Volume.....	3.49
Table 3.18	Estimated Transport Requirements.....	3.51
Table 3.19	List of Active Sand Pit.....	3.53
Table 3.20	Anticipated Workforce for the Troilus Project During the Operation Phase.....	3.58
Table 3.21	Sequence of Project Milestones.....	3.62
Table 3.22	Project Schedule.....	3.64

LIST OF FIGURES

Figure 3.1	Regional-Scale Geology of the Project.....	3.3
Figure 3.2	Geology at Local Project Scale	3.4
Figure 3.3	General Layout of the Primary And Secondary Crushers	3.20
Figure 3.4	Recovery and High-Pressure Crushing Area.....	3.21
Figure 3.5	General Layout of the Ore Processing Plant	3.22
Figure 3.6	Diagram of Ore Treatment Process.....	3.24
Figure 3.7	Example of a Waste Rock Stockpile Configuration.....	3.29
Figure 3.8	Example of an Overburden Stockpile Configuration	3.32
Figure 3.9	Tailing Storage Facility Water Treatment Process	3.41
Figure 3.10	Troilus Water Balance at Year 9 of Operation (Appendix C.14).....	3.43
Figure 3.11	Location of Available Non-Exclusive Leases in the Vicinity of the Troilus Site	3.53
Figure 3.12	Forest fires within a 100 km radius of the Troilus mine site	3.71

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

LIST OF MAPS

Map 3.1	Troilus Mining Titles	3.6
Map 3.2	Projected Mine Infrastructures	3.12
Map 3.3	Surface Water Management	3.34
Map 3.4	Mine Infrastructures at Closure	3.56

LIST OF APPENDICES

APPENDIX 3.1.....	ASSESSMENT OF THE POTENTIAL EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE PROJECT	
-------------------	--	--

Abbreviations and acronyms - Chapter 3

3RV-E	Réduction, réutilisation, recyclage, valorisation et élimination (Reduce, Reuse, Recycle, Valorisation and Elimination)
AEP	Annual Exceedance Probability
Ag	Silver
AGP	AGP Mining Consultants Inc.
ASD	Apatsiwin Skills Development
Au	Gold
Bi	Bismuth
BNE	Baux non exclusifs d'exploitation de substances minérales de surface (Non-Exclusive Mine Surface Mineral Substance Lease)
CaO	Calcium oxide (quicklime)
JBNQA	James Bay and Northern Quebec Agreement
CFP Baie-James	Centre de formation professionnelle de la Baie James (Vocational Training Center De La Baie-James)
CH ₄	Methane
CFU	Colony Forming Unit
CLIC	Centre logistique intermodal à Chibougamau (Intermodal Logistics Center of Chibougamau)
CMIP6	Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6
Cu	Copper
BOD	Biochemical Oxygen Demand
AMD	Acid Mine Drainage
DTH	Down-The-Hole hammer
ECCC	Environment and Climate Change Canada
EIJB	Eeyou Istchee James Bay
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment
FEGB	Frolet-Évans Greenstone Belt
gal	Gallon
GHG	Greenhouse Gas
IBC	Intermediate Bulk Container
H	Horizontal
HPGR	High Pressure Grinding Rolls
ICD	Indice de combustible disponible (Buildup Index)
ISO	International Organization for Standardization
kV	kilovolt
kVA	Kilovoltampere
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hour
LET	Lieu d'enfouissement technique (Engineered Landfills)
LEET	Lieu d'enfouissement en tranchée (Trench Landfill)
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement (Environment Quality Act)
LSA	Local Study Area

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

masl	Meters Above Sea Level
RHM	Residual Hazardous Materials
MELCC	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (Ministry of Environment, the Fight against Climate Change, Wildlife and Parks)
mg/l	Milligrams per liter
Mlbs	Millions of pounds
Mo	Molybdenum
Moz	Millions of ounces
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
Mt	Megatonne
MTMD	Ministère des Transports et de la Mobilité durable (Minister of Transport and Sustainable Mobility)
MVA	Megavoltampere
MW	Megawatt
Na ₂ CS ₃	Sodium trithiocarbonate
Na ₂ SO ₃	Sodium sulfite
TSF	Tailings Storage Facility
PAX	Potassium amyl xanthate
Pb	Lead
PAG	Potentially Acid-Generating
pH	Hydrogen potential
pk	Kilometric point
MDMER	Metal and Diamond Mining Effluent Regulations
RLRQ	Recueil des lois et des règlements du Québec
RSA	Regional Study Area
NRCan	Natural Resources Canada
SOPFEU	Société de protection des forêts contre le feu
SSP	Shared Socio-Economic Pathway
Te	Tellurium
TSM	Towards Sustainable Mining
TSS	Total Suspended Solids
US/lb	US dollars per pound
US/oz	US dollars per ounce
UV	Ultraviolet
V	Vertical
Zn	Zinc
ZnSO ₄	Zinc sulfate

3. Project description

The Troilus mining project involves the re-opening of the former Troilus gold-copper mine, which operated from 1996 to 2010 and was subsequently rehabilitated. The new mine is expected to produce an average of 244,600 ounces of gold (Au) annually for 22 years. Copper (Cu) and silver (Ag) will also be produced.

The Troilus mine site is located in the Nord-du-Québec administrative region, within the territory of the Eeyou Istchee James Bay Government. The site lies 76 km northwest of the Cree community of Mistissini, and approximately 125 km north of the town of Chibougamau. The mine site is located on Category III lands under the James Bay and Northern Quebec Agreement (JBNQA).

The mine site is easily accessible by road from the north at pk 108 via a 44-km access road. The project site is located in the Lac Albanel-Mistassini and Waconichi reserve, while the access road is in the Assinica reserve. Both wildlife reserves are managed by the Nibiischii Corporation.

The following sections describe the project's geological context, and the various infrastructures proposed for the new Troilus mining project. In addition to a description of the proposed infrastructure and ore treatment process, the management of the various materials produced, such as residual materials, mine tailings and wastewater, is also covered in this chapter. The information comes mainly from the feasibility study carried out in 2024; additional information is available in the feasibility study (AGP Mining Consultants Inc. [AGP], 2024).

The new Troilus mining project involves the following:

- Open-pit mining operations of four open pits (2 existing pits, 2 new pits).
- Development of waste rock, ore and overburden stockpiles.
- Expansion of the existing tailings storage facility (TSF).
- Reuse of the industrial sector for the construction of production infrastructures such as a 50,000 tonne-per-day ore processing plant, primary and secondary crushers, workshops, mechanical garages and other facilities.
- Establishment of a workers' camp within the area of the existing camp.
- Construction of water management structures such as a network of collection ditches, sedimentation pond, pumping ponds, clean water diversion structures and a water treatment plant.
- Reuse of open pits to store tailings from the ore treatment plant.
- Access road involving the deviation of approximately 5 km of the existing access road.
- Reuse of existing electrical substation and power line, involving the rerouting of approximately 4 km of power line to the mine site.
- Bibou Creek diversion over most of its length, i.e. approximately 9.7 km.

3.1 Deposit

3.1.1 Deposit characteristics

The Troilus gold-copper deposit is located in the eastern segment of the Frotet-Evans greenstone belt (FEGB), in the Opatica subprovince of Quebec's Superior province. The FEGB is largely dominated by tholeiitic basalts and magnesian basalts associated with felsic and intermediate calc-alkaline pyroclastic

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

rocks, lava flows and local ultramafic layers. Syn- to post-deformation gabbroic to monzogranitic plutonic rocks are present throughout the greenstone belt. The main mineralized zones on the Troilus property occur around the margins of the Troilus diorite and include the Z87, Z87S and J zones (including J4 and J5).

Other significant mineralized zones discovered to date include the northern continuity of the J zones, known as the Allongé Zone, and the southwestern margin of the metadiorite. Troilus is primarily a gold-copper (Au-Cu) deposit, but contains minor amounts of silver (Ag), zinc (Zn) and lead (Pb), as well as traces of bismuth (Bi), tellurium (Te) and molybdenum (Mo). Gold-copper mineralization at the Troilus deposit occurs in two distinct forms, disseminated and vein-hosted. Gold mineralization is spatially correlated with the presence of sulfides, although sulfide content is not directly correlated with gold and copper content. The dioritic breccia matrix, diorite and felsic dikes are the main host rocks for mineralized intervals.

The Troilus deposit is located in the northeastern region of the Frotet-Troilus domain and is hosted by volcanic and hypabyssal intrusive rocks of the Troilus Group in a region of intense deformation known as the Parker domain. It is located within the overturned northern limb of the Troilus isoclinal syncline, which was transposed by a series of northeast-southwest-striking thrust fault zones parallel to the main regional foliation and volcanic bedding.

The Troilus Group on the property is represented by a thick volcanic sequence, predominantly mafic to intermediate composition. Synvolcanic magmatism is marked by a series of gabbro and ultramafic sills (Figure 3.1). Figure 3.2 shows that the main lithotypes that make up the Troilus deposit region are a metadioritic pluton with brecciated margins, mafic to intermediate flows and volcanoclastic rocks, which are cut by multiple generations of felsic dykes. Late dykes of mafic composition and syn to post-tectonic granitic plutons crosscut all these rock types. Lithological contacts and a penetrating foliation are steeply inclined to the northwest.

The following descriptions of the main lithologies, alterations, mineralization and structural features are based primarily on descriptions and lithogeochemical studies from diamond drilling carried out from 2018 to 2022 by Troilus Gold Corp (Troilus), as well as contributions from work by Brassard (2018), Brassard & Hylands (2019), Diniz (2019), Laurentia Exploration (2018), and SRK (2018). More information on the geology of the study area is provided in section 5.2.2.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

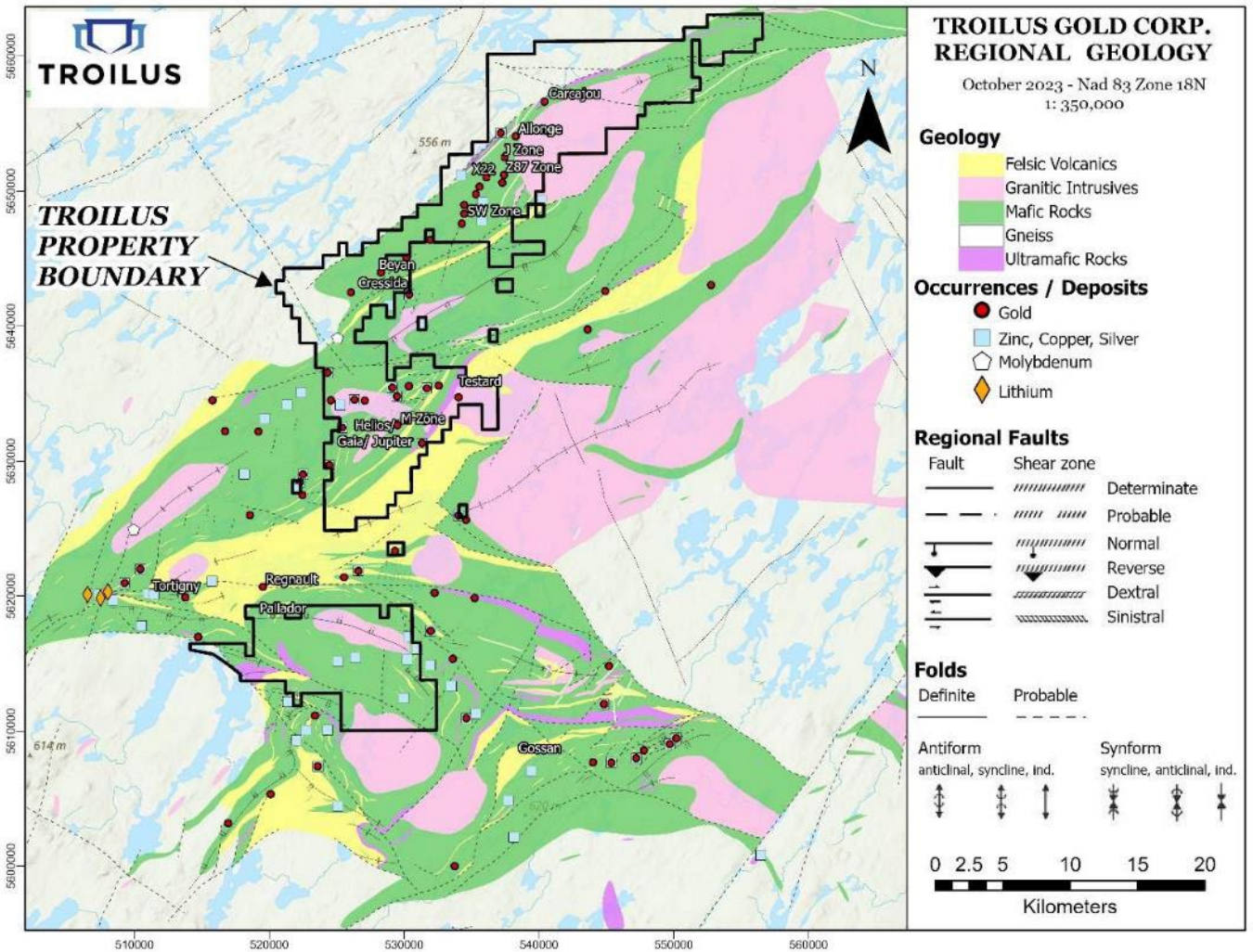


Figure 3.1 Regional-Scale Geology of the Project

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

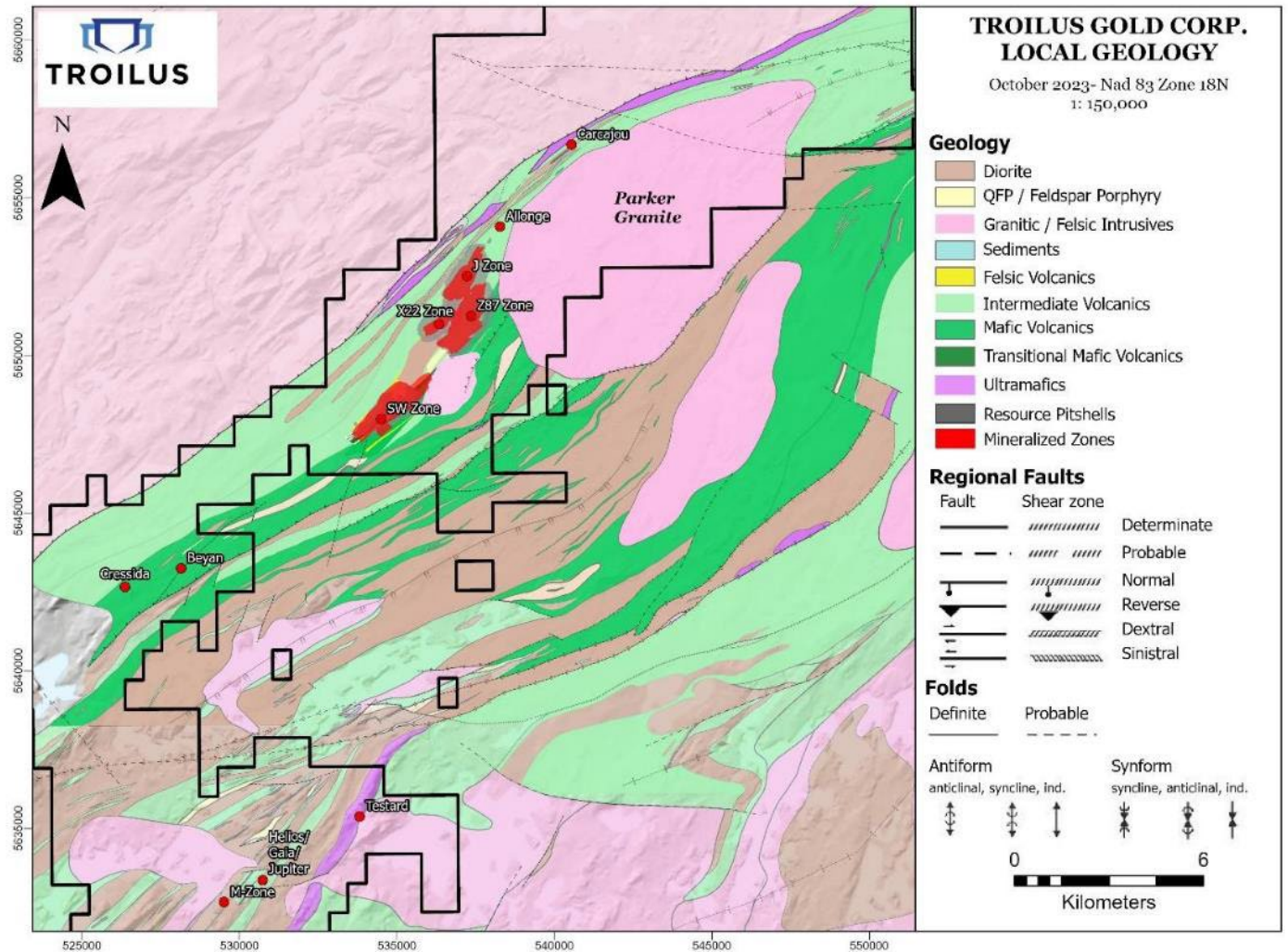


Figure 3.2 Geology at Local Project Scale

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.1.2 Mineral Reserves

The mineralized zones at the Troilus project are known as Archean porphyry-type deposits. Other interpretations of the deposits include superimposed, structurally controlled and "orogenic" gold deposits. Mineral reserves for the project are based on the conversion of measured and indicated mineral resources in the current mine plan in the J4, 87, X22 and Southwest open pits (AGP, 2024). No measured mineral resources are contained in these three resource models, so there will be no proven reserves. Indicated mineral resources are converted directly to probable reserves. Table 3.1 shows probable mineral reserves for metals of interest to the project.

Table 3.1 Probable Mineral Reserves for the Troilus Project

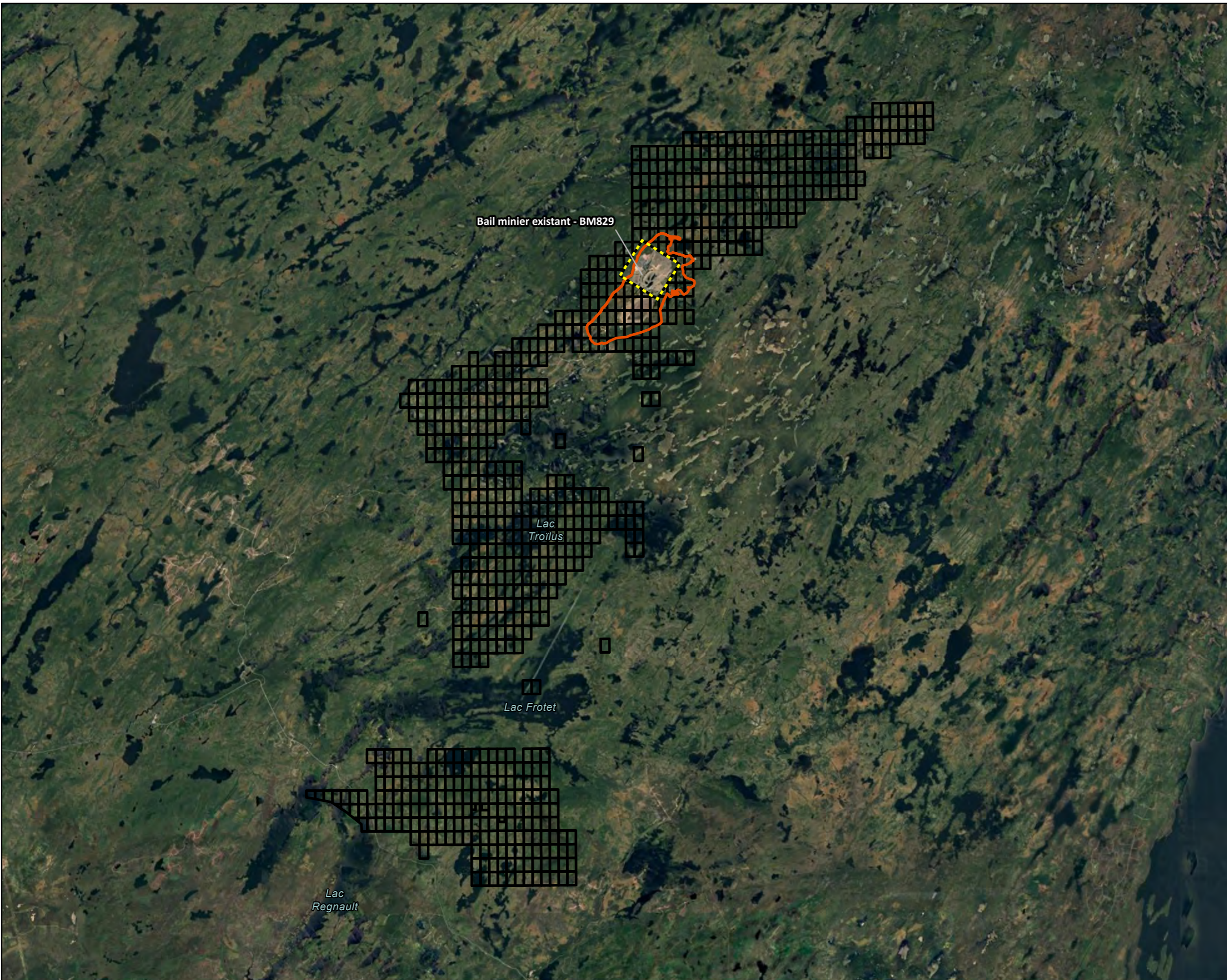
Reserve	Tonnage (Mt)	Grade					Metal content				
		At (g/t)	Cu (%)	Ag (g/t)	AuEq (g/t)	CuEq (%)	Au (Moz)	Cu (Mlb)	Ag (Moz)	AuEq (Moz)	CuEq (Blb)
Probable	380	0,49	0,058	1,00	0,59	0,39	6,02	484	12,15	7,26	3,24

Note: This mineral reserve estimate has an effective date of January 15, 2024, and is based on the October 2, 2023, mineral resource estimate for Troilus by AGP Mining Consultants Inc. The mineral reserve estimate was prepared under the supervision of Willie Hamilton, P.Eng. of AGP, who is a Qualified Person as defined by NI 43-101. Mineral reserves are indicated in the final pit plans on the basis of a gold price of US\$1,550/oz, a silver price of US\$20/oz and a copper price of US\$3.50/lb. An NSR threshold of C\$9.96 per tonne was used to define reserves. Life-of-mine operating costs averaged C\$3.99 per tonne mined, preliminary processing costs C\$8.02 per tonne of ore, and general and administrative costs C\$1.94 per tonne of ore placed. Metallurgical recoveries varied according to head grade and concentrate grades. Pit 87 recoveries for equivalent grades were 95.5%, 94.7% and 98.2% for gold, copper and silver, respectively. J-pit recoveries for equivalent grades were 93.1%, 89.3% and 88.9% for gold, copper and silver, respectively. Recoveries from the X22 pit for equivalent grades were 95.5%, 94.7% and 98.2% for gold, copper and silver, respectively. SW pit recoveries for equivalent grades were 85.7%, 91.5% and 85.6% for gold, copper and silver, respectively. The formulas used to calculate equivalent values are as follows: for the 87 pit $AuEq = Au + 1.5361 * Cu + 0.0133 * Ag$, for the J pit $AuEq = Au + 1.4849 * Cu + 0.0123 * Ag$, for the SW pit $AuEq = Au + 1.6535 * Cu + 0.0129 * Ag$, for the X22 pit $AuEq = Au + 1.5361 * Cu + 0.0133 * Ag$.




3.1.3 Mining Titles

The Troilus mining project site comprises 93 mining claims, as well as one existing mining lease (BM829) and three land use leases for various existing facilities covering 5,369 ha. The claims are divided into two blocks: the northern portion, which comprises the site of the historic and proposed mining project, and the southern portion, which comprises areas of mineral potential where no infrastructure is planned as part of the proposed project. The southern sector represents 720 claims covering 38,941 ha (map 3.1).

The proposed new Troilus mining project is essentially a continuation of the former Troilus mine, which operated from 1996 to 2010. The mining areas are divided into two sectors: the sector comprising the 87 pit, the J4 pit and the new X22 pit, and the Southwest pit sector, which was discovered in 2020.



LÉGENDE / LEGEND

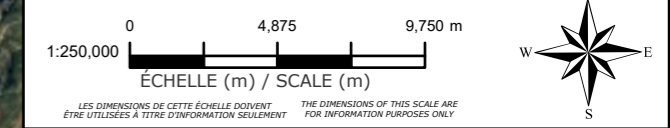
-  Zone de développement du projet / Project development area
-  Titres miniers actifs de Troilus / Active Troilus Mining Titles
-  Bail Minier Existant BM829 / Existing Mining Lease BM829

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

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

RÉFÉRENCES/REFERENCES
 Bail Minier: SISEM, 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
-----------------------------	-------------------	---------------

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.2 Mining Infrastructure

Infrastructure is presented in three sections: 1) mine infrastructure, including open pits, tailings storage facility (TSF), waste rock, ore and overburden piles; 2) operations support infrastructure, including the ore processing plant, administrative and mechanical buildings, and workers' camp; and 3) project related infrastructure (Map 3.2). Table 3.2 shows the current surface area of infrastructure, as well as the projected surface area at the end of operations.

3.2.1 Mine Infrastructure

3.2.1.1 Open Pit

The new Troilus mining project is divided into 2 mining areas comprising 4 open pits. The existing 87 and J4 pits will be enlarged, and the development of the X22 pit to the west of the 87 pit is also planned. At the end of operations, these three pits will merge at the surface. Another mining area is planned, the southwest sector, including the southwest pit. Table 3.2 shows the current and projected surface areas of the infrastructure at the end of operations.

Table 3.2 Surface Area of Mine Infrastructures

Infrastructure	Current Area (ha)	Projected Area (End of Operations) ha	New Development	Approximate Proportion of Infrastructure to be Built in a Non-Impacted Area
Pit 87	50	395	Partially	≤15 %
J4 pit	20		Partially	≤ 20 %
Pit X22	-		Yes	~80 %
Southwest pit	-	66	Yes	100 %
Tailings Storage Facility	340	472	No	~10 %
Waste Rock Stockpile 87	92	244	Partially	~15 %
West Waste Rock Stockpile	-	193		100 %
South-West Waste Rock Stockpile	-	71	Yes	~30 %
Super* Waste Rock Stockpile	-	273	Yes	100 %
West Overburden Stockpile	-	12	Yes	0 %
Overburden Stockpile 87-1	-	12	Yes	100 %
Overburden Stockpile 87-2	-	24	Yes	~80
Northwest Overburden Stockpile	-	36	Yes	100 %

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Infrastructure	Current Area (ha)	Projected Area (End of Operations) ha	New Development	Approximate Proportion of Infrastructure to be Built in a Non-Impacted Area
Southwest Overburden Stockpile	-	34	Yes	100 %
Ore storage area (ROM pad)	-	39**	Yes	0 %
Ore Stockpile 1	-	17	Yes	0 %
Ore Stockpile 2 (Low Grade)	-	61	Yes	100 %

* Part of the Super waste rock pile will be built over the South-West waste rock pile, the West waste rock pile and the South-West pit.

** Ore storage area includes Ore Pad 1.

3.2.1.2 Storage Areas

Storage areas for overburden from site preparation work will be located close to developments that will have to be restored and revegetated at the end of their operations. This will facilitate the gradual restoration of infrastructure at the end of its useful life, as will be the case for TSF after year 10.

The J4 waste rock piles and part of the 87 west waste rock stockpile currently on site will be relocated to be used as material for raising the TSF dyke. The east waste rock pile 87 that will not be moved will be reused to store waste rock from the new operation.

Ore storage areas will be built close to the industrial area. Ore stockpile 1 will be built on top of a ROM PAD foundation to ensure a constant supply of ore to the mill. The other ore stockpile, ore stockpile 2, will act as a low-grade ore stockpile. This ore will be fed to the mill in the last year of operation.

Storage areas for tailings from the ore processing plant will be the existing TSF for the first ten years of operation, after which tailings will be stored in the Southwest, J4 and 87 pits in sequence after they are mined.

The existing tailings facility will be expanded to accommodate an additional 169 million tonnes of tailings. The raising of the TSF will take place simultaneously with the construction of the west waste rock stockpile. This will increase the geotechnical stability of the TSF dyke. It was decided to proceed with a downstream raise construction method for the raises, rather than a centerline raise construction method. This decision was taken to provide greater storage capacity for the TSF and to improve the dyke's stability.

The materials needed to raise the TSF dyke are available on the existing site. They will come from material excavated during preparatory work and from the relocation of existing waste rock piles and extraction of waste rock planned over the life of the mine.

An assessment of the considerations, constraints or conflicts likely to restrict or prevent raising the dyke has been carried out (see Appendix C.12 of this Environmental and Social Impact Assessment [ESIA]).

This study includes an assessment of the following points:

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

- Layout and capacity;
- Deposition planning;
- Infiltration, stability and deformation analyses;
- Compatibility of filters with materials;
- Water balance;
- Risk assessment.

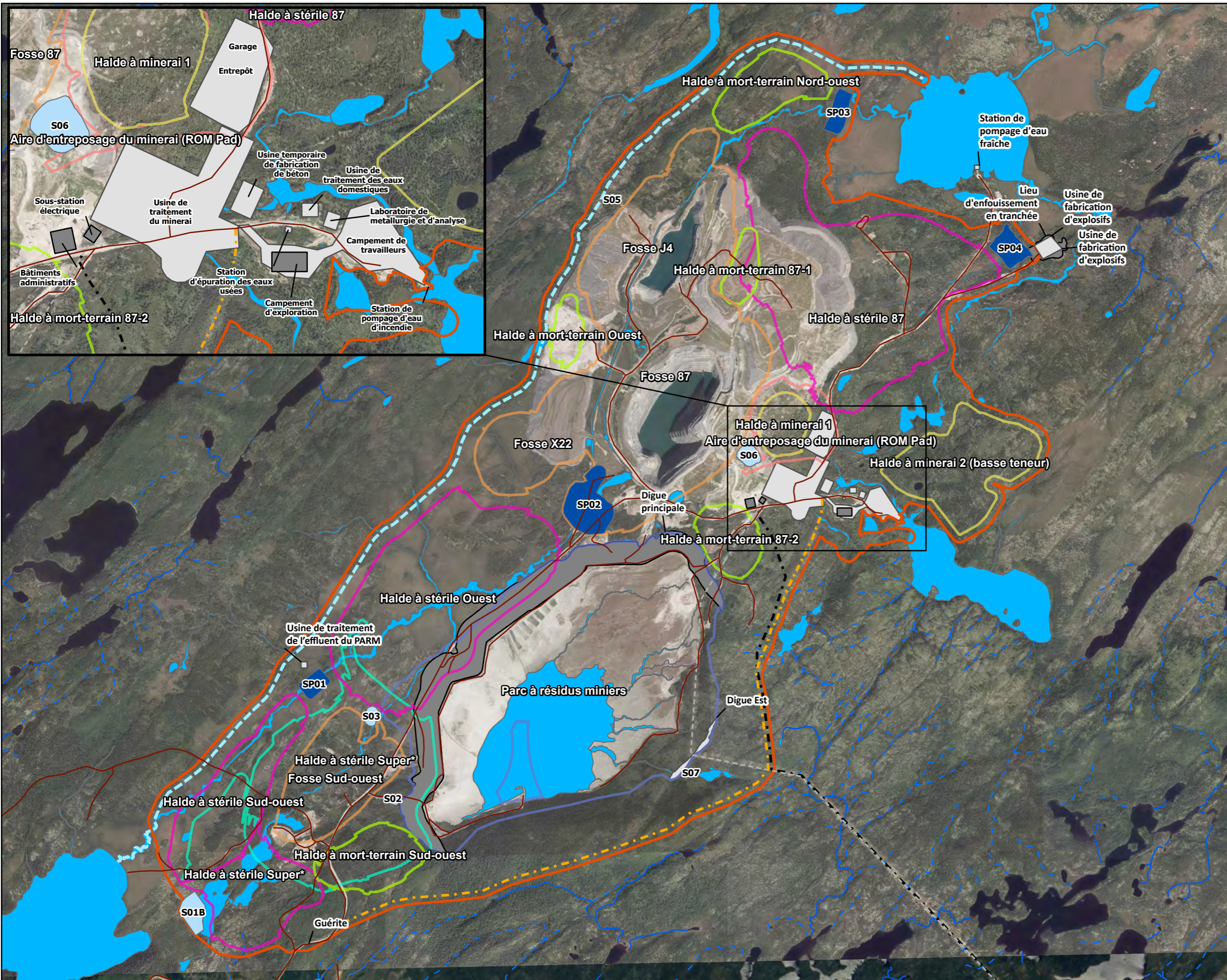
A stability assessment of other facilities such as waste rock stockpiles and overburden piles was also carried out (Appendix C.10 of the ESIA report).

Based on the results of the stability analyses, the following stockpile criteria were suggested:

- Waste rock pile: Overall slope 2.5H:1V, inter-bench height 20 m, bench width 20 m.
- Overburden pile: Overall slope of 3H:1V, inter-bench height of 10 m and bench width of 13 m.
- Low-grade ore stockpile: overall slope of 2.5H:1V, inter-bench height of 20 m and bench width of 20 m.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION



- 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

ÉCHELLE (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

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.2.2 Operations Support infrastructure

All historical mining operations infrastructure was dismantled in 2009-2010 following the shutdown of operations, with the exception of the electrical substation and a few small buildings in the industrial sector: storage garage, pumping station, administration building. In general, all operations support infrastructure will have to be rebuilt or modified for the new project.

The list below describes the planned operations infrastructure:

- Dome for crushed ore stockpile
- Ore processing plant
- Effluent treatment plant for the TSF
- Administrative buildings
- Gatehouse with first-aid clinic
- Metallurgy laboratory
- Warehouse and mechanical garage
 - Truck washing facility
 - Mine warehouse
 - Fuel management facility
 - Mine truck store and warehouse
 - Explosives warehouse
- Residual hazardous materials warehouse
- Explosives manufacturing plant
- Fuel storage area for mine trucks and light vehicles
- Worker camp;
 - Domestic water treatment plant.

In general, site buildings will be adapted modular industrial structures.

3.2.3 Project Related Infrastructure

The Troilus site already includes several infrastructures that will be reused as part of the new project, such as the access road from the Route du Nord, the 161 kV transmission line supplying the site, the 50 MW electrical substation, part of the collection ditch network and two sedimentation ponds that could be reused for the construction period.

As part of the new project, approximately 40 km of the access road will be reused. The last section will have to be diverted to the east to avoid future infrastructure. The last four kilometers of the power line to the mine site will also have to be relocated to accommodate the future raising of the tailing storage facility. The route of these two infrastructures is shown on Map 3.2. All mining infrastructures will include their own collection ditches or drainage network.

The following project-related infrastructure will be required:

- 4 km of new 14-meter-wide access road connecting the access road to the mine site.
- Network of access roads between the proposed infrastructure and the industrial sector.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

- 4 km of new power line to accommodate the expansion of the TSF.
- 4 sedimentation ponds (SP01 to SP04).
- 2 clean water diversion channels (including Bibou Creek diversion).
- Contact water collection ditches.
- 7 sumps.
- A freshwater pumping station to supply the ore processing plant, with buried piping already in place;
- Wastewater treatment plant;
- Temporary concrete plant.

3.2.3.1 Drinking Water Supply and Treatment

Drinking water supply will be provided in the same way as for the historic operation, i.e. via underground wells installed located in the camp area. Drinking water requirements do not differ significantly from historical consumption. Two supply wells (PU-4 and old well camp) are currently in place and are scheduled to be reused for drinking water supply. The two wells have a supply capacity of 81.6 m³/d and 41 m³/d respectively, according to pumping tests carried out.

During the construction phase, the maximum potable water demand is estimated at 116 m³/d.

During the operation phase, drinking water demand is estimated at 50 m³/d.

No treatment of water from underground wells is planned, based on historical and current analytical results.

3.2.3.2 Domestic Wastewater Treatment

Domestic wastewater from the camp and industrial sectors will be conveyed to the wastewater treatment plant, where it will be treated by Bionest's KODIAK™ treatment system. Anticipated wastewater treatment flows will be almost identical to drinking water requirements, i.e. around 116 m³/d during the construction phase and 50 m³/d during operation.

The KODIAK™ treatment system uses a synthetic medium on which a microbial culture responsible for biological treatment settles. The medium is a non-toxic polymer ribbon, etched to facilitate the implantation of the purifying biomass.

The advantages of this treatment system are as follows:

- Very high treatment performance;
- Simple and robust system;
- Modular and mobile system;
- Clear and odorless effluent;
- Medium does not require replacement
- Easy to install;
- Low operating and maintenance costs.

Water quality at the point of discharge is expected to meet surface discharge standards, so the planned discharge point will be a small watercourse located north of the camp area. In fact, the KODIAK_{MC} Bionest

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

treatment systems should provide effluent that complies with Quebec discharge standards for a biological membrane reactor-type treatment plant and could therefore be discharged in surface water. In addition, the concentration of fecal coliforms in the effluent can be reduced to 2 mg/l with the addition of a UV disinfection unit.

Table 3.3 Bionest System Treatment Performance by Manufacturer

	Biochemical Oxygen Demand BOD ₅ C (mg/l)	Total Suspended Solids (mg/l)	Fecal Coliforms (UFC/100 ml)
Bionest* system	4	3	4 000
Quebec discharge standard	15	15	50 000

*Results obtained under NQ 3680-910 certification.

The verified wastewater treatment technologies and their advantages and disadvantages are discussed further in the Project Alternatives section.

3.3 Ore Extraction

3.3.1 Pit Mining

Operations at the Troilus mining project will consist of mining waste rock and ore from the existing 87 and J4 open pits, as well as from the two new open pits, Southwest and X22. The Southwest and X22 pits are adjacent to the 87 pit, and at the end of operations, they will form a single pit, which is represented by the name 87 pit on the map (Map 3.2). Waste rock will be extracted and stockpiled on nearby stockpiles. There will be 1,171 Mt of waste rock to stockpile, and the overall stripping ratio for the mine is 3.1:1.

A maximum descent rate of nine benches per year per phase has been applied for open-pit mining to ensure that reasonable mining operations and mill feed control can take place.

The main loading units will be 34 m³ hydraulic shovels. Additional loading will be carried out by 23 m³ loaders. Transport trucks will be conventional 229-tonne trucks.

Annual production is expected to be 18.3 Mt totalling 380 Mt grading 0.49 g/t gold, 0.058% copper and 1.0 g/t silver over a 22-year mine life.

The current mine life includes two years of construction followed by 22 years of operation. In the final year (year 22), pit mining will be completed, but the mill will continue to be fed by ore stockpiled in Ore Pile 2. The mining sequence is shown in Table 3.4.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Table 3.4 Troilus Pit Mining Sequence

Year	Material Extracted by Source (Mt)										Total
	87 pit				J pit		Southwest pit		X22 pit		
	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 Drilling and Blasting

Drilling will be carried out using down-the-hole (DTH) hammers fitted with a 203 mm drill bit, enabling 10-meter-high benches to be drilled in a single pass. Only emulsion explosives will be used due to the expected wet conditions.

A total of 480,746 tonnes of emulsion explosives are expected to be used over the 22 years of operation, for an annual average of 20,902 tonnes.

Construction of the explosives manufacturing plant and warehouse will be the responsibility of the selected specialist contractor. The final site will be chosen in compliance with the minimum distances imposed by current safety and building codes. The property will be surrounded by a reinforced security zone equipped with sophisticated control and surveillance devices to ensure constant vigilance.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Protective berms and accident barriers will be strategically installed to limit spread in the event of an incident. Production, storage and processing buildings will be designed to strict standards of fire resistance, electrical discharge prevention, effective ventilation and fire safety systems, guaranteeing their integrity and the safety of personnel.

Access to the site will be strictly controlled, with entry points reserved for authorized personnel, to limit any risk of intrusion. Additional security measures will be deployed throughout the construction and operation phases, ensuring strict compliance with current regulations.

In addition, the contractor will be required to comply with all the requirements of the Explosives Regulations 2013, particularly in terms of transportation, storage, tracking and communication systems.

3.4 Ore Processing

The plant has been designed for a nominal throughput of 50,000 t/d (dry) at a nominal grade of 0.74 g/t gold, 1.50 g/t silver and 0.09% copper, and at average grades of 0.49 g/t gold, 1.00 g/t silver and 0.06% copper for the entire mine life.

Expected recoveries for silver, gold and copper for all zones combined over the mine life are 91.9% Ag, 92.7% Au and 91.8% Cu. For a total recovery of 9.45 Moz of silver, 5.38 Moz of gold and 381.8 Mlbs of copper over the 22 years of planned operation.

3.4.1 Infrastructure

Figures 3.3 to 3.5 show the planned layout of the following infrastructure: primary crushing, secondary crushing and crushed ore stockpile (Figure 3.3), recovery zone and high-pressure grinding (Figure 3.4) and the ore processing plant (Figure 3.5). The main areas of the plant are as follows:

- Crushing and classification zone;
- Gravimetric circuit;
- Regrinding circuit;
- Flotation circuit;
- Concentrate treatment;
- Gold extraction room;
- Tailings thickener;
- Water service;
 - Fresh water from Lake A;
 - Raw water from TSF pond and SP02;
- Reagent storage building.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Grinding will take place in an enclosed steel-framed building resting on a concrete foundation, equipped with overhead cranes and maintenance cranes. It will comprise two parallel grinding lines, each containing a ball mill and hydrocyclones. The mills will rest on independent concrete foundations.

The flotation building will be located next to the plant building, on the south-west side. It will comprise a flotation circuit (roughing, cleaning and dewatering), a concentrate regrinding circuit, a concentrate thickener and water tanks. The building will be enclosed with a metal frame structure resting on a concrete foundation and will be equipped with maintenance overhead cranes. It will have an area of around 3,950 m² and will house the tailings thickener's underflow pumps and various other water pumps. The 65 m diameter tailings thickener and process water tank will be located outside the building in a concrete containment area.

The concentrate treatment building will be an extension of the flotation building on its southeast side. It will house a concentrate filter feed tank, a filtrate tank and a concentrate pressure filter. The building will also include a truck passageway where concentrate will be loaded via a front-end loader.

The building housing the combined gravity circuit and gold extraction room will also be an extension of the flotation building, on its northeast side. It will include several gravimetric concentrators, shaking tables, a drying furnace, a diesel melting furnace and a vault.

The reagent storage building will be located to the northwest of the flotation building. All storage tanks, steel structures and pumps will rest on a large concrete slab on the ground.

The Troilus plant will process copper and gold ore from the four deposits by crushing, grinding and flotation to produce a copper concentrate with gold and silver.

The processing flowsheet is similar to the original Troilus circuit but has been updated to provide a low-energy-cost processing system while maximizing gold and copper recoveries. The main criteria for equipment selection are:

- Functionality, safety, reliability and ease of maintenance.
- The layout of the process plant facilitates access to all equipment for operation and maintenance needs, while maintaining a layout that reduces operation, and maintenance costs and facilitates construction progress in several areas simultaneously.

The main plant design criteria are as follows:

- Nominal rate of 50,000 t/d (dry).
- Primary and secondary crushing circuit with 75% availability.
- A large covered stockpile provides back-up capacity between secondary crushing and the rest of the plant.
- High-pressure grinding rolls (HPGR) are used for tertiary crushing, followed by ball milling, with an availability of 88%.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

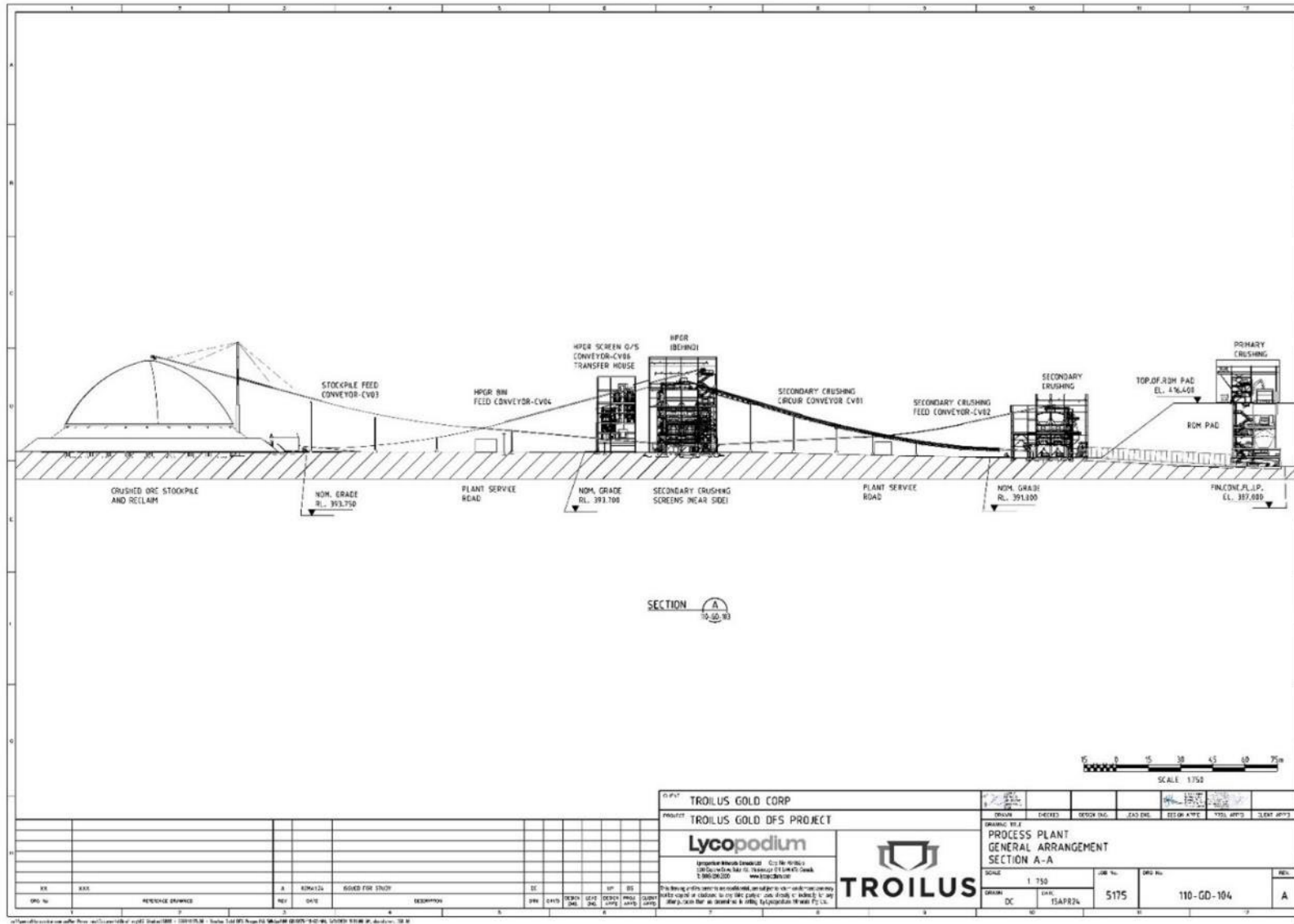


Figure 3.3 General Layout of the Primary And Secondary Crushers

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

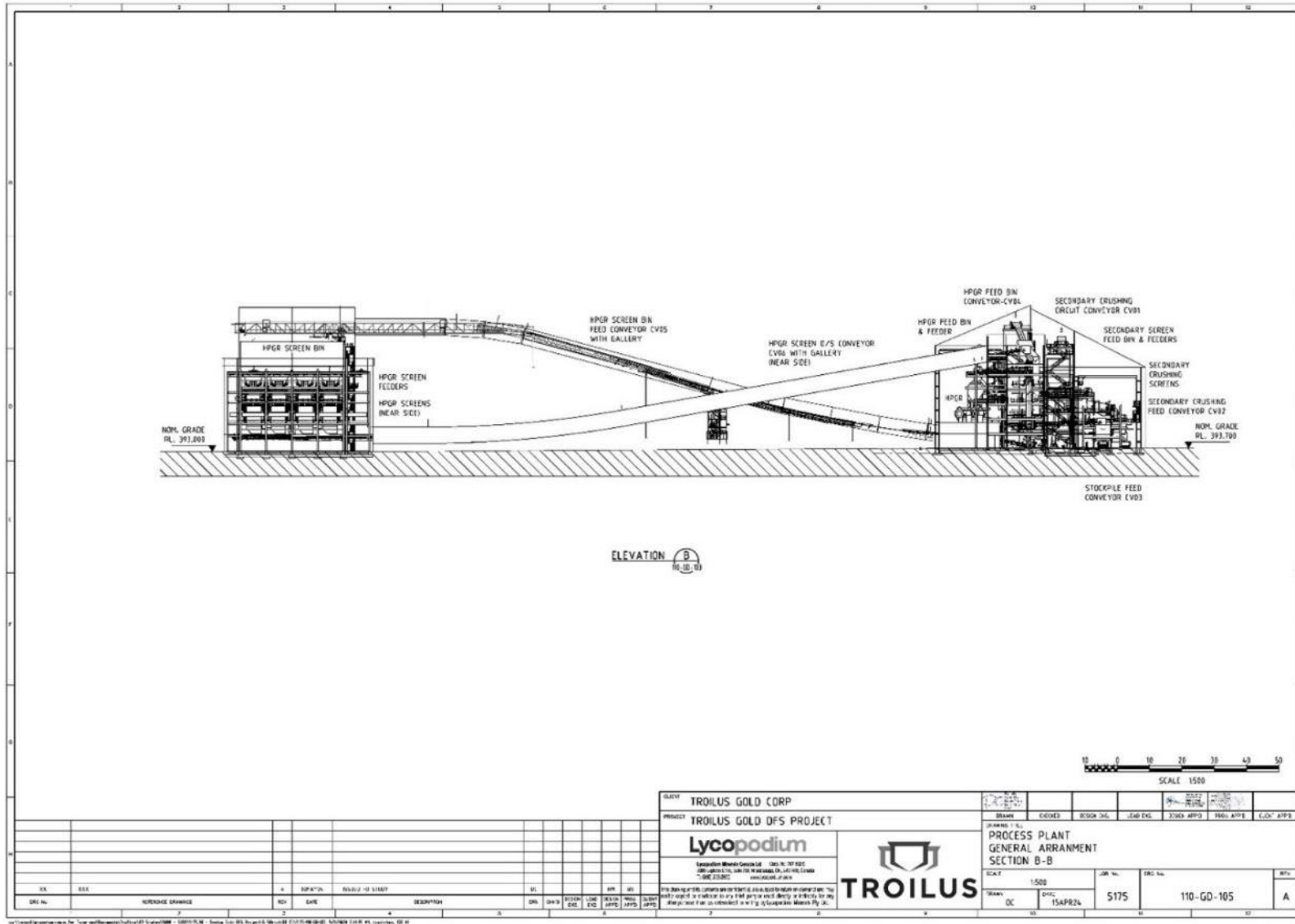


Figure 3.4 Recovery and High-Pressure Crushing Area

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

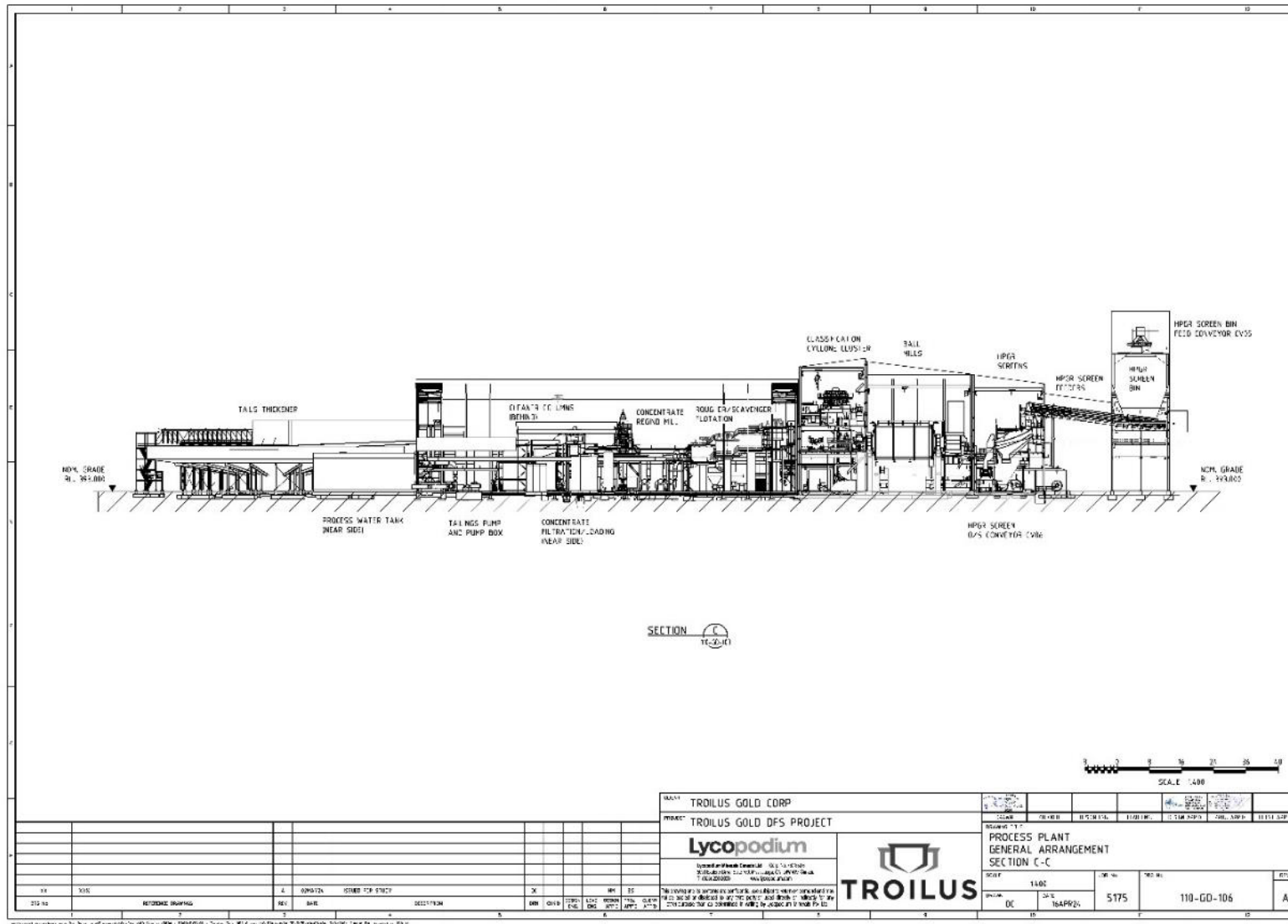


Figure 3.5 General Layout of the Ore Processing Plant

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.4.2 Treatment Process

The treatment process comprises the following stages (Figure 3.6):

- Two-stage crushing using an open-circuit gyratory crusher followed by two parallel closed-circuit secondary cone crushers to produce a -45 mm crushed product for feeding to the HPGR below. The crushed ore will be stored in a covered stockpile.
- A single HPGR operating in a closed circuit with four parallel vibrating screens to produce a -5 mm product for the ball mills.
- Grinding and classification in two parallel closed ball mill circuits, with the possibility of coarse gravimetric concentration and sweeping in the future.
- Bulk flotation to produce a primary copper concentrate.
- Bulk concentrate milling in an open circuit configuration, with the possibility of gravimetric mill concentration in the future.
- Bulk cleaning flotation, using three stages of column flotation cleaning.
- Thickening and filtration of the final copper concentrate.
- Smelting of gravimetric concentrates from the recovery circuit to produce gold ingots in the future.
- Thickening of combined flotation tailings and disposal in a tailing storage facility (TSF and pits).

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

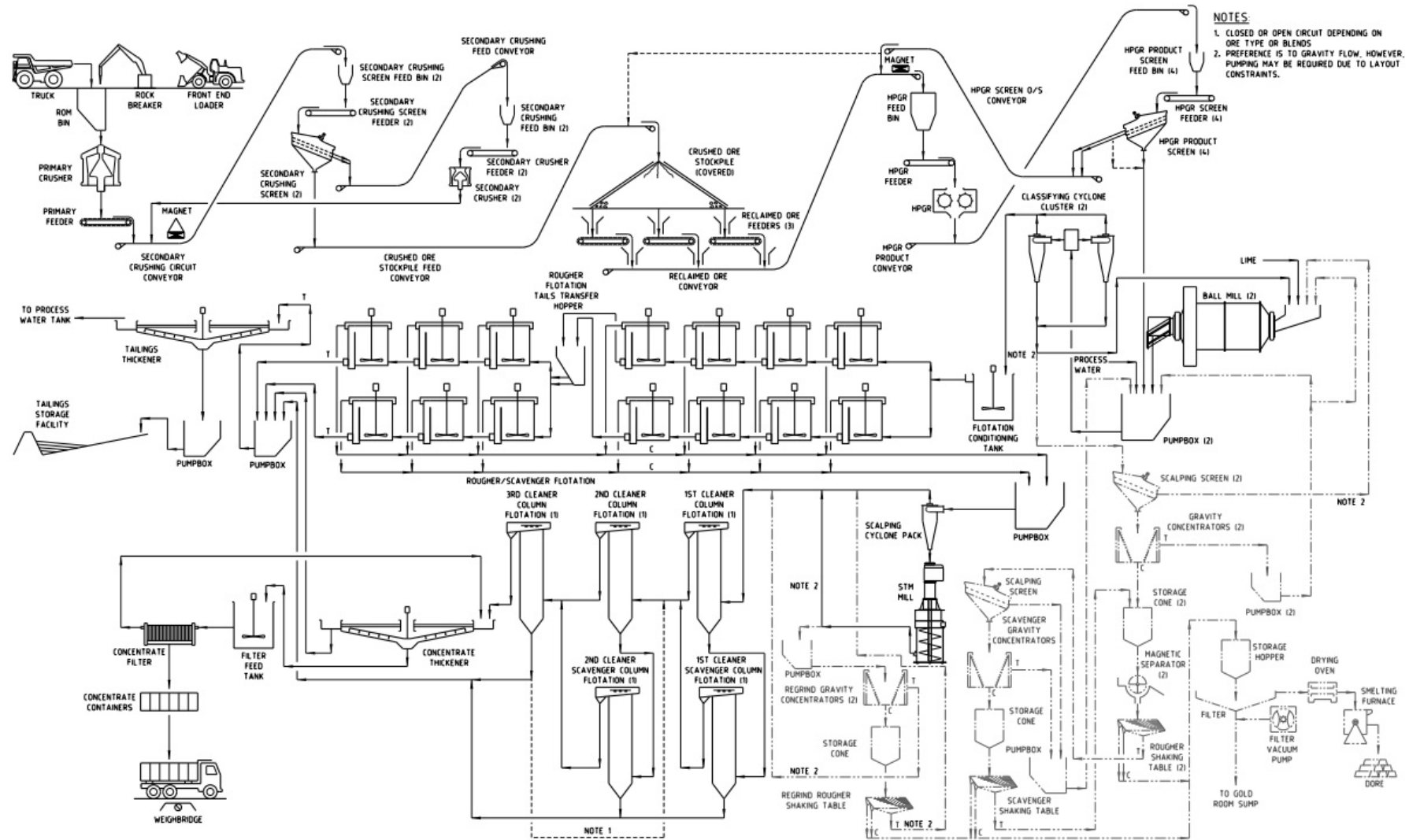


Figure 3.6 Diagram of Ore Treatment Process

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.4.3 Use of Reagents

Various reagent tanks will be located inside the storage building in separate concrete containment areas. Reagents are stored in bulk for a 7-day inventory. They consist of flocculants, lime, foaming agent, xanthan, SPRI 206, sodium sulfite. Table 3.5 provides a more detailed description of the reagents used.

Table 3.5 Description of Reagents and their Use

Substance	Reception Mode	Use	Annual Consumption (ton/year)
Flocculants	Powder in bulk bags 1 ton	Flocculants are chemical substances that promote the aggregation of particles suspended in wastewater, enabling them to be effectively eliminated. These particles then form larger, denser flocs, which can be easily separated and disposed of, resulting in cleaner water that can be recycled or discharged safely into the environment.	828 t/year
Lime (CaO)	Tank and bulk bags 1 ton	Increase pH for flotation circuit	25,517 t/year
Potassium amyl xanthate (PAX)	Granular powder in 850 kg bags	Widely used in the mining industry for ore separation by the flotation process.	884 t/year
SPRI 206	Intermediate bulk containers	Improves recovery of primary/secondary copper minerals and precious metals associated with copper.	550 t/year
Sodium sulfite (Na ₂ SO ₃)	Crystallized powder in 1.25-ton bags	Pyrite depressant	438 t/year
Foamer	Intermediate bulk containers (IBC)	The foaming agent increases the surface tension of the air injected into the flotation cell. As the air rises in the form of bubbles, it comes into contact with the mineral-laden collector, which attaches itself to the air.	460 t/year
Zinc sulfate (ZnSO ₄)	Crystallized powder in 1-ton bags	Zinc depressant as needed for certain mineralized zones	n/a as required
Sodium trithiocarbonate (Na ₂ CS ₃)	Powder in 1.2-ton bags	Arsenic depressant if required	n/a as required

3.5 Management of Tailings, Mine Waste Rock and Overburden

3.5.1 Mine Tailings

The design of mine wastes management structures (piles and tailings storage facility) followed the requirements of Directive 019 and the Canadian Dam Association, considering climate change and using the millennial flood for calculations, as well as considering forecasts for water inflow due to climate change. In order to propose suitable locations for the planned infrastructure, an assessment of unconsolidated deposits and rock outcrops was carried out to produce detailed mapping of the study area. Following this assessment, geotechnical and hydrogeological investigations were carried out to

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

confirm deposit thickness, rock and water level elevations, and to determine soil properties in order to proceed with the stability assessment of the proposed infrastructures.

All design criteria and various stability analyses for the proposed infrastructure are available in Appendices C.10, C.12 and C.13 of the ESIA report.

3.5.1.1 Tailing Geochemistry

The metallurgical pilot plant tests carried out produced fifteen tailings' samples for geochemical characterization. Static tests were carried out on these samples, showing that some could be considered potentially acid-generating (PAG) as defined by Quebec regulations, in accordance with the Guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques [MELCC], 2020), but none would be PAG according to the Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials (MEND, 2009).

In light of these geochemical results, it is important to consider the following:

- There is already a tailings facility storage on site that does not generate acid mine drainage (AMD).
- The mineralized zones to be mined and the metallurgical processes to be used will be the same as during previous operations.
- Future tailings will have a similar chemical and mineralogical composition to the tailings already present on site.
- The final tailings characterization tests were carried out by Troilus in 2023. The samples tested were deemed not potentially acid-generating (non-PAG), as their neutralization potential is 3 to 26 times greater than the acidity potential.

A full description of tailings geochemistry is available in section 5.2.3.

3.5.1.2 Tailings Management

A semi-quantitative evaluation of options was carried out, considering key attributes such as performance, operability, cost and complexity of closure (Appendix C.12 of the ESIA report). Based on this assessment, Troilus decided to select the thickened tailings option. Thickened tailings (approximately 54.3% solids by weight) will be produced at the mill and pumped for permanent deposition. Troilus Gold expects to produce approximately 18 Mt of tailings per year over the life of the project. For the TSF design, the facility is designed to store 169 Mt of tailings. Recall that a TSF is already in place, and that the project involves raising the existing dyke (main dyke) downstream to a final elevation of 435 metres above sea level (masl), and the construction of a saddle dyke along the low point of the mountain slope on the east side, also to 435 masl. The saddle dyke (east dyke) is required once the tailings reach an altitude of 428 masl inside the TSF, as they can no longer be naturally contained by the mountain in the tailing's storage facility sub-watershed.

The design criteria used to assess slope stability are presented in Table 3.6.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Table 3.6 Design Criteria for Slope Stability Analysis

Parameter	Value	Source
Earthquake		
Design earthquake	1:10,000 Annual exceedance probability (AEP)	GTR (2020)
Stability acceptance criteria		
Static coefficient of safety - resistance after peak (a)	1.5	Directive 019, CDA
Safety factor static - post-peak strength (a)	1.3	WSP (2024)
Pseudo-static safety factor	1.1	Guideline 019
Post-earthquake safety factor (b)	1.3	Guideline 019
Deformation acceptance criteria		
Deformation (only necessary if pseudo-static criteria are not met)	≤1-2 % Stress	WSP (2024)

a) This analysis case considers post peak (or residual or liquefied) strength for materials that are sensitive to strain softening or static liquefaction.

b) This analysis case considers post-peak (or residual or liquefied) strength for materials susceptible to softening under the effect of static and dynamic deformation and liquefaction.

When the TSF reaches full capacity in Year 10, tailings will be stored in the mined-out pits for the remainder of the mine's life. By year 10, the South-West pit will be fully mined and ready to receive tailings. The plan is to fill this pit to 367 m above sea level, the minimum bedrock elevation in the area. Once capacity has been reached, a waste rock pile will be built on top. Tailings are also stored in pits J4 and 87, but the pits will not be completely filled with tailings. In the J4 pit, tailings will be deposited until they reach 167 m below sea level, at the low point where the J4 pit connects with the 87 pit. The 87 pit will be filled to an elevation of 98 m below sea level.

The mining plan has been conceived considering this constraint on the concept of migration to in-pit storage over the last few years of the mine's development. Storage capacities by site and on a cumulative basis are presented in Table 3.7.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Table 3.7 Volume of Tailings Stored in Various Structures

Tailings Deposition Site Location	Volume (Mm ³)	Dry tailings mass (Mt)	Cumulative volume (Mm ³)	Cumulative mass (Mt)
Tailings pond (dam elevation 435 m)	113	169	113	169
Southwest pit (elevation 367 m)	62	93	175	262
Pit J4 (elevation 169 m, low point of connection with pit 87)	26	39	201	301
Pit 87 (elevation 98 m)	52	79	253	380
Total tailings deposition	253	380	253	380

The concept of a TSF internal pond away from the periphery and draining the edge fills is retained. This concept results in lower pore pressures in the tailings adjacent to the peripheral dykes and has a positive effect on stability. The objectives of the deposition plan are as follows:

- Form an operational dry beach of at least 250 m against the upstream slope of the main dyke and the eastern dyke;
- Achieve adequate water clarity by having a minimum settling basin depth of 3 m at the pumping station location;
- Choose a settling basin location suited to the plant's process requirements;
- Reduce settling pump movements;
- Achieve conceptual closure level.

3.5.2 Mine Waste Rock

3.5.2.1 Waste Rock Geochemistry

Previous static tests at the previous mine showed that most waste rock is PAG under test conditions. Although millions of tonnes of waste rock have been weathered at the mine site for over twenty years, the contact water remains at neutral pH. We now know that the neutralization potential is not only attributable to carbonates, as shown by the static tests, but also to other minerals such as silicates. A full description of waste rock geochemistry is available in section 5.2.3.

3.5.2.2 Management of Mine Waste Rock

All waste rock stockpiles (Map 3.2) were designed with a face slope of 37° and overall slopes of 21.8° (2.5 H:1V). The waste rock piles were designed with a lifting height of 20 m and berms of 23.5 m. Figure 3.7 shows an example of the waste rock stockpile configuration. The storage capacity of the various layouts planned in connection with waste rock storage is shown in Table 3.8.

These areas will be progressively rehabilitated as they develop. The slopes will be developed as they progress, to allow revegetation as soon as possible. Drainage ditches will be installed along the waste rock pilesto separate contact water from clean water.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

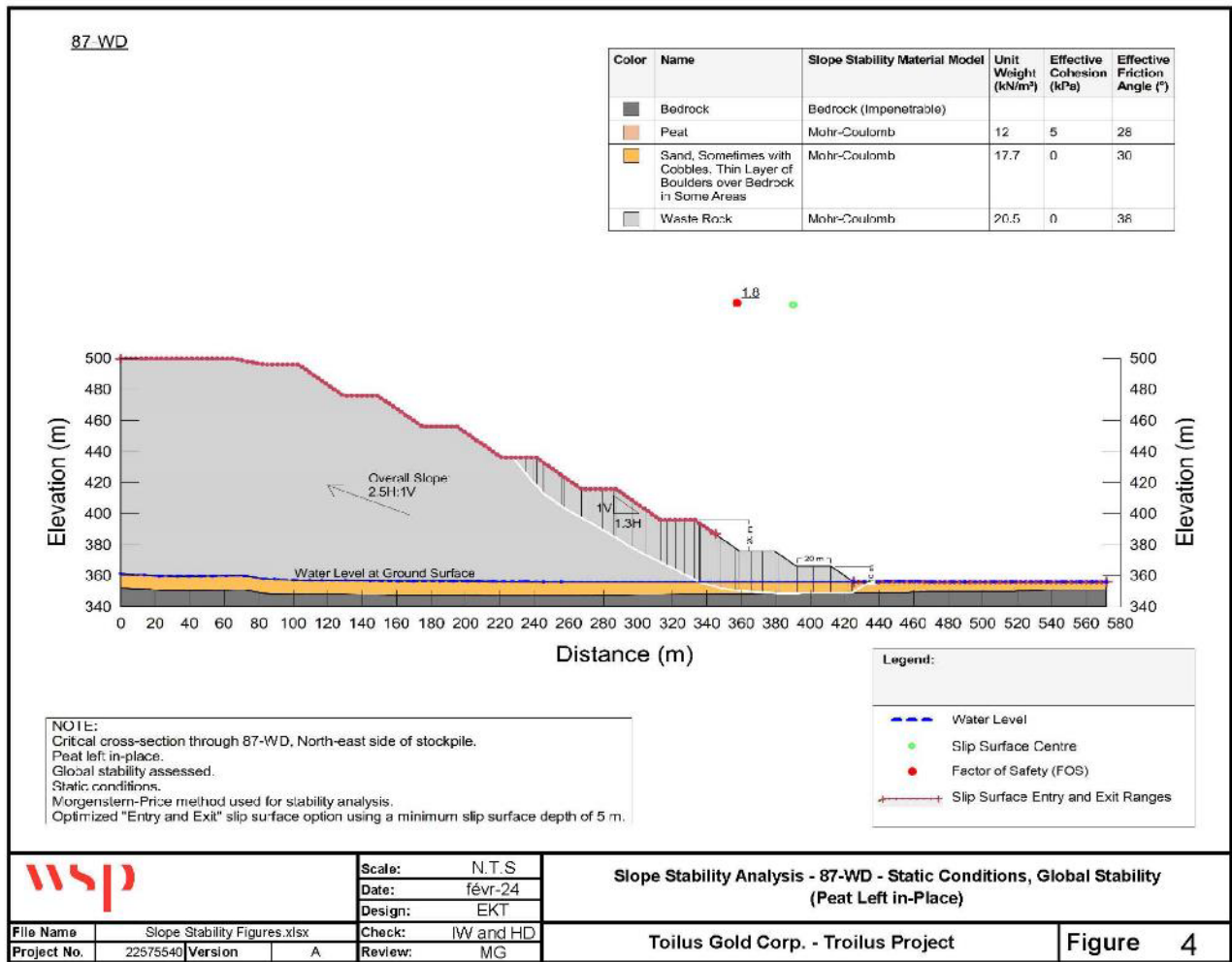


Figure 3.7 Example of a Waste Rock Stockpile Configuration

Table 3.8 Waste Rock Stockpile Storage Capacity of Project

Development	Capacity (Mm³)
Base of ore stockpile 1	1,3
Base of ore storage area (ROM pad)	2,9
Waste rock pile 87	189
Pit 87- Waste rock backfill	7,0
West waste rock stockpile	147,1
X22 pit – Waste rock backfill	16,4
South-west waste rock stockpile	64
South-west pit – Waste rock backfill	100,1
Waste rock pile –west backfill of the TSF	38,5
Waste rock pile - east backfill of the TSF	0,1
Total	150,5

3.5.3 Overburden

Troilus carried out a soil characterization in the vicinity of former infrastructures that could have potentially contaminated the soil. This characterization was carried out as part of the initial soil sampling strategy. The characterization confirmed the absence of contamination in areas where overburden excavation is planned. The areas to be excavated correspond to the proposed open pits. In addition, excavation around the perimeters of the pits is planned to ensure their stability. Excavated overburden will be temporarily stored until certain infrastructures can be restored. Contact water collection ditches will be built around the overburden piles to capture the water and direct it to a control point before it can be released into the environment.

3.5.3.1 Overburden Geochemistry

A geochemical characterization of the potential for acid mine drainage and leaching was carried out in 2024 on representative samples of the soils, also known as overburden, that will be stored in the overburden piles. The samples are mainly located in the footprint of the future pits where the overburden will be excavated. The criteria of the *Guide de caractérisation des résidus miniers et du minéral* (MELCC 2020) were used to classify these materials. The results obtained showed that all overburden samples are non-acid-generating and non-leachable. Only anomalies with higher-than-natural levels of copper grades were found in some overburden samples taken at depth near the bedrock contact. These samples were taken close to copper-enriched mineralized zones.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.5.3.2 Overburden Management

The overburden piles have been designed with a face slope of 37° and overall slopes of 18.4° (3H:1V). They will have 10 m long benches and 16.7 m wide berms (Figure 3.8). The storage capacity of the various overburden storage facilities is shown in Table 3.9.

Table 3.9 Overburden Storage Capacity

Overburden Stockpile	Capacity (Mm ³)
87-1	6,4
87-2	8,5
Northwest	10,0
West	1,7
Southwest	6,9
Total	33,5

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

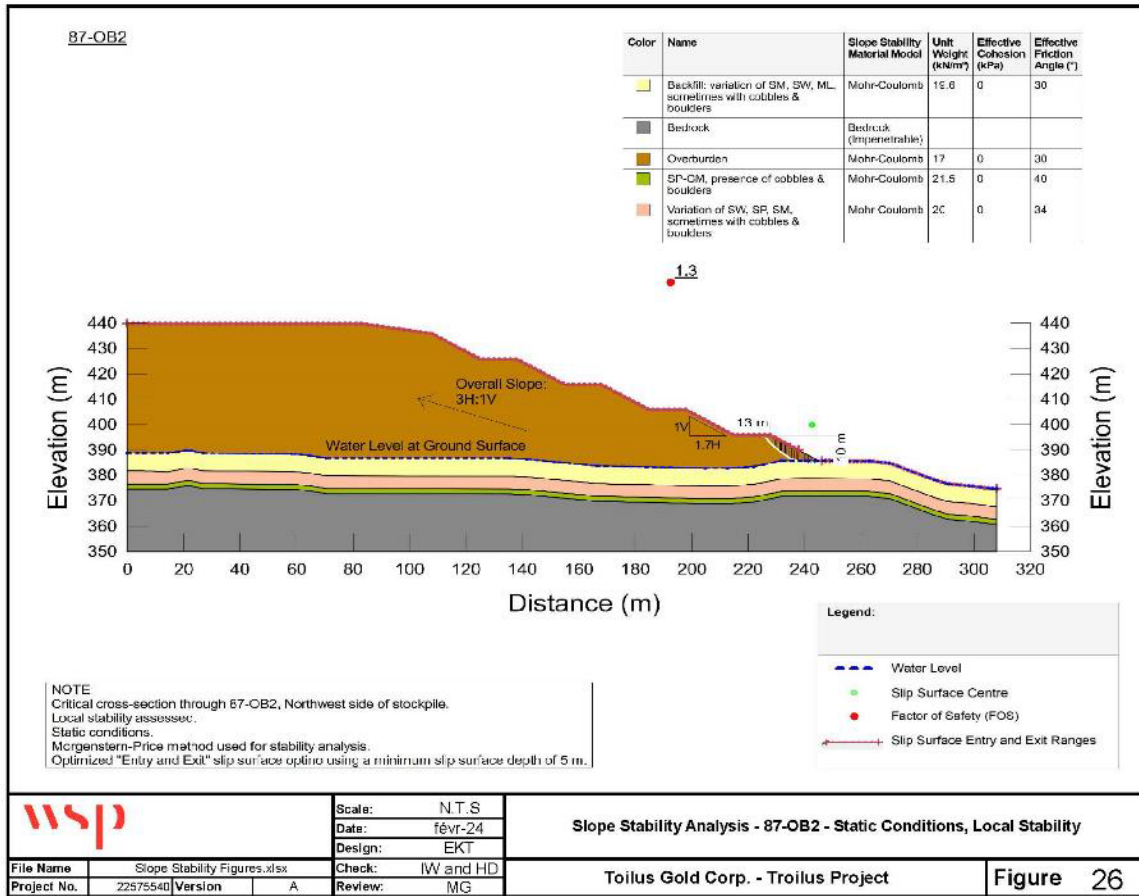


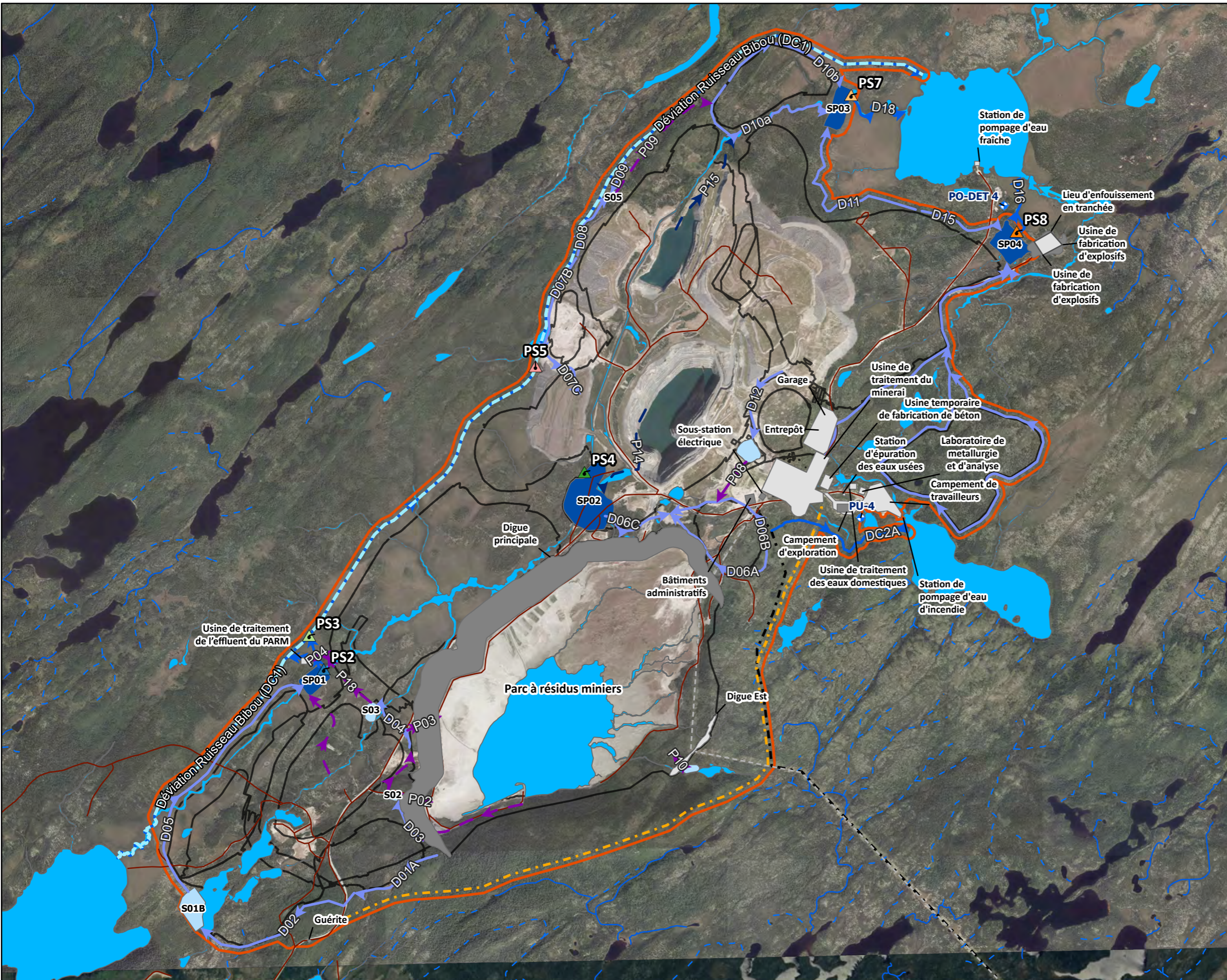
Figure 3.8 Example of an Overburden Stockpile Configuration

3.6 Water Management

Water management infrastructure is illustrated on Map 3.3 and described in the following sections, i.e. water collection, water treatment and final effluents.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION



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

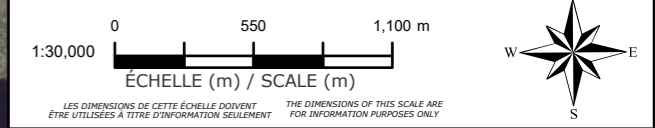
5				
RÉV.	DESCRIPTION	AA/MM/YY	BY	VERIF.

NOTES

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 INDICUÉES 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

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
------------------------------------	--------------------------	----------------------

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.6.1 Water Collection

3.6.1.1 Dewatering of Actual Open Pits

Pit water has been thoroughly characterized for its potential release into the environment. In addition, an environmental assessment was carried out under the Impact Assessment and Review Procedure of the Environment Quality Act (LQE) as part of the dewatering of the pits for exploration purposes. The environmental assessment containing information on the quality, quantity and impacts of the dewatering is available in the Environmental Assessment Registry.

Under the project, pits will be kept dry for exploration purposes. As soon as a pit is dewatered, the planned exploration work will take place, and the pit will be kept dry only until the exploration work is completed.

The J4 pit is scheduled to be dewatered in 2025, as soon as exploration work in this pit is completed. Once these activities are concluded, the pit will be re-flooded. Dewatering of the 87 pit is scheduled to begin once the dewatering of the J4 Pit is completed. Dewatering of the 87 pit is expected to take approximately 2 years. If the project is authorized in 2026 and construction begins in 2027, dewatering of pit 87 could still be underway while pit J4 will still be flooded. is being re-flooded.

3.6.1.2 Tailings Storage Facility Exfiltration

The original design of the TSF included a filter dyke which allows the exfiltration of the water contained in the tailings, thus reducing the pressure that could build up with an impermeable dyke. While this reduces the possibility of dyke failure, it also means managing the exfiltration water that may drain away at the bottom of the dyke. Table 3.10 (WSP, 2024) provides an assessment of the expected seepage rates.

Table 3.10 Estimated Exfiltration Rates

Cross-section	Exfiltration rate for an 8 m beach along a 100 m dyke face (m ³ /h)	Exfiltration rate for a 200 m beach along a 100 m dyke face (m ³ /h)
A	62	8
B	120	44
C	13	0,14
D	99	19

Exfiltration values should be used with caution and are used here for qualitative comparison between sectors and scenarios. They are based on simplified models. However, the length of the beach has a significant influence on the exfiltration of water under the dyke: when the beach is close to the dyke (8 m), the gradient and flow rates increase due to the proximity of permeable dyke materials. When the beach extends over a length of 200 m, the gradient and flow rates decrease, and the water table tends to sink progressively to the level of the former dyke raising. Seepage could be expected to be closer to that of the 200 m beach than that of the 8 m beach.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Exfiltration will flow by gravity to pond SP02, where it will be tested to meet final effluent quality criteria before being discharged to Bibou Creek (DC1). Troilus does not expect to encounter any issues related to exfiltration water quality based on geochemical tailings prediction and historical water quality monitoring data. Although exfiltration may have elevated iron concentrations, no other parameters exceed the discharge standards of the Directive 019 sur industries minière (D019) and the Metal and Diamond Mining Effluent Regulations (MDMER). In addition, the presence of iron in the TSF exfiltration was considered in the design of the water management plan.

3.6.1.3 Surface Water

Deviation Structures

Two noncontact surface water deviation structures are planned for the new project (Map 3.3).

Bibou Creek is the main watercourse crossing the mine site, flowing from southwest to northeast. It will be diverted west of the future mine infrastructures, from Lac Amont, s, over a length of 9.7 km. This is the only watercourse to be diverted during the project, as the DC2A diversion structure represents is a bypass ditch to capture runoff.

The Bibou Creek (DC1) diversion is described in detail in section 3.6. It will be monitored for several elements, given the importance of this watercourse in maintaining water supply downstream of the site, as well as its importance as a connectivity corridor and habitat for fish. Flow and level measurements will be taken at several points to ensure that water losses to the aquifer do not exceed hydrogeological modelling results, and that the design of the structure is sufficient to accommodate spring flooding and ensure adequate flow and connectivity during periods of low flow.

The DC2A canal will be installed during construction. The purpose of this canal will be to intercept runoff to the northeast of the TSF and direct it towards Lake B, to prevent runoff to get in contact with the mine site. Water will be monitored to ensure that the inflow to Lake B is free of TSS, and that the design of the diversion is sufficient to discharge water during the spring freshet without impacting the environment.

Pit Dewatering

An average of 8.4 Mm³ of water per year (including 4.3 Mm³/year from runoff and 4.1 Mm³/year from groundwater infiltration) will have to be pumped out of the pits when they reach their maximum depth (WSP, 2024). From there, the water will have to be conveyed to sedimentation ponds until water quality meets current standards before it can be discharged into Bibou Creek (DC1).

Table 3.11 shows the maximum groundwater infiltration rates to the pits in their final configurations. It is important to note that the pits will not be operated simultaneously, and that this assessment was made considering only the final condition of each pit, based on the current water table.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Table 3.11 Groundwater infiltration in final pit configuration (m³/d)

Pit	Maximum Depth (m) / Minimum Pit Elevation (masl)	Groundwater Infiltration Rate (m ³ /d)
Pit 87	501/ -130	2 450
J4 pit	333/ 30	2 370
South-west pit	284/ 90	2 350
X22 pit	200/ 170	4 010
Total	-	11 180

Contact Water

Some of the water in the TSF pond will be sent to a sedimentation pond to be recycled in ore processing. Surplus water will be sent to the TSF effluent treatment plant, where it will be treated to meet applicable requirements such as Directive 019 and MDMER.

The contact water management system will consist of collection ditches, piping, sedimentation ponds and sumps. It is designed to manage all of the mine's contact water in order to:

- Maximize recycling for use of process water in ore processing.
- Meet regulatory requirements for water discharges to the environment.
- Reduce the need for on-site water treatment.

A network of collection ditches totalling approximately 20 km will have to be built. The collection ditches will carry contact water to the planned sedimentation ponds or sumps. The design criteria for ditches designed to collect contact water are presented below:

- Manage the 100-year peak flood without uncontrolled overflow or structural damage.
- Provide a freeboard of 0.3 m between the top of the banks and the peak flood level.
- Lateral slopes: 3H:1V in till and 0.5H:1V in bedrock.
- Minimum base width of 1 m and minimum depth of 1 m.
- All structures to have adequate erosion protection riprap, with a maximum rock size of 500 mm.

Four sedimentation ponds (SP01, SP02, SP03 and SP04) are included in the water management plan (Map 3.3). Anticipated design features are presented in Table 3.12.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Table 3.12 Sedimentation Basin Design Details

Sedimentation pond	Required Active Storage Volume (m ³)	Dead Storage Capacity (m)	Clearance Above Active Storage (m)	Total Excavation Volume (m ³)	Minimum depth (m)	Total Required Footprint (ha)	Nominal Pumping Capacity (m ³ /s)
SP01	63 000	0,5	0	192,107	5,5	4,3	0,4
SP02	150 000	5	Not applicable - Created in pit 87 of the 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 and SP02 will discharge into Bibou Creek. Effluent from SP03 and SP04 will be pumped into separate tributaries of Lake A. For SP02, a pipeline has been included in the design to allow pumping to the ore processing plant.

Seven sumps will be installed over the life of the mine. Note that S01 and S01B are the same sump, but it is modified during operation, so it is counted twice. These sumps are designed to handle, either by storage or pumping, the 100-year design flood. Table 3.13 summarizes sump design.

Sumps are to be built by excavation into the natural ground. Pumping capacities ranging from 0.2 m³/s to 0.3 m³/s have been selected for each sump. The sumps should be run dry to maximize storage capacity in the event of flooding.

Table 3.13 Sump Design Details

Sump	Required Active Storage Volume (m ³) (a)	Dead Storage Capacity (b)	Clearance Above Active Storage (m) (c)	Total Excavation Volume (m ³) (c)	Minimum Depth (m) (d)	Total Required Footprint (ha) (e)	Nominal Pumping Capacity (m ³ /s)
S01	74 800	Uses existing bathymetry under excavation	0,5	109 000	6,0	5,1	0,25
S01b	74 800	Uses existing bathymetry under 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
S09	23 000	0,5	0,5	73 500	5,0	1,8	0,30

Notes :

(a) Volume and pumping capacity required to handle the 1:100-year flood event without overflow.

(b) Tolerance for sediment accumulation.

(c) Tolerance considering uncertainties related to design, construction and operation.

(d) Including a 1.0 m thick rock protection layer.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

(e) Including a 10 m wide band around the excavation perimeter.

(f) The 100-year active storage volume required for Sump S06 is 53,000 m³. Prior to the construction of STK1, the maximum containment volume of S06 is 53,000 m³. S06 containment volume is 38,200 m³. This volume is sufficient to contain the ten-year design event, which has a peak storage volume of 34,300 m³. Overflow from S06 prior to STK1 construction will send runoff northwards through existing ditches towards the existing pit 87. Construction of STK1 later in year 2 increases the total containment volume of S06 to around 106,000 m³. To reduce the risk of overflow during the 100-year flood, if construction of STK1 is delayed beyond year 2, a 2 m-high berm can be built on the east side of the settling basin. Build a 2 m-high berm on the east side of sump S06 to increase the total containment volume to around 71,160 m³.

3.6.2 Water Treatment

Water collected in the sedimentation ponds will be pumped back into the environment after it has been tested for compliance with applicable effluent quality requirements. Continuous turbidity sensors are installed on the outlet pipe, so that discharge is immediately interrupted if total suspended solids (TSS) concentrations exceed regulatory discharge guidelines.

The water treatment plant for the TSF will be used to reduce TSS in the tailings pond water, as in the previous mining operation. The process is of a physicochemical clarification nature, involving the mixing of a ballasting agent and a polymer during flocculation, to increase the size and density of the flocs and accelerate settling (figure 3.9). The effluent from the water treatment plant will meet the standards set by the MDMER and Directive 019 for a final effluent. The use of chemicals in the proposed treatment will have no impact on the toxicity of the final effluent. In fact, the proposed treatment is used for several projects and was used during the historical operation. Historical water quality data for the final effluent confirm that the treatment is effective in reducing TSS concentrations below 15 mg/l for a source water with TSS concentrations up to 300 mg/l. Furthermore, the proposed treatment poses no risk in terms of toxicity, as confirmed by the environmental monitoring program (1996 to present).

Based on historical data from the former operation and the water treatment assessment (Appendix C.14 of the ESIA), three products will have to be used for treatment: 1) ferric sulphate, 2) micro-sand and 3) anionic polymer (Hydrex 3543).

Estimated chemical product quantities are as follows:

- 200 liters of ferric sulfate/day or 73,000 l/year, considering a continuous, year-round treatment rate of 1,200 m³/h.
- 50 kg/week of microsand or 2,600 kg/year considering a continuous year-round treatment of 1,200 m³/h.
- 5.8 kg/day of polymer or 2,117 kg/year considering a continuous, year-round treatment of 1,200 m³/h.

The settling sludge produced by the treatment process will be stored in a pond and can be emptied into the TSF. It is estimated that the treatment plant will produce 1.1 m³/h of sludge containing 20% solids. This means that approximately 2,000 m³ of sludge will need to be managed per year if the plant operates at full capacity year-round.

PROJECT DESCRIPTION

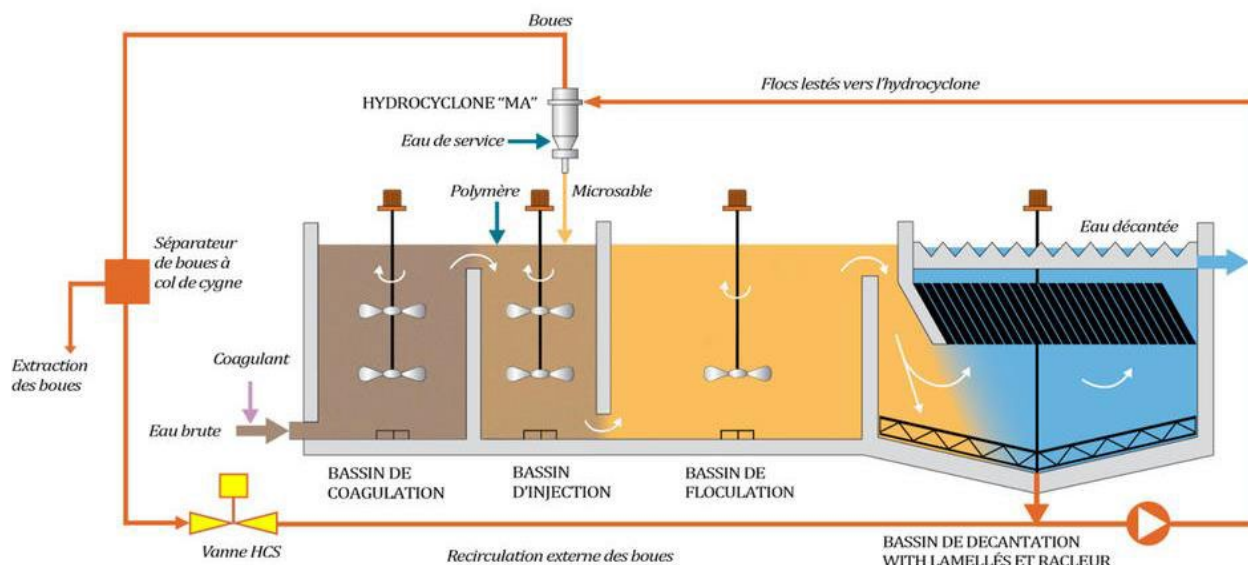


Figure 3.9 Tailing Storage Facility Water Treatment Process

3.6.3 Final Effluent

During operation, a total of five final effluents are expected (Map 3.3). Table 3.14 below shows the volume of water expected to be discharged in year 9, when the South-West pit, 87 pit and J4 pit are in operation, and in year 21, when the X22 pit is in operation. Water discharge volumes are estimated based on average historical climatic conditions.

Table 3.14 Average Volume of Water Discharged by Effluent

Final Effluent	Volume of Water Discharged year 9 (Mm ³ /year)	Volume of Water Discharged Year 9 (m ³ /day)	Volume of Water Discharged Year 21 (Mm ³ /year)	Discharge Volume Year 21 (m ³ /day)	Discharge Point
SP01	4,11	11 260	1,89	5178	Bibou Creek (DC1)
SP02	5,08	13 917	4,86	13 315	Bibou Creek (DC1)
SP03	2,54	6958	3,02	8273	Lake A tributary
SP04	1,79	4904	1,88	5150	Tributary Lac A
TSF water treatment plant	0	0	0,29	794	Bibou Creek (DC1)
Total	13,52	37 041	11,94	32 712	

Only effluent from the TSF water treatment plant is expected to be treated for the removal of suspended solids.

No treatment is expected to be required for the other final effluents, SP01 to SP04, based on historical mining effluent data and geochemical prediction studies for the planned new infrastructure. In addition,

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

continuous turbidity sensors will be installed on the outlet pipe, so that discharge is immediately interrupted if TSS concentrations exceed regulatory limits for a final effluent. Based on contact water quality prediction data, linked to tailings geochemistry, Troilus anticipates that all effluents will have neutral pH (between 6.5 and 7.5) and metal concentrations in line with final effluent standards. However, the sedimentation pond (SP02) may have elevated iron concentrations, due to the drainage of the TSF exfiltration feeding this pond. However, the planned capacity of SP02 will allow sufficient time for iron to oxidize and precipitate to meet current standards. In addition, water from this pond can be recirculated for the process.

Effluent from the sedimentation pond will be pumped back into the environment, and the receiving environment will be designed according to the anticipated discharge rate. Although it is operationally and environmentally preferable to have a single final effluent, the proposed water management plan will avoid pumping effluent to a central point, thereby reducing operating costs, mixing effluent from different sources and enabling better monitoring of final effluent water quality. In addition, a single receiving environment is planned, Lake A, as was the case for the historic operation.

3.7 Water Balance

A site-wide water balance model was developed using GoldSim software (Appendix C.14 of the ESIA report) to:

- Confirm the availability of process water under different climatic conditions.
- Estimate effluent flows from the site to the environment.
- Provide information on operational rules for the TSF pond, the main source of process water.
- To support the design of the water management plan and provide the information required for permitting and future project operation.

The water balance model simulated the relevant water flows from the site: surface runoff from the site, groundwater infiltration into pits, freshwater intakes for the process plant, water transfer from the plant to the TSF and recovery from the TSF to the process plant, contact water collection in sedimentation ponds and their release to the environment. In addition, the water balance was verified under a wide range of climatic conditions, both historical and considering climate change projections.

The water balance at year 9, when pits 87 and J4 are in operation and the South-West pit is in its final configuration, is presented in greater detail in Figure 3.10. Fresh water will only be required for pump lubrication and other clean water needs. The majority of the water required for the process will come from the TSF pond or from sedimentation ponds close to the industrial sector, i.e.:

- 12.9 Mm³/year or 35,342 m³/d of water from SP02 and the TSF pond for the process plant.
- 2 Mm³/year or 5,479 m³/d of fresh water from Lac A for the treatment plant.
- 8285 m³/year or 22 m³/day for dust suppression.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

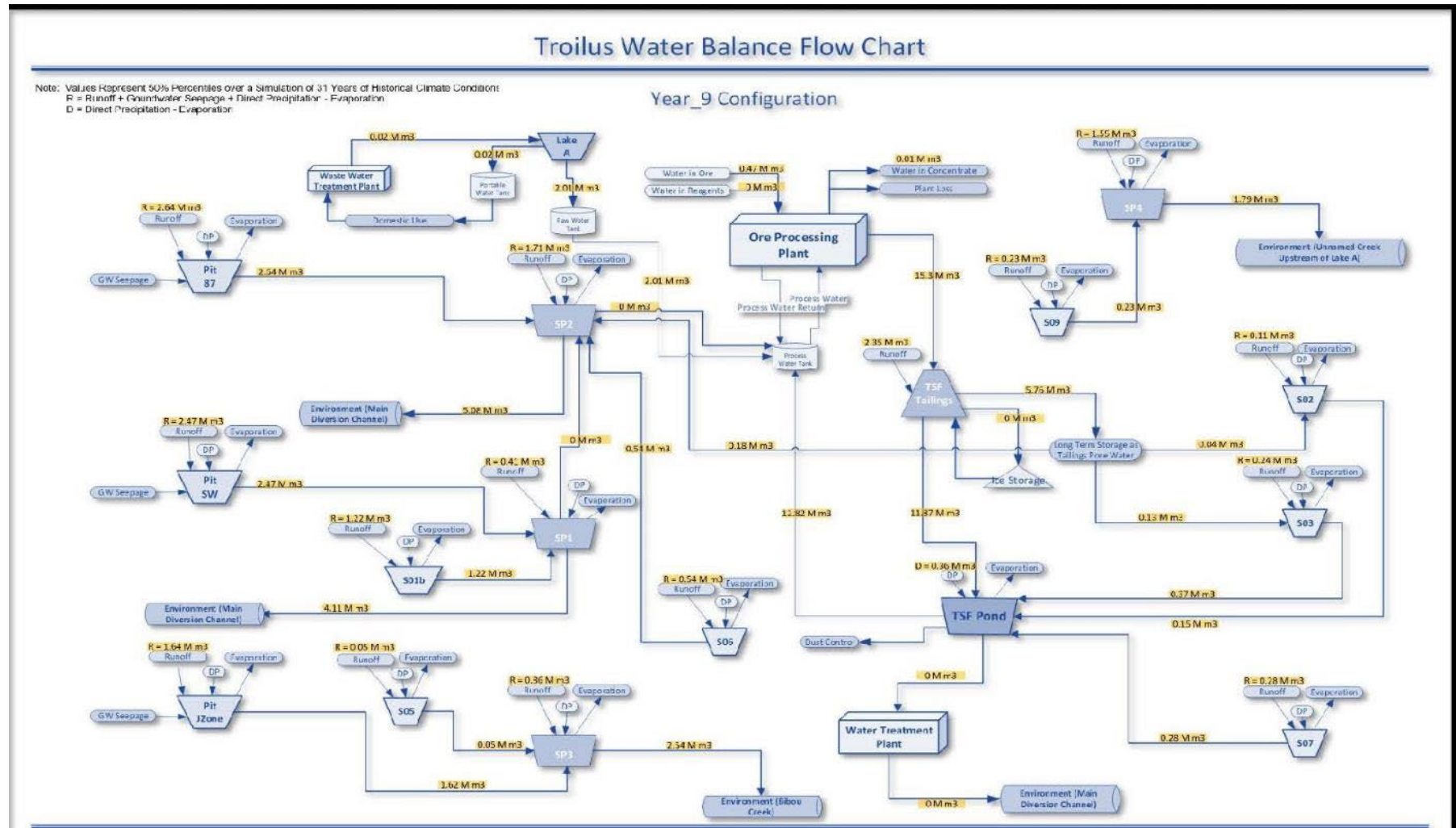


Figure 3.10 Troilus Water Balance at Year 9 of Operation (Appendix C.14)

3.8 Residual Materials Management

The Troilus mine site is located in an isolated area, so waste management will take place at the site itself. The existing site includes a trench landfill (LEET) that is to be reused for part of the new project, if required. Troilus carried out an analysis of options for the future management of residual materials once its LEET reaches capacity (Appendix C.15 of the ESIA report). Three options were evaluated:

1. The possibility of expanding the existing trench landfill.
2. The possibility of building a new trench landfill.
3. The possibility of sending the residual materials generated to the Chibougamau engineered landfill site (LET).

Several considerations were taken into account when assessing which option to retain, including encroachment on the natural environment, the effect of waste management on the social and cultural environment, the infrastructure required, economic and operational viability, and anticipated GHG emissions. The city of Chibougamau asked the proponent to evaluate the option of sending its residual materials to the Chibougamau engineered landfill site, in order to reduce the management costs of the current landfill due to the small quantity of waste sent there.

Based on the above-mentioned criteria, the new Troilus mining project proposes to send its residual materials to the Chibougamau LET after initial on-site management, i.e. on-site sorting to separate recyclable and organic materials so they are not sent to LET. Recyclable materials will be recovered by a specialized contractor, and organic materials will be composted to produce a fertilizer to support progressive revegetation activities.

Although sending residual materials to Chibougamau is the option that generates the most GHGs, this assessment does not consider the potential for optimizing transport, which will leave the Troilus site unloaded. In addition, this option will promote efficient sorting of recyclable and compostable materials, which represent approximately 50% of the materials generated for a mining project (table 3.15).

Table 3.15 shows the quantity and type of material estimated to be generated by the Troilus mine project during the construction and operation phases.

Table 3.15 Estimated Quantities and Types of Residual Materials Generated

Type of Residual Materials	Quantity During Construction Phase (tonnes/year)	Quantity in Operation Phase (tonne/year)	Percentage (%)*
Paper	844,2	345,4	17
Organic materials	1407	575,6	28
Metal	47,5	19,4	1
Plastic	79,2	32,4	2
Glass	68,6	28,1	1
Other	2 562,8	1 048,4	51
Total	5 009,3	2 049,3	100

*Percentages attributed according to Recyc-Québec statistics (2021.) and Éléonore mine data (SNC.Lavalin, 2018)

3.8.1 3RV-E Policy

Good practices in residual materials management encompass all activities related to controlling the production, storage, collection, transportation, processing and disposal of residual materials, while ensuring the safety of people and the protection of the environment. These practices aim to adopt a program based on the 3RV-E principle: Reduce, Reuse, Recycle, Valorisation and Elimination. This principle promotes the minimization of residual material production, as well as its responsible treatment and disposal.

Applying the 3RV-E principle, including on-site composting and sorting of residual materials for recycling, will significantly reduce the quantities of residual materials that will subsequently have to be disposed of.

3.8.2 Composting

Organic residual materials generated on the Troilus site will be deposited in dedicated garbage cans, which will then be periodically deposited in an in-vessel composter. Adopting a composting program will help reduce greenhouse gas (GHG) emissions. More specifically, this approach will reduce the amount of residual materials to be landfilled, as well as the methane (CH₄) emissions associated with organic decomposition.

Troilus also plans to use sludge from domestic wastewater treatment as fertilizer. This sludge will be amended with organic matter to promote vegetation growth where it is applied.

3.8.3 Recyclable Material

Recyclable residual materials will be stored in a dedicated area on the Troilus mine site. They will be collected periodically by a specialized company. Recyclable residual materials will then be processed at a specialized recycling center.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.9 Transport and Storage Site for Fuel or Hazardous Materials

The fuel management facility will be located northeast of the mine's truck shop and warehouse building. Delivery trucks will be connected by flexible hoses to the diesel unloading pumps. Diesel will be transferred into double-walled petroleum tanks. It is planned to use two tanks with a total volume of 420,000 gallons. Diesel dispensing pumps will transfer the fuel to the mine's truck refueling slab. The refueling station will be equipped with containment slabs, curbs and dams. Fire protection will be provided by the site's fire protection system.

A smaller-capacity diesel tank (50,000 gallons) will also be present. This will be used to fill the emergency generators and power the dispenser pumps. The two dispenser pumps will each have a capacity of 5,000 gallons. Hazardous residual materials will be managed and stored in a watertight container. The Environment Department will be responsible for ensuring that the hazardous material containers are in good condition to prevent leaks, and that the storage period for hazardous materials does not exceed 6 months. The main hazardous materials to be stored will include: used oil and antifreeze, waste contaminated with oil or grease, empty aerosol cans, oil- or grease-contaminated water, used filters and hydraulic hoses from vehicles, contaminated solvents or chemicals, and others.

Hazardous materials will be recovered by a specialized contractor and disposed of at an authorized site on a regular basis.

3.10 Infrastructure and Related Project

3.10.1 Temporary Concrete Plant

The concrete plant will be located in the industrial sector. The plant will be set up on a temporary basis during the construction phase. Concrete wash water will be collected in an impermeable pond for settling. The water will then be sent to a sedimentation pond and discharged into the environment, provided it complies with discharge standards. Sediments contained in the settling pond will be characterized and stored on the TSF or sent to an authorized site, depending on their quality.

3.10.2 Bibou Creek Diversion

As previously mentioned, Bibou Creek will be diverted to collect surface water flowing towards the mine site. This watercourse underwent an initial diversion of approximately 3.5 km during the historic operation and will have to be diverted along most of its course (~9.7 km) to accommodate the planned infrastructures. The route will remain the same during site closure, as this was a concern raised by land users during the water management workshops held in 2022 and 2024. These workshops provided an opportunity to incorporate land users' recommendations regarding the proposed infrastructure layout. During the workshops, users mentioned that keeping the creek in place after mine closure was an element of great importance.

As a reminder, the Bibou Creek diversion is an important element, and more information about the proposed diversions is provided in the following sections: alternative assessments, fish and fish habitat, and issues.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

The Bibou Creek diversion was designed with fish movement in mind, from one end to the other, i.e. between Lac Amont and Lac A (Appendix C.4 of the ESIA). The first 5.5 km upstream section will be developed as fish habitat. This was done by identifying the species present with the lowest capacity, burbot (*Lota lota*), while walleye (*Sander vitreus*) was judged to be the specie most likely to use the creek during spring freshet.

The Bibou creek channel must ensure fish passage between Lac Amont and Lac A. Analysis focused on maintaining connectivity in the hydrological interval between low-flow conditions 7Q10 and high-flow conditions 14Q2, where:

- 7Q10 refers to the minimum seven-day mean annual discharge with a 10-year occurrence interval (May to October).
- 14Q2 refers to the maximum annual mean flow over 14 days with an occurrence interval of two years.

To maintain the transition between low-flow event 7Q10 and high-flow event 14Q2, a minimum water depth of 0.1 to 0.2 m was targeted.

The Bibou Creek diversion will comprise 16 segments of three different designs: meandering channels, flat segments with small weirs and stone ramps. A detailed description of each design is presented below.

Type 1 - Meandering Channel

A meandering low-flow channel is located within a larger flood flow channel. The low-flow channel can accommodate flows up to flood event 14Q2.

Type 2 - Flat Segments with Small Weirs

Design type 2 is implemented in the operational part of the canal (i.e. segments scheduled for decommissioning at closure and where active maintenance is available) where the slope of the canal is lower than in the operational part. A weir is placed every 100 m to create a counter-current effect and increase water depth during periods of low flow.

Type 3 - Stone Ramps

Design type 3 consists of a series of rock ramps with a slope of 3.5% and basins to achieve a compound slope of 1.7%. Rock ramps are natural fishways that allow fish to pass through and create aquatic habitat by simulating the natural environment of a stream.

3.10.3 Access Road Deviation

The access road to the mine site, which begins at pk 108 of the Route du Nord, can be reused over most of its length, i.e. 39 km of the 44 km, without modification.

Starting at km 39, less than a kilometer from the mine site, a new access road will be required to avoid the future southwest pit and provide access to the site (map 3.2). The new access road will be approximately 5.8 km long. The proposed route is located on the eastern flank of the mountain bordering the tailings facility. The width of the access road will be 14 metres. The route will be optimized to avoid

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

watercourses, important wildlife habitats and plant species, and to ensure road safety. This same access road will be used by land users to reach their traplines.

3.10.4 Operational Support Road

Several roads will be required to support on-site operations.

Some roads will be reserved for transporting ore, waste rock and overburden, while others will provide access to infrastructure such as the water treatment plant, pumping stations, etc.

The dimensions and construction methods of the planned support roads will be developed according to their use and the equipment that will use them.

Culvert crossings have been identified where there is an existing road, a proposed road, or where access to a landfill or stockpile may be required. Road crossings are required to ensure continuous flow through diversion channels and collection ditches. Based on the current level of design, the location of culverts and the number and dimensions required have been estimated and are subject to change. For contingency purposes, additional crossings have been added for each year. For years in which there is no new ditch or canal construction, it is assumed that four culverts will be required. For each year in which ditches or canals are built, two additional culverts are also included. As such, it is anticipated that 72 crossings will be required over the life of the mine. Each culvert crossing will be equipped with erosion protection based on the 100-year velocity 5 m upstream and downstream of the crossing. The size of riprap required is based on the 1:100-year flood.

Troilus Gold will be responsible for the maintenance of these roads.

3.10.5 Power Supply

3.10.5.1 Electrical Power

The site is currently served by an existing 161 kVA transmission line owned and operated by Hydro-Québec. The transmission line will have to be rerouted approximately two kilometers directly upstream of the existing electrical substation on the Troilus site. This deviation will be carried out to allow the tailings facility to be raised. To minimize the impact of the proposed new route, the power line will be routed along the same right-of-way as the access road.

Overhead 25 kV power lines from the electrical substation to various buildings, the TSF and the pits will be installed to supply power to various equipment such as dewatering pumps. The treatment plant will be powered by buried LV or MV Teck90 cables.

Average electricity consumption during operations is estimated at 79,239 kWh continuously and 614 MW annually. The maximum power calculated for the entire site is 84.66 MVA, and total connected loads are forecast at 114.49 MVA. Table 3.16 shows average and annual consumption by sector.

To date, only the 34 m³ electric hydraulic excavator is scheduled to be used during operations. No other mobile electric equipment has been considered at this stage, given the already high energy requirements of the project.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Table 3.16 Power Demand Based on Updated List of Electrical Loads

Sector	Installed Power kW	Average Continuous Consumption kWh	Annual power Consumption kW
Ore preparation	6 766	5 650	37 119
Grinding and classification	57 831	44 803	345 375
Concentrate flotation and processing	9 074	6 812	52 518
Gold room	155	124 00	977
Tailings handling	2 749	1 103	8 502
Reagent	200	131	1 028
Water services	3 112	1 547	11 929
Wastewater collection and treatment	88	63	488
Air services	1 431	1 068	8 233
Fuel storage and distribution	112	49	373
Water and wastewater	750	125	966
TSF dyke	838	453	3 490
Buildings	2 475	2 005	12 289
Workers' camp	1 665	1 330	11 594
Mining facilities	103	45	275
Mine services 87 and J4-zone pits	15 042	8 880	77 790
Other infrastructure	5 749	4 691	41 096
Total	108 140	78 879	614 042

3.10.5.2 Propane

Buildings such as the camp, administrative buildings and others will be heated with propane. Maximum daily propane consumption has been estimated at 3,478 liters over the winter (Table 3.17). To ensure one week's propane storage, the storage volume has been estimated at 227,000 gallons in 13 tanks of varying capacities.

Table 3.17 Propane Consumption and Tank Volume

Building	Maximum Propane Consumption (l/h)	Tank Volume (gal)	Number of Tanks
Worker's camp	297	30 000	1
Primary and secondary crusher	425	30 000	1
Tertiary crusher	647	30 000	1
Arctic Corridor	78	5 000	1
Ore processing plant and high-pressure grinding area	1 464	30 000	3
TSF Effluent treatment plant	32	2 000	1
Plant office and staff room	29	2 000	1
Warehouse and reagent storage building	131	5 000	1

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Building	Maximum Propane Consumption (l/h)	Tank Volume (gal)	Number of Tanks
Mining department office and workshop	335	30 000	1
Administrative office and auxiliary building	34	2000	1
Gate house	6	1 000	1
Total	3 478	227 000*	13

*Total volume of propane (gal)

3.10.5.3 Emergency Power Supply

Three standby generators, each rated at 2000 kVA, will provide the power needed to handle essential loads via step-up transformers and a synchronization system. Some remote loads are supplied by small local standby generators (camp and sewage treatment plant). The existing 1.25 kVA generator could be used for essential power connected to overhead lines separately if required.

3.10.6 Accommodation Infrastructure

Workers will be accommodated at the mine site camp. A catering service will provide meals for workers. All workers will be accommodated directly at the Troilus site, but Troilus will work with local communities to increase the availability of affordable housing for its workers wishing to move into the region.

An 80-person exploration camp is currently in place. This camp will remain in place and be used to accommodate temporary workers, while a new camp will be set up nearby.

The future camp and associated buildings will be built in two phases. Initially, the camp will be used to accommodate a maximum of around 530 people during the construction phase, which is estimated to take 2 years. Following the construction phase, some of the camp's infrastructure may be dismantled to reduce its capacity to accommodate a maximum of 300 workers until the end of the project. Finally, when the mine closes, the majority of the camp buildings will be dismantled to reduce the camp's capacity to the number of workers remaining to carry out restoration and environmental monitoring work. Troilus estimates that between 5 and 30 workers will be needed for this phase. The duration of the environmental monitoring phase is subject to change but will be a minimum of 5 years.

Camp buildings will be adapted modular industrial structures. The camp buildings required during the construction phase will comprise:

- 11 dormitory units for 42-person;
- 2 executive-style dormitory units for 36-person.
- 3 reception units;
- 7 recreation center units;
- 16 kitchen and dining units;
- 1 additional freezer/cooler unit;
- 1 laundry unit;
- 1 guardhouse unit;

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

- 10 arctic corridors;
- Waste water treatment plant;
- 1 fire water pumping station.

Dismantling of the planned camps after closure will be discussed with the Mistissini Cree community and land users.

3.10.7 Transportation

The transportation of employees, equipment, consumables and copper concentrate is an issue for the surrounding communities and land users. Troilus Gold is working with the Minister of Transport and Sustainable Mobility (MTMD) and its regional partners to: 1) determine the best route for transporting the concentrate, 2) reduce potential impacts related to transportation, such as dust, noise and vibration, and 3) implement safety measures to reduce the possibility of collisions and spills.

Table 3.18 shows the estimated additional transport (round trips) that will be required during construction and operation of the Troilus mining project. This estimate is based on the proposed work schedule (7/7), the quantities of consumables (including transportation of residual materials to Chibougamau) and the transportation of concentrate. Equipment and supplies will be delivered in containers or in bulk directly to the site.

Table 3.18 Estimated Transport Requirements

Phase	Transport Activity	Number			
		Annual Round Trip	Passage Per Year	Passage Per Week	Passage Per Day
Construction	Employees	1 144	2 288	44	6*
	Supply	1 399	2 798	54	8
	Goods/equipment	2 600	5 200	100	14
	Total :	5 143	10 286	198	28
Operation	Employees	664	1 328	26	4*
	Supply	2 153	4 306	82	12
	Goods/equipment	200	400	8	1
	Concentrate	2 190	4 380	84	12
	Total :	5 207	10 414	200	29

* Employees will be transported once a week.

3.10.7.1 Commuting

Employees will be transported to the Troilus mine site by road, as was the case for the historic project. No airstrip is planned for the Troilus site. Employees will travel by bus from one of three pick up points in the surrounding communities.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

No employees will be allowed to travel to the Troilus mine site in their personal vehicles. However, Troilus-owned trucks will transport some employees from the designated pickup points to the project site and vice versa, according to their shifts and as needed.

3.10.7.2 Concentrate Transport

Several options were evaluated for transporting the copper concentrate, either by rail to the Horne smelter or to a port such as Quebec City or Montreal. Troilus believes that this option would be preferable from an economic, environmental and social standpoint. However, the infrastructure needed to transport the concentrate by rail is lacking in the region, notably a transshipment center and a 70 km section of track between Chapais and Lebel-sur-Quévillon, if transport to the Horne smelter were to be prioritized. That said, if the concentrate were to be transported by rail to a port, the only constraint on this option would be the construction of a transshipment site. It is important to note that the city of Chibougamau conducted a pre-feasibility study in 2013 and a non-binding application in 2017 for the possibility of developing an intermodal logistics center in Chibougamau (CLIC) on Route 167. Troilus supports this initiative and will prioritize the transportation of its concentrate by rail if the CLIC project goes ahead. Given the constraints in place, transporting copper concentrate by road is the preferred option. A detailed analysis of the routes to be prioritized for transporting the ore to avoid city centers is underway, and the final route will be decided in partnership with MTMD and the communities concerned.

The scenario adopted for the time being is that the copper and gold concentrate will be transported to the Horne smelter by closed 40-tonne trucks. Based on the use of 40-tonne trucks, Troilus estimates that the concentrate will require six trips per day. The proposed route totals 691 km and involves a journey time of 8.5 hours. Section 2.1.5 presents the chosen route.

It is likely that the copper concentrate will be split between the Horne smelter and a port that will take the concentrate overseas. This will further reduce the impact of concentrate transport on traffic levels on Route 167 South and Route 113. This option has not been pursued at present, but this could change should overseas companies prove interested in purchasing the concentrate.

3.10.7.3 Safety

Deliveries to the site will be verified at Chibougamau, with radio communication protocols (FM and CB) between the mine site and Chibougamau.

A speed limit of 70 km/h must be observed on the mine access road and on the Route du Nord. On-site traffic speed will be 50 km/h, with additional safety measures in high-risk areas such as near Cree camps, steep slopes, intersections and others.

Safety measures will be applied, and a procedure to reduce the risks associated with road transport, collisions and dust management due to increased traffic on the Route du Nord will be described in the upcoming Traffic Management Plan.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.10.8 Sand Pit

The Troilus mine project site already contains many of the materials required for construction of the planned facilities. Materials for the construction and raising of the tailing storage facility will come in part from the waste rock extracted during the operation and stripping of the Southwest pit, since it is located on an esker composed of glaciofluvial sand and gravel.

The remainder of the material required for other developments can be sourced from the many sandpits located nearby. In fact, there are currently more than 30 active non-exclusive surface mineral substances leases (BNE) in the vicinity of the project. These could be used for project purposes (Figure 3.11). Troilus currently holds seven BNE for the extraction of mineral substances that could be used during the operation phase for access road maintenance and rehabilitation (table 3.19).

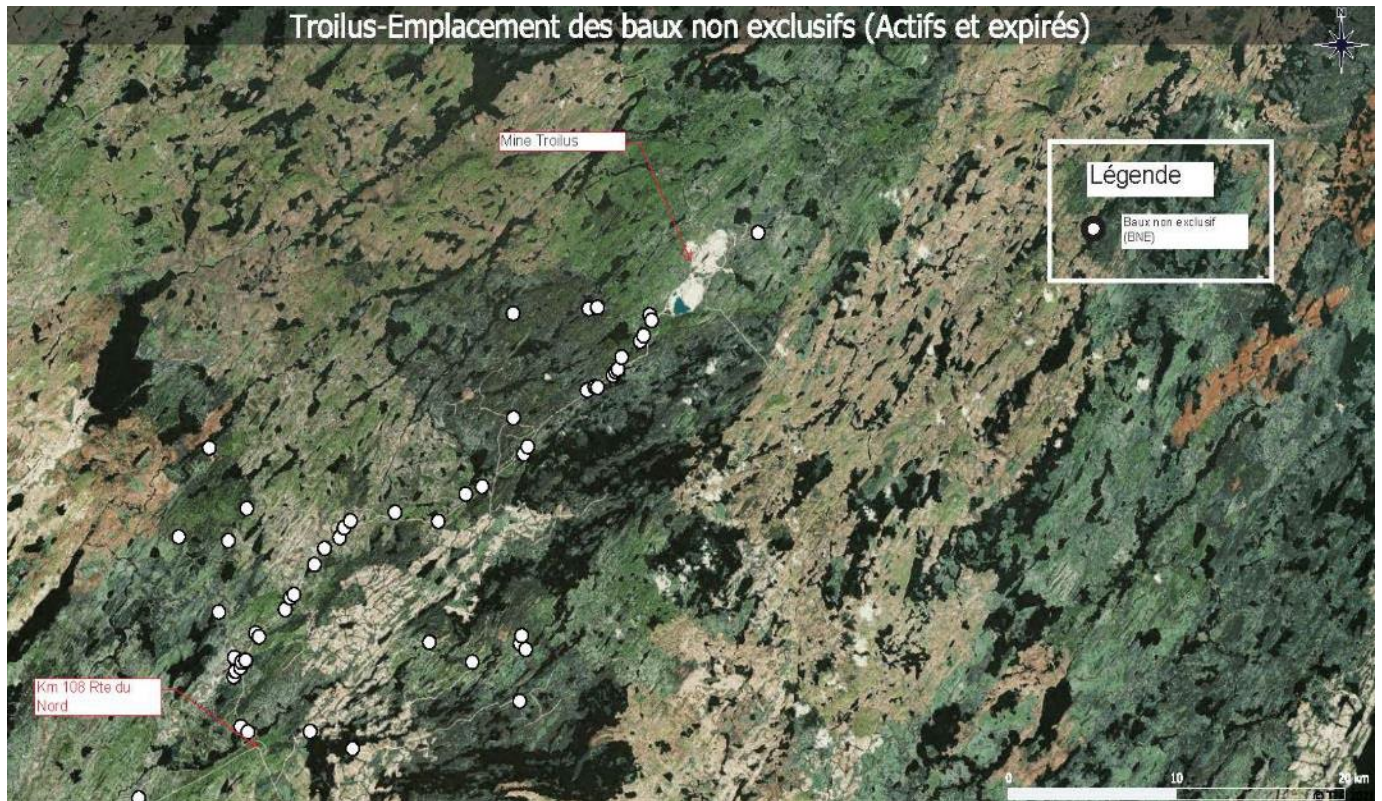


Figure 3.11 Location of Available Non-Exclusive Leases in the Vicinity of the Troilus Site

Table 3.19 List of Active Sand Pit

List of active borrow pits Number	Status	Name of operator	Deposit	Substance
BNE44607	Active	Troilus	Moraine	Gravel
BNE48196	Active	Troilus	Moraine	Sand
BNE52932	Active	Troilus	Moraine	Sand

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

BNE51266	Active	Troilus	Moraine	Gravel
BNE52377	Active	Troilus	Moraine	Sand
BNE51265	Active	Troilus	Moraine	Gravel
BNE48200	Active	Troilus	Moraine	Gravel, sand, other

3.11 Mine Restoration

The Troilus site was previously rehabilitated when the first operation closed in 2010. The lessons learned and findings from the various rehabilitation projects will be used to produce a restoration plan for the future operation. This closure and redevelopment plan will be submitted to the Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) prior to the start of project operations, in accordance with the provisions of the Mining Act (RLRQ, c. M-13.1). Site restoration will be carried out progressively for various facilities, such as the tailing storage facility, certain waste rock piles and open pits.

The future layout of the site after closure and reclamation is shown on Map 3.4. The preliminary design of the closure plan for the Troilus site was the subject of consultations with land users. The preliminary closure and remediation plan is available in Appendix D of the ESIA report.

3.12 Project phase

3.12.1 Construction

The main construction activities are:

- Clearing of areas where infrastructure will be built, and earthworks.
- Dewatering of pits 87 and J4.
- Relocation of existing waste rock piles west of the pit.
- Relocation of part of the access road and power transmission line.
- Construction camp;
- Bibou Creek Diversion;
- Dewatering of lakes PE 5, PE 6, PE7, PE8 and PE 9.
- Raising of the TSF dyke.
- Construction of buildings and installation of tanks.
- Preparation for mining: stripping, blasting, overburden stocking.
- Installation of roads and ditches.

Lakes PE5 to PE9 represent a series of small lakes that drain into Bibou Creek. These will have to be drained to allow construction of the southwest pit and diversion of the Bibou Creek. Part of the bathymetry of water body PE-5 will be used as a contact water retention structure to the south of the Southwest pit.

The volume of water contained in the water bodies has been estimated at 334,902 m³. The lakes will be fished prior to dewatering, and captured fish will be relocated to Lac Amont. Water from the lakes will be pumped into Bibou Creek, which is the current receiving waterbody. Particular care will be taken to ensure that water is pumped into Bibou Creek in such a way as not to overload the creek's capacity, and to prevent sedimentation of the creek.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.12.2 Operations

The main production activities are

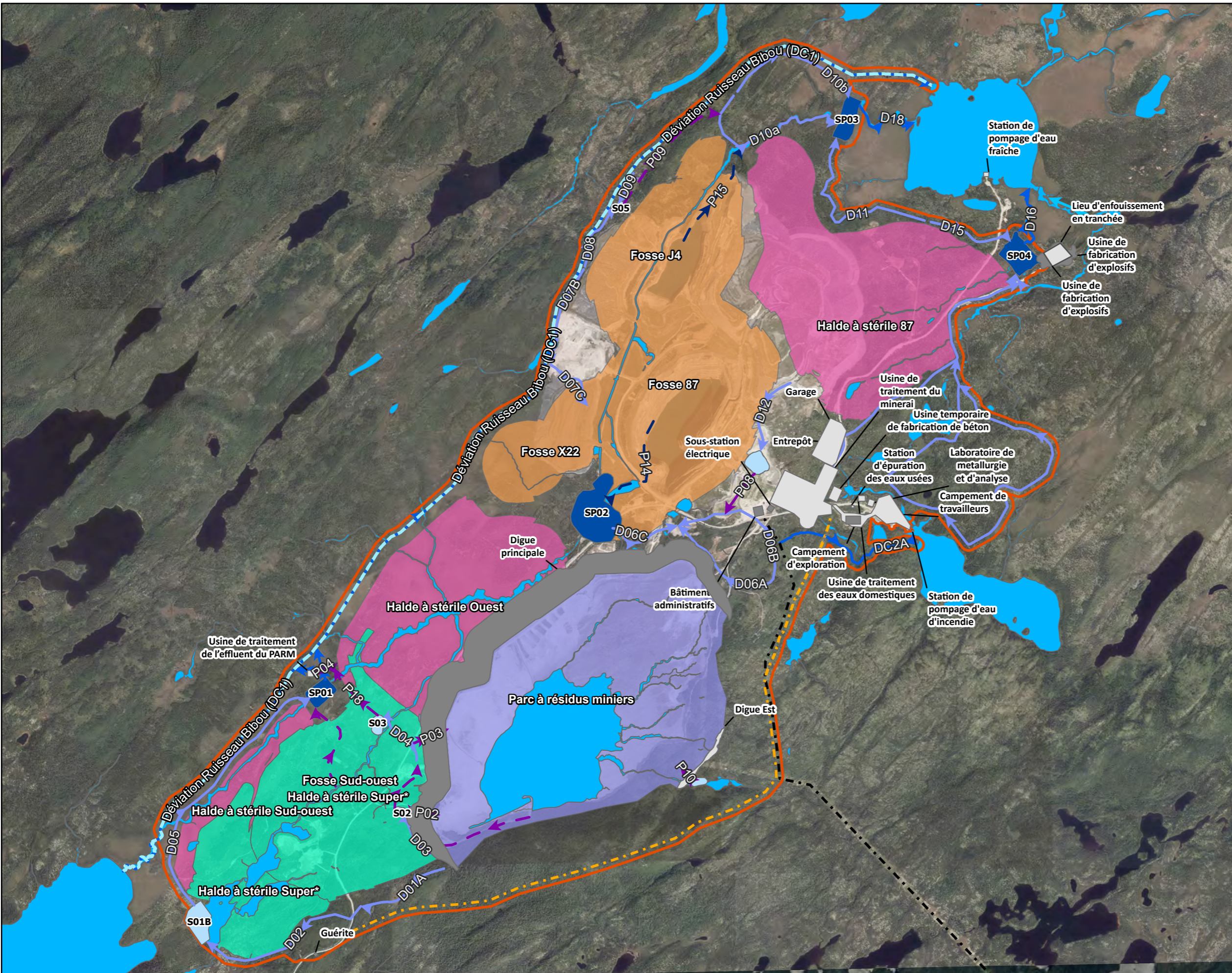
- Drilling and ore extraction;
- Ore processing (crushing, grinding and flotation).
- Disposal of waste rock in the waste rock pile and tailings in the TSF and open pits.
- Equipment and building maintenance;
- Water treatment.

These activities are described in detail in the preceding sections.

3.12.3 Decommissioning and Closure

The main reclamation activities are:

- Dismantling buildings;
- Revegetation of waste rock piles and disturbed sites.
- Flooding of pits J4, 87 and X22.



LÉGENDE / LEGEND

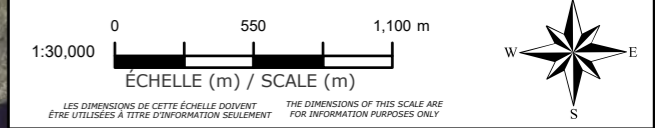
- Zone de développement du projet / Project Development Area
- Fosse / Open Pit
- Halde à stérile / Waste Rock Pile
- Halde à stérile super* / Super Waste Rock Pile*
- Parc à résidus miniers / Tailings Management Facility
- Bassin de sédimentation (SP##) / Sedimentation Pond (SP##)
- Puisard (S##) / 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

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.13 Labour Requirements and Training

Hiring of workers will begin as soon as the construction phase begins. Table 3.20 summarizes the workforce requirements identified for the first five years of mining operations. This requirement is subject to change over the life of the mining project. Over the 21 years of operation, the project will generate an average of 420 jobs. Troilus will promote local employment. During the construction phase, around 1,100 workers will be employed in building and developing the mine site. In the operating phase, approximately 450 workers will be employed. Work schedules for workers on the mine site are organized in 12-hour shifts, with a rotation of seven days of work followed by seven days of rest. For some management positions, the schedule is four days on, three days off.

With equal qualifications, Troilus will give priority to hiring workers in the following order: 1) workers from a family affected by the project, 2) workers from the Cree community of Mistissini, 3) workers from a Cree community other than Mistissini, 4) workers from non-indigenous communities potentially affected by the project (Chapais, Chibougamau), 5) workers from Quebec, 6) workers from elsewhere in Canada, 7) workers from abroad.

At the time of the historic project, the ratio of Cree employees to be respected was 25%, but despite the numerous measures put in place and the efforts made by the former promoter and the Cree community of Mistissini, this ratio was not achieved. Nevertheless, it remains likely that a similar target will be proposed as part of the Impact and Benefits Agreement.

A higher proportion of outside workers (workers from outside the Nord-du-Québec region) is anticipated during the construction phase, due to the number of positions to be filled and the number of workers in specialized trades who will need to be hired. During operation, Troilus will ensure that as many workers as possible come from the region and will provide incentives for workers based outside the region to relocate to the region. Similarly, during the closure phase and post-closure environmental monitoring, emphasis will be placed on maintaining jobs for workers based in the region.

Table 3.20 Anticipated Workforce for the Troilus Project During the Operation Phase

Category	Position	Number of employees
Maintenance	Maintenance superintendent	1
	General Maintenance Foreman	1
	Maintenance Shift Foreman	4
	Maintenance planner	2
	Maintenance clerk	1
Mining Operations	Mining Operations Superintendent	1
	Mining Operations General Foreman	1
	General Shift Foreman	4
	Junior general shift foreman	4
	Trainer	2
	General foreman	1
	Operations clerk	1

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Category	Position	Number of employees
Engineering	Chief engineer	1
	Senior engineer	1
	Open pit planning engineer	2
	Geotechnical engineer	1
	Blasting engineer	1
	Geotechnical technician	2
	Dispatch technician	4
	Surveying Technician	2
	Engineering clerk	1
Geology	Chief geologist	1
	Senior geologist	1
	Quality control geologist/modeler	2
	Sampling/geological technician	4
	Geology Clerk	1
Total		49
Hourly workforce		
General	Equipment operator	16
	Road crew/pumper	12
	Mine labourer	8
	Apprentice	4
	Mechanic	3
	Tire technician	6
	Lubrication truck driver	8
Mining operations	Driller	40
	Blaster	2
	Helper blaster	4
	Loader operator	4
	Hydraulic shovel operator	16
	Transport truck driver	156
	Bulldozer operator	16
	Grader operators	6
	Transfer loader operator	3
	Tank truck driver	11
Mine maintenance	Heavy equipment mechanic	63
	Welder	33
	Electrician	3
	Apprentices	9
Total		423

*The masculine form is used to simplify the text.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Vacancies are divided into four main categories according to the Mining Industry Human Resources Council. The level of education differs for each category, and each presents opportunities for on-the-job training.

1. **Labourer and operator positions:** the majority of positions available during construction and operation will be labourer and operator positions, such as labourers, drillers and some operators. These positions require a high school diploma or recognition of prior learning. These are positions for which training may take place directly in the field, either with mine trainers or through a training agreement with the training center present in the region.
2. **Skilled trades:** Skilled trades will be the second category of positions for which demand will also be very high. This category includes positions such as industrial mechanics, millwrights, electricians, instrumentation technicians and many others. These positions require a diploma or certificate from a vocational school, college and lend themselves equally well to on-the-job training.
3. **Science and engineering:** Many careers will require a college diploma in civil engineering technology or a university degree in mining engineering. Positions in this category include engineers, geologists, surveyors and others. In many cases, these positions require workers to belong to a recognized order such as the Order of Engineers. To be a member of an order, a candidate must work in his or her field and be sponsored by a member of the order in question. As a result, there will be many opportunities for internships and on-the-job training for candidates wishing to practice their regulated profession in the engineering field.
4. **Management:** Lastly, several management jobs will be opened. Management requirements differ from company to company but generally require a university education and experience in the management field in question. Examples of management positions include operations superintendent, environmental coordinator or trainer. As far as on-the-job training is concerned, employees moving into these positions will have completed training in their respective fields and, over time, will have acquired sufficient industry skills to be appointed to a management position.

Troilus will work with regional training centers such as Apatissiwini Skills Development (ASD) and the Centre de formation professionnelle de la Baie-James (CFP Baie-James) to set up training programs that will include on-the-job internships.

3.14 Policies

3.14.1 Diversity and inclusion

Troilus is committed to promoting diversity and inclusion within its workforce through targeted hiring policies. Aware of the challenges faced by under-represented groups such as women and Indigenous in the mining sector, the company strives to create a working environment that reflects the rich diversity of the company.

To this end, Troilus will adopt several concrete measures. Firstly, the company will establish partnerships with community organizations and educational institutions that support under-represented groups, in order to attract a wider range of candidates. Internship and mentoring programs will also be set up to

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

provide opportunities for young people from indigenous and non-indigenous communities, enabling them to learn about the mining sector and develop their skills.

Secondly, Troilus is committed to training its recruitment teams on unconscious bias and best practice in inclusive hiring. This will ensure that every candidate is assessed on the basis of their skills and potential, rather than stereotypes or prejudices.

Finally, the company will put in place performance indicators to track the evolution of diversity within its teams and ensure that its efforts are bearing fruit. Troilus will report on progress and challenges to the Cree Integration Committee, reinforcing the company's transparency and accountability towards its commitments.

3.14.2 Code of Conduct

Troilus has a Code of Conduct policy. The purpose of this policy is to specify the principles governing the behaviour and ethics of employees and directors. In general terms, the objectives of the policy are as follows:

- To promote honest and ethical behavior, including the ethical handling of apparent or real conflicts of interest between staff members and in professional relationships.
- To promote the prevention of conflicts of interest, including by informing a designated person in writing of any material transaction or relationship that could reasonably be expected to give rise to such a conflict.
- Promote full, fair, accurate, timely and understandable disclosure in reports and documents filed or submitted by the Company with securities regulators, and in all other public communications of the Company.
- Promote compliance with applicable government laws, rules and regulations.
- Promote the prompt reporting of violations of this Code to the appropriate internal person.
- Promote accountability for compliance with this Code.
- To guide employees, officers and directors of the Company in recognizing and dealing with ethical issues.
- Provide mechanisms for reporting unethical behaviour.
- Foster a culture of honesty and accountability within the Company.

This policy also provides a framework for workplace practices:

- A discrimination-free workplace;
- A workplace free from violent behavior.
- A healthy work environment, free from alcohol and drug abuse.
- A workplace free from nepotism.
- Avoidance of conflicts of interest.
- Compliance with laws and regulations.
- Confidentiality of privileged and confidential information and trade secrets.
- A clear procedure for reporting any actual or potential breach of this Code.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.14.3 Workplace safety

Troilus has an Occupational Health and Safety Prevention Program that includes the following elements:

- Company policy on the environment, health and safety, workplace harassment and crisis management.
- Roles and responsibilities for all personnel, including the health and safety committee.
- Communication plan, including communication procedures and an up-to-date contact list of departments, resources, authorities and stakeholders involved in the event in question.
- Assessment protocol including procedures to be followed for the following events:
 - A major fire or forest fire.
 - A general winter power outage.
 - An epidemic or food poisoning affecting the entire workforce.
 - An exceptional weather warning;
 - Any other cause that could pose a threat to Troilus personnel or persons on the Troilus site.

Troilus Gold will follow the best practices set out in the Mining Association of Canada's Towards Sustainable Mining (TSM) health and safety protocol and will update its Occupational Health and Safety prevention program to reflect any changes brought about by the new project.

3.15 Schedule

Troilus expects to obtain the necessary permits to start construction of the project in 2027-2028 and operation in 2029-2030. The following tables (3.21 and 3.22) show the planned milestones. Maps showing the main stages can be found in Appendix C.14 of the ESIA report.

Table 3.21 Sequence of Project Milestones

Phase	Year	Activities
Construction	-3	Dewatering of waterbodies PE5, PE6, PE7, PE8 and PE9
		Start of deforestation for infrastructure sites
		Start of construction of Bibou Creek diversion (DC1), DC2A diversion channel, ditches and sedimentation ponds
	-2	Construction of a new 50,000-t/d ore processing plant
		Construction of water management infrastructure around the developed stockpile zone
		Mining of a small pit west of the existing 87 pit to create space for the SP02 sedimentation pond
		Relocation of access road and power line
	-1	Start of overburden removal in 87 pit footprint
		Start of creation of waste rock pile 87 and overburden pile 87-1 to the northeast of the site
Mining	1	Raising of tailings storage facility
		Start of ore processing, expansion of 87 pit, start of mining of Southwest pit
	2	Creation of waste rock and overburden piles South-West
		Mining continues in 87 and Southwest pits
		Start of development of the West waste rock pile

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Phase	Year	Activities
	3 - 5	Active pits: 87 pit, Southwest pit and J4 pit (from year 5)
	6 - 10	Active pits: 87 pit, Southwest pit and J4 pit
		Excavation of 87 overburden pile to allow expansion of 87-1 waste rock pile; material used for progressive site restoration
	11 - 15	Start of tailings deposition in the South-West pit
		Excavation of South-West overburden pile to allow deposition of waste rock (creation of Super waste rock pile); material is used for progressive site rehabilitation
	16 - 20	Active pits: pit 87 and pit X22
		Beginning of mining of pit X22 (year 18)
		Deposition of waste rock on the footprint of the South-West pit
21	Progressive deposition of tailings in the J4 pit, then in the 87 pit	
21	Last year of mining (in X22 pit)	
22	Processing of ore stored in ore stockpile 2 (low-grade)	
Closure	22-24	Progressive closure of infrastructure and site rehabilitation to environmental standards

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Table 3.22 Project Schedule

Activity	Year																												
	*	*	-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
Submission of environmental impact study	-																												
Project review and acceptability		*																											
Mine site construction			-	-	-																								
Mining						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Dismantling and restoration																											-	-	-
Post-restoration follow-up																													*

*Duration not determined

3.16 Potential effects of the environment on the project

This section presents the main natural hazards and environmental conditions likely to affect the Troilus mining project, as well as the mitigation measures planned to limit potential negative impacts. The assessment focuses on the climatic and geotechnical hazards identified as relevant to the Nord-du-Québec region, in a context marked by the intensification of climate change.

Potential environmental impacts on the project result from the interaction between local environmental characteristics - such as topography, geology, hydrology and climate - and the technical specificities of mining infrastructures. The analysis is based on a variety of sources, including the environmental impact assessment guidelines, the terms of reference approved by the relevant authorities, the results of consultations with government agencies, indigenous communities and stakeholders, and a review of historical and current environmental conditions. Knowledge derived from future climate projections and anticipated climate change impacts enrich this assessment.

Based on these sources, the following environmental conditions are considered likely to influence project development:

- Climate
 - Heavy precipitation (duration and intensity);
 - Freezing rain;
 - Heat waves and droughts;
 - Winter thaws (frequency of occurrence);
 - Strong and gusty winds;
 - Changes in the hydrological regime;
 - Forest fires (frequency, severity and duration).
- Geotechnical events
 - Seismic activity;
 - Landslides.

In accordance with paragraph h, section 22(1) of the Impact Assessment Act (S.C. 2019, c. 28, s. 1), the project integrates environmental constraints from the design phase. As such, Troilus plans to implement mitigation measures to reduce the impacts of natural hazards, maintain the continuity of mining operations and guarantee worker safety and environmental protection.

3.16.1 Study Area Characteristics and Natural Hazards

3.16.1.1 Local Conditions

The Troilus project's Local Study Area (LSA) is located in a predominantly natural northern environment, within the Frotet-Troilus sector of Eeyou Istchee Baie-James (AGP, 2024). The territory is characterized by a moderately undulating relief, punctuated by outcropping rock formations, low hills and depressions occupied by wetlands or small to medium-sized waterbodies. Elevations generally range from 330 to 390 m, according to regional topographic data. This topographical configuration reflects a morphology inherited from Quaternary glacial episodes, with the presence of discontinuous morainal deposits and glaciofluvial materials on the surface (Gosselin, 1996; Groulier et al., 2020).

Geologically, the LSA and Regional Study Area (RSA) lie within a major deformation zone associated with the Frotet-Evans greenstone belt, a stable Archean formation well known for its gold and copper potential. The bedrock consists of alternating mafic to felsic volcanic rocks (notably basalt and andesite) and intrusions of diorite, tonalite and gabbro, locally altered by hydrothermal processes. These lithological units are partially overlain by glacial till and glaciolacustrine sediments (Gosselin, 1996; Groulier et al., 2020).

The region is subject to a predominantly continental subarctic climate, characterized by long, harsh winters and short, but sometimes hot, summers. Average annual temperatures fluctuate between -1°C and 1°C . In winter, temperatures can dip below -40°C , while in summer they can occasionally exceed 30°C . Annual precipitation averages 800 mm, much of it in the form of snow, accumulated mainly between October and April. The frost-free period is relatively short, varying from 90 to 120 days per year (Paquin et al., 2022; Bussière et al., 2021).

The local hydrological regime is dominated by a spring freshet linked to snowmelt, followed by low flows during the summer and winter seasons. The LSA is located at the head of several small sub-watersheds that feed into the Broadback River watersheds. This upstream position contributes to low susceptibility to flash flooding and greater stability of surface flows. Numerous wetlands, shallow lakes and gently sloping streams are distributed throughout the area, ensuring a natural regulating effect on hydrological flows (AGP, 2024).

3.16.1.2 Climate change and extreme weather events

In Quebec, climate change is already manifesting itself in rising temperatures, altered precipitation patterns and an intensification of extreme weather events (Ouranos, 2015; Bresson et al., 2017). These disruptions are having a significant impact on several economic sectors, including the mining industry, which is particularly vulnerable due to the nature and location of its activities (Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022).

Several studies have shown that mining projects located in Nord-du-Québec and the Eeyou Istchee James Bay (EIJB) territory are already exposed to the impacts of climate change. Among the main issues identified are infrastructure instability induced by freeze-thaw cycles, accelerated erosion of access roads and waste rock piles, more complex runoff water management, prolonged periods of drought, as well as an upsurge in forest fires (Hennigs and Bleau, 2017; Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022).

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Adaptation to climate change is now an imperative to ensure the sustainability of mining projects in Quebec. Integrating climate hazards into the design, planning and operation of mining sites makes it possible to protect the integrity of critical infrastructures, guarantee worker safety, preserve surrounding natural environments and ensure continuity of operations.

With this in mind, the scientific tools developed by the Ouranos consortium - in particular the climate scenarios based on the SSP2-4.5 (moderate) and SSP5-8.5 (high) emissions trajectories - provide a rigorous analytical framework for anticipating future conditions and supporting adaptation decision-making. These projections make it possible to accurately assess the evolution of temperatures, precipitation, hydrological regimes and extreme events likely to affect mining operations.

In accordance with Appendix 3.1 " Évaluation des effets potentiels des changements climatiques sur le projet " of this chapter, the Troilus mining project, located in a northern mining area of the EIJB region, is exposed to a range of climate hazards recognized as critical for the mining industry (Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022). Unless another reference source is mentioned, all impacts described in the following sections are taken from this climate analysis chapter.

Precipitation

The Troilus mining project area currently records an average annual precipitation of around 800 mm, including both solid (snow) and liquid (rain) precipitation. This historical value is relatively stable, although it shows a marked seasonal distribution, with a maximum observed between July and October, coinciding with operational activity at the mine site. Some 30% to 40% of annual precipitation comes in the form of snow, mainly between October and April.

Climate projections from Shared Socioeconomic Pathways (SSP) scenarios 2-4.5 (moderate) and 5-8.5 (pessimistic) anticipate an increase in total annual precipitation of 13% to 26% by 2070, with a first plateau estimated at 7% to 17% by 2050. Maximum daily precipitation could rise from 24 mm (current) to 28 mm under SSP2-4.5 and up to 31 mm under SSP5-8.5 by 2041-2070. The annual number of days with more than 20 mm of precipitation would also increase, from one to two days historically to three days under SSP2-4.5 and up to four days under SSP5-8.5 in the medium term.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

The frequency of extreme precipitation events, including convective and thunderstorm rainfall, will increase significantly. The reduced return periods of these events mean that they will occur more often and with greater intensity, putting drainage systems, ditches and retention ponds to the test. Although the territory's natural configuration, marked by an abundance of wetlands, shallow lakes and low-gradient streams, offers some retention capacity, it will probably not be enough to offset the amplified impacts of extreme precipitation.

The duration of continuous snow cover, currently estimated at between 160 and 180 days/year (1950-2010), is set to fall to 115 and 135 days by 2050. Under the SSP5-8.5 scenario, this reduction could reach more than two months by the end of the century (Paquin et al., 2022). The loss will be distributed between a later start to the season and an earlier melt, resulting in a steeper spring freshet that is more difficult to control.

As a result, the project calls for the reinforced sizing of retention basins and diversion devices. A hydrological amplification factor of 18% is applied to projected peak flows, in line with MTMD recommendations for 2025, and infrastructures are designed in compliance with Directive 019 concerning hydraulic capacity in mining contexts.

With regard to freezing rain, historical data show that the frequency of freezing rain episodes is generally low in the Troilus project area, located inland in the James Bay mining sector. This is probably due to the site's remoteness from coastal areas, where this phenomenon is more common. However, the uncertainties associated with projections remain significant, due in particular to the limited number of regional climate models available and the natural variability of this type of event (Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022).

Temperature

The Troilus mining project region is subject to a subarctic climate with continental influence, characterized by high seasonal thermal variability (Ouranos, 2015; Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022). Climate normal for the period 1991-2020 indicate an average annual temperature of around -0.1°C , with seasonal extremes ranging from -16.9°C in winter to 14.8°C in summer. Compared with the historical period (1971-2000), when the average annual temperature was estimated at -1.1°C , the region has warmed by around 1°C in just a few decades.

Climate projections corroborate the trend observed over recent decades. By 2041-2070, average annual temperatures could rise by between 1.0°C and 3.3°C , depending on the scenario. The greatest increases are expected in winter and spring, with mean winter temperatures likely to reach -12.4°C under SSP5-8.5, an increase of 4.5°C . Summer is also likely to follow this trajectory, with average maximum temperatures approaching 18°C , almost 3°C above normal.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Extreme temperatures are also changing. Summer days above 30°C, historically infrequent (1 to 2 days/year), could reach up to 13 days per year by 2070 under SSP5-8.5. In addition, summer minimum night-time temperatures are set to rise, reducing the frequency of cold nights and increasing that of moderate tropical nights, although their occurrence remains limited in this type of climate.

These thermal changes present major challenges for the integrity of mining infrastructures. Bussière et al (2017) point out that the increase in freeze-thaw cycles, combined with earlier snowmelt, could accentuate erosion, damage pavements and weaken retaining structures, dykes and waste rock piles, particularly in areas where the ground is partially frozen or poorly drained.

The expected reduction in the duration of snow cover will also contribute to changes in the hydrological regime, notably by intensifying spring flooding. These climatic changes will increase the project's vulnerability, making it all the more important to incorporate robust adaptation measures into infrastructure design and operation.

Hydrological regime

The hydrological regime in the LSA is influenced by precipitation, both snow and rain, as well as seasonal temperature variations (Ouranos, 2015; AGP Mining Consultants Inc., 2024). Currently, this regime results in a marked spring freshet, generated by the rapid melting of the snow cover, followed by lower flows during the summer and winter seasons (Ouranos, 2015; Paquin et al., 2022).

However, ongoing climate change is gradually altering these hydrological dynamics, making future trends both more uncertain and potentially more extreme (Ouranos, 2015). Hydroclimatic modelling suggests that by 2050, mean annual flows in the project area could increase by 20% to 40% compared to the 1971-2000 reference period. This increase would be particularly marked during winter, with over 90% of simulations anticipating an intensification of seasonal flows (Ouranos, 2015). This is due in particular to the shorter duration of snow cover, more frequent thawing episodes in the cold season, and earlier snowmelt (Ouranos, 2015; Paquin et al., 2022). These factors lead to a seasonal redistribution of runoff, reducing winter accumulation of water in solid form in favor of earlier, more concentrated runoff.

At the same time, the increased frequency of extreme weather events, such as intense precipitation events (> 20 mm/day), winter freeze-thaw cycles or thawing weather in normally cold periods, will accentuate the variability of water inputs to the site (Ouranos, 2015; Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022). A more intense spring freshet, concentrated over a shortened period, could overload the project's hydraulic infrastructures, increasing the risk of overflowing retention basins and uncontrolled discharges to the natural environment.

Furthermore, projections associated with the SSP5-8.5 scenario indicate a decrease in continuous wet periods from the 2050s onwards, giving way to more prolonged droughts. This trend raises particular concerns for the closure and post-closure phases of the site, as a stable water regime is crucial to ensure the success of ecological restoration measures, soil stabilization and the durability of structures (Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022).

In this context, changes in the hydrological regime call for a rigorous adaptive management approach. The design and operation of the project's hydraulic infrastructures will have to integrate these new

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

climatic realities, based on updated modelling, increased safety margins, and reinforced monitoring of meteorological and hydrological conditions.

Forest fires

Forest fires are a natural phenomenon essential to maintaining the balance of ecosystems. However, in the context of climate change, their behavior is changing in a worrying way. Fire seasons are becoming longer, and fires more intense and frequent (Bossé and Bergeron, 2024). This evolution alters the natural dynamics of forest regeneration and increases risks to the safety of neighboring communities, the economy of forest regions and the health of populations (Bossé and Bergeron, 2024; Boulanger, 2024).

In this context, the location and ecological characteristics of the Troilus site require particular attention. The project site covers an area of 435 km², or 43,500 ha (AGP Mining Consultants Inc., 2024). Within this area, terrestrial vegetation covers 3,923.72 ha (66.6%), while wetlands cover 1,128.7 ha (19.2%). Among the terrestrial vegetation formations, coniferous softwood stands dominate the landscape, covering 1,765.3 ha, or 30% of the inventoried area. Wooded wetlands account for around 433 ha, divided between 432.1 ha of wooded peat bogs and 0.8 ha of wooded swamps.

The impact of climate change on regional weather patterns further accentuates this vulnerability. In the northern regions of Quebec, particularly in the EIJB territory, summer temperatures are rising, drought episodes are multiplying, and dry lightning is becoming more frequent. Together, these factors create a highly favorable environment for the initiation and spread of forest fires (Ouranos, 2015; Bussière et al., 2017; Paquin et al., 2022).

The year 2023 provides a concrete illustration of the intensification of these extreme climatic phenomena. Designated the "season of all records" by the Société de protection des forêts contre le feu (SOPFEU), the year 2023 was marked by fires of exceptional magnitude in Nord-du-Québec. Several major fires were reported in the immediate vicinity of the Troilus site, within a 100-km radius of Mistissini (80 km), Chibougamau and Ouj -Bougoumou (123 km), and Chapais (140 km), some of which affected areas in excess of 180,000 ha (Figure 3-12). The rapid spread of flames and toxic smoke led to the preventive evacuation of many communities, underlining the region's heightened vulnerability to this climatic hazard.

In 2023, only eight significant fires were recorded in the vicinity of the site, totalling over 330,000 ha burnt. These recent events, which are part of a regional dynamic of recurring fires, reinforce the importance of integrating fire risks into the project's infrastructure design and emergency planning (SOPFEU, 2024).

PROJECT DESCRIPTION

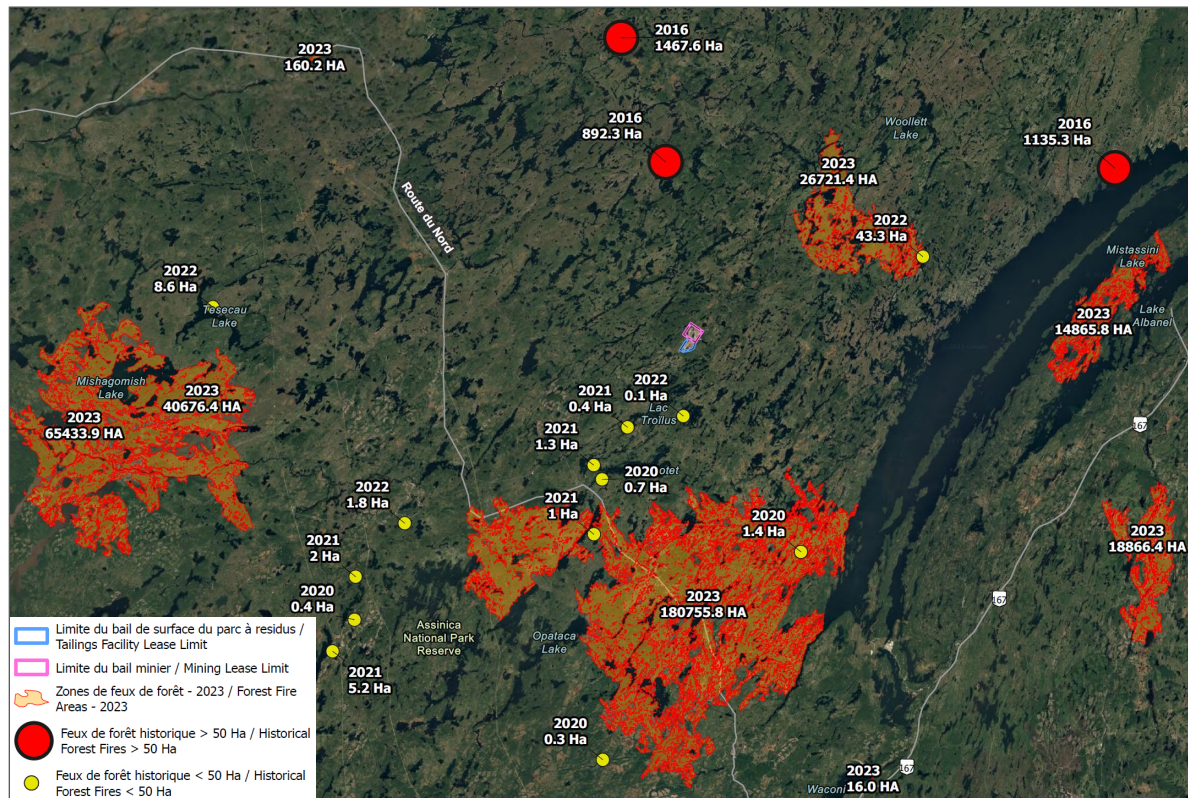


Figure 3.12 Forest fires within a 100 km radius of the Troilus mine site

3.16.1.3 Seismic activity and Landslides

The LSAs and RSAs are classified as low to very low seismicity zones by Natural Resources Canada (NRCan, 2023). This classification is based on the analysis of historical records and probabilistic modelling on a national scale. No significant seismic activity has been recorded within a 100 km radius of the site in recent decades, and no significant earthquakes have been documented since instrumental surveys began. The Frotet-Troilus region is located far from the main active faults in Quebec, notably the Saguenay and Charlevoix faults, which are more tectonically active (Gosselin, 1996; Groulier et al., 2020).

Geologically, the bedrock at the site belongs to the Frotet-Evans greenstone belt, composed of stable Archean formations that are little affected by recent tectonic deformation. These units are locally overlain by till and glaciofluvial deposits, unlikely to react unstably to light seismic shocks (Gosselin, 1996; Groulier et al., 2020). The structural stability of the Archean bedrock, combined with the absence of active fault zones, thus considerably limits the seismic risk in the local project area.

As far as landslides are concerned, the moderately undulating relief of the study area, with altitudes generally between 330 and 390 m, presents few steeply sloping areas that could generate mass movements. The morphology of the area, inherited from glacial processes, is mainly composed of low hills, outcropping rock formations, flat or gently sloping terrain, and depressions occupied by wetlands or

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

shallow waterbodies. This geomorphological context contributes to a low susceptibility to landslides (AGP Mining Consultants Inc., 2024).

No soil instability was observed during the geotechnical and environmental characterization campaigns carried out at the site. In addition, the presence of well-drained morainal and glaciofluvial deposits, the absence of steep slopes or water-saturated soils, and the dense vegetation cover - composed mainly of coniferous stands and forested peat bogs - favour ground stability by limiting erosion and destabilization processes (AGP Mining Consultants Inc., 2024).

Thus, the potential for seismic activity and landslides in the local Troilus project area is considered very low, both historically and geotechnically. Nevertheless, in the interests of prevention and the robustness of mining infrastructures, applicable design standards, notably the National Building Code of Canada and the directives of the Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), will continue to be rigorously applied.

3.17 Taking Climate Change into Account

The Troilus mining project integrates climate resilience right from the design and planning phase. An assessment of the potential impacts of climate change has been carried out for the entire life cycle of the project, covering the construction (2025-2027), operation (2028-2038), closure (2039-2040) and post-closure (2040-2045) phases.

This assessment is based on guidelines issued by the Québec Provincial Ministry of Environment, the Fight Against Climate Change, Wildlife and Parks (MELCCFP) in 2021, ECCC (2022) and international standards ISO 14090:2019 and ISO 14091:2021, which provide a framework for integrating climate risks into infrastructure projects. Two scenarios from the 6th phase of the CMIP6 project were used, namely SSP2-4.5 (moderate) and SSP-8.5 (high) for the projected horizons 2011-2040 and 2041-2070.

Climate hazards (extreme precipitation; hydrological changes, winter thawing and freezing cycles, warming temperatures and forest fires) were considered in:

- Infrastructure sizing (e.g. pits, basins, roads, buildings).
- Choice of freeze-thaw and heat-resistant materials.
- Water management (drainage, flooding, drought) and fire prevention.
- Post-closure restoration, adapted to projected drought conditions.

The assessment highlights several vulnerabilities of the project to average and extreme conditions:

- Heavy precipitation and hydrological change:
 - Increase in the annual number of days with rainfall in excess of 20 mm, from 1 day (1971-2000) to up to 4 days (SSP5-8.5, 2041-2070).
 - Maximum 24-hour precipitation of up to 31 mm.
 - Risk of collapse of stockpiles, flooding of pits, overflowing of basins and erosion of access roads.
- Higher air temperatures:

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

- Increase in annual maximum temperatures from -1.1°C (1971-2000) to $+3.3^{\circ}\text{C}$ (SSP5-8.5, 2041-2070).
- Up to 9 days/year with temperatures above 30°C , compared with 1 day historically.
- Anticipated impacts on productivity, thermal comfort, evaporation and cooling requirements of buildings and equipment.
- Freeze-thaw cycles and winter thaws:
 - Freeze-thaw events increasing from 4 days/year (1991-2020) to up to 6.4 days/year (SSP5-8.5).
 - Increased risk of concrete cracking, embankment instability, heaving of buried structures and road degradation.
- Drought and water management:
 - Fewer wet periods expected from 2050 onwards, particularly under SSP5-8.5.
 - Potential impact on revegetation, soil stabilization and water availability in the post-closure phase.
- Forest fires:
 - Extension of fire season from 161 to 187 days/year.
 - Doubling of the number of days with moderate to severe conditions, according to the Buildup Index (BUI) ($\text{BUI} \geq 40$).
 - Risks to workers' health, logistics, sensitive infrastructures and business continuity.

The analysis shows that the anticipated impacts of climate on the project are significant, particularly with regard to water management, infrastructure sustainability and operational safety.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

3.18 References

- AGP Mining Consultants Inc (AGP). 2024. NI 43-101 Feasibility Study: Troilus Gold - Copper Project Québec, Canada, 616 p. Available online: <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. Available online: https://climatoscope.ca/wp-content/uploads/2024/09/Le_Climatoscope_Num6_2024_4-Bosse.pdf
- Boulanger, Y. et al. 2024. The 2023 wildfire season in Québec: An overview of extreme conditions, impacts, lessons learned and considerations for the future. Available online: <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, Montreal, 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 al. 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 Available online: <https://mmf.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, Quebec: 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. Available online at <https://gq.mines.gouv.qc.ca/documents/examine/ET9602/ET9602.pdf>
- Groulier, P.-A. et al. 2020. Synthèse géologique de la ceinture de Frotet-Evans, segments Evans-Ouagama et Storm-Evans. MRN; MB 2020-14, 128 p. Available online: <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. Report presented to the James Bay Advisory Committee on the Environment. Available online: https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-07/proj-201419-enord-bleau-rapportfinal_1.pdf
- Laurentia exploration. 2018. Augustin, J., 2018. Rapport des travaux statutaires - automne 2018, propriété Troilus, Baie-James, Québec, Canada. 38 pages et annexes.

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

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. Available online: <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. Available online: <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. Available online: <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. Available online: <https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-12/proj-201419-synthese2015-rapportcomplet.pdf>

Paquin D. et al. 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. Final report submitted to the ministère des Transports du Québec. Ouranos and INRS. 904 p. Available online: <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, Quebec, Canada,

Natural Resources Canada (NRCAN). 2023. Zonage sismique du Canada – Carte de l'aléa sismique. Available online: <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. Opinaca Mines Ltd. Rapport final. Newmont Goldcorp Éléonore. 173 p and appendices.

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

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION

Appendix 3.1 Assessment of the potential effects of climate change on the project



**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	Signature numérique de Leclerc, Liza Date : 2025.06.23 09:04:02 -04'00'

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).

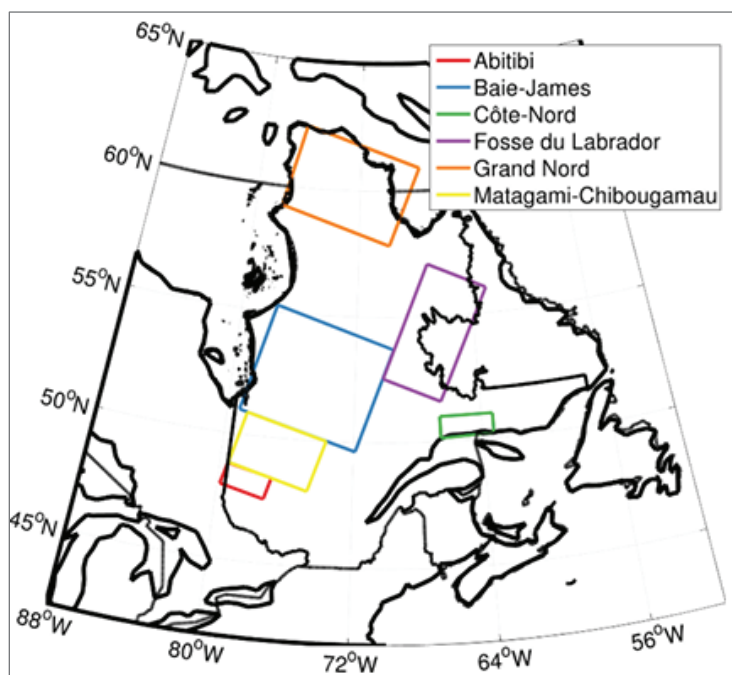


Figure 1.1 Les régions minières au Québec

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

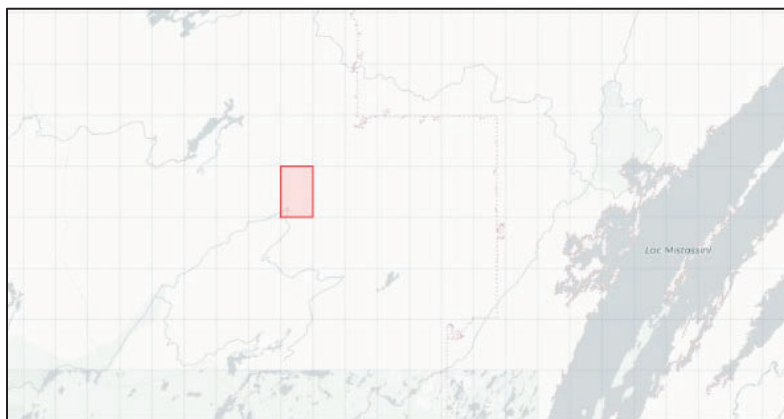


Figure 1.2 Point de grille sélectionné pour l'extraction des données climatiques

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).

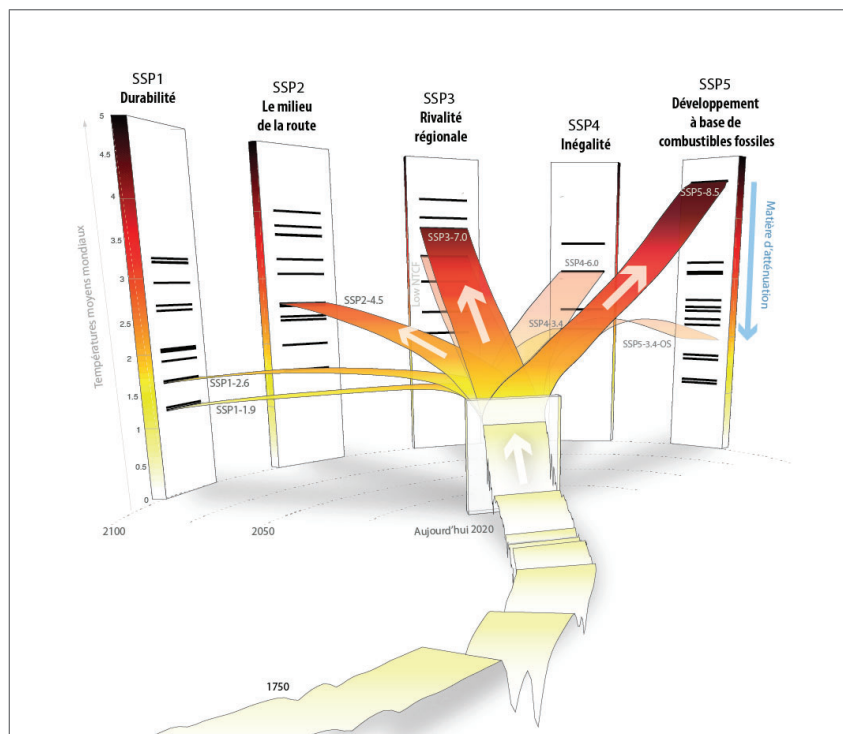


Figure 1.3 Les scénarios des trajectoires communes d'évolution socio-économiques (SSP- Shared Socioeconomic Pathways) du 6^e rapport du GIEC

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 du 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		Déviations 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 l'entretien des équipements/machinerie lourde			X		X	X	X
Phase d'exploitation (2028-2038)							
Exploitation de la mine et traitement du minéral		Émissions de poussières venant du parc à résidus	X	X	X	X	X
Gestion des résidus et des stériles		Collecte des eaux de ruissellement 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 l'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
Envolement 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 l'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, épaissement, 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	
Manutention	Décharge sanitaire		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				Feux de forêt plus importants
	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	
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		
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	
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

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

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'alea climatique	Catégorie d'actifs / processus du projet susceptible d'être affecté par l'alea	Conséquences possibles sur les composantes spécifiques du projet	Effet du projet sur le milieu		
Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses	Fortes précipitations	Excavation et travaux, maintenance	Effet du climat sur le projet Affaissement des piles de stockage; Inondations localisées sur le site; Erosion 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; Elaborer 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 maintenance	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 maintenance	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.		
		Transport	Fermetures de routes, ralentissement du transport des travailleurs et des ressources; Augmentation du risque d'accident sur les routes.			
		Procédé et maintenance	Système d'assèchement (temps, énergie): neige dans les fosses à enlever avec les matériaux excavés ou à laisser fondre et drainés vers le puisard de la mine.	Déversement et rejet potentiel de neige contaminée dans l'environnement.		
	Pluies verglaçantes	Formation de glace en surface	Environnement bâti	Augmentation de charge sur les toits, augmentation du risque de défaillance des toitures.		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 maintenance	Réduction de l'efficacité des systèmes de drainage; Augmentation des risques d'endommagement des lignes de transport d'électricité et de pannes électriques.		
			Procédé et maintenance	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.	
			Procédé et maintenance	Les événements de gel-dégel peuvent rendre inefficaces les systèmes de drainage.		
					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 polliques 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				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				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/m ³ (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 pi ² 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.	
		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.	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.	
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.

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).

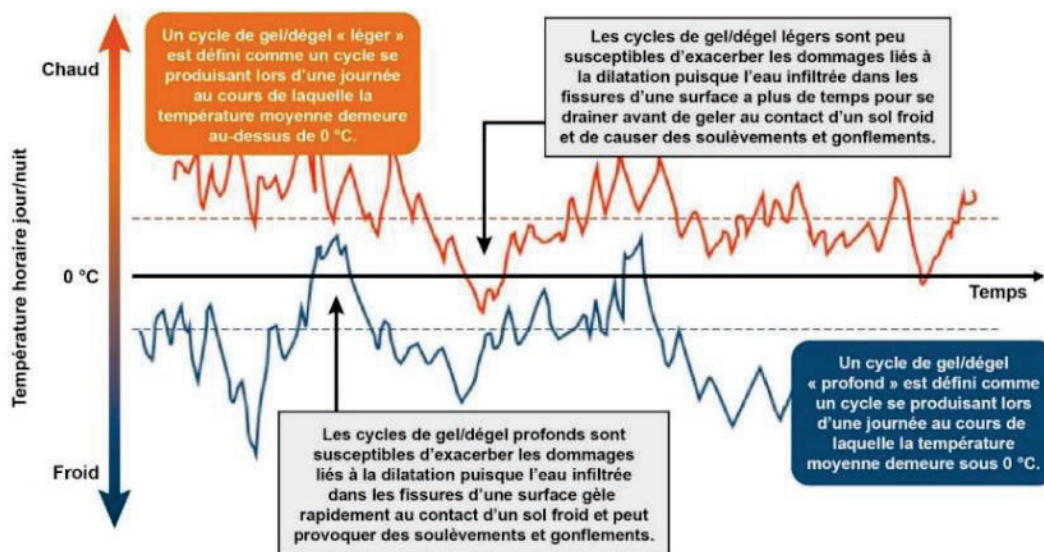


Figure 4.1 Représentation graphique des cycles gel-dégel profond et léger

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.jobbe.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

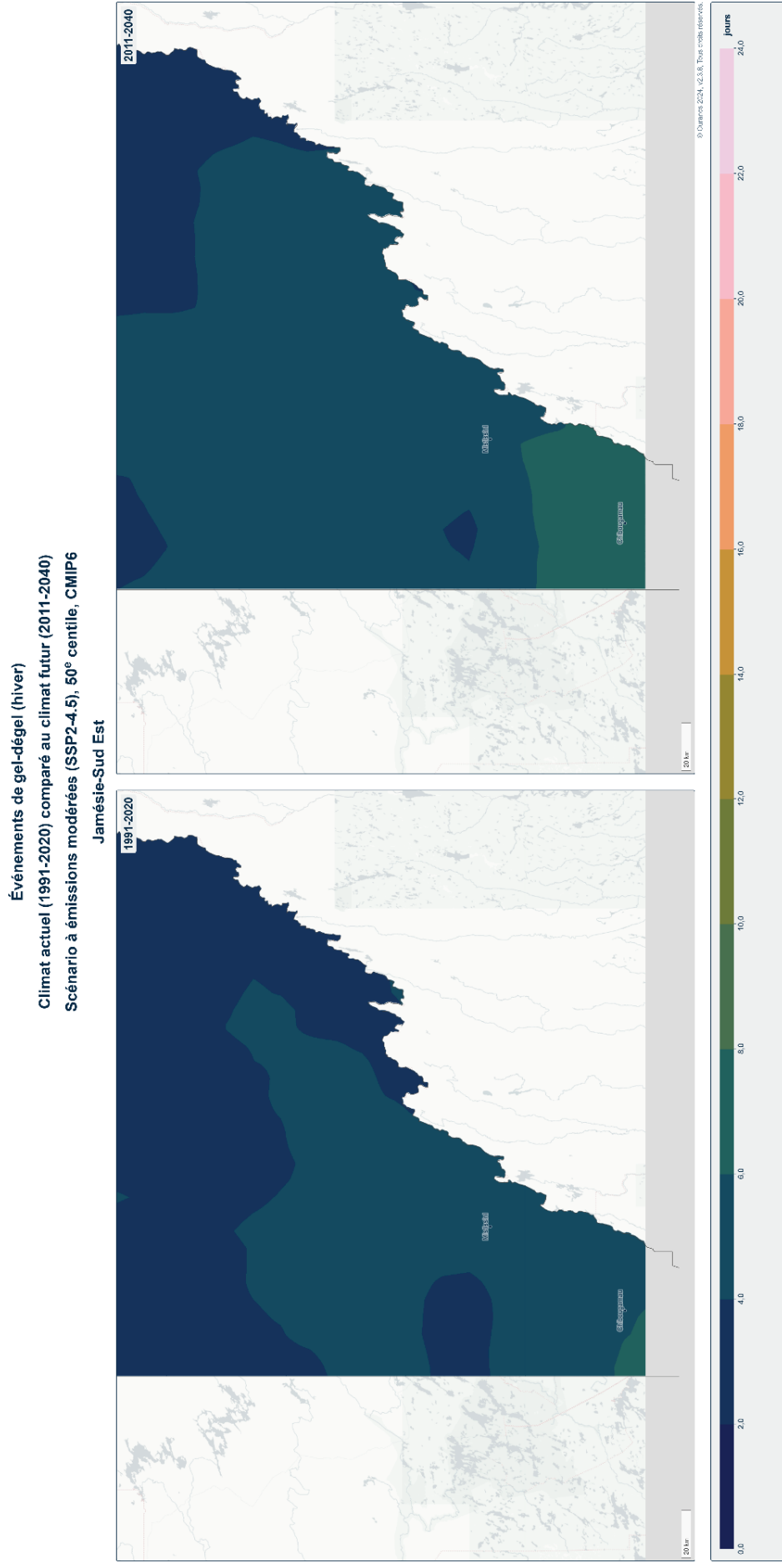


Figure A-1 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l'horizon 2011-2040 (SSP2-4.5)

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

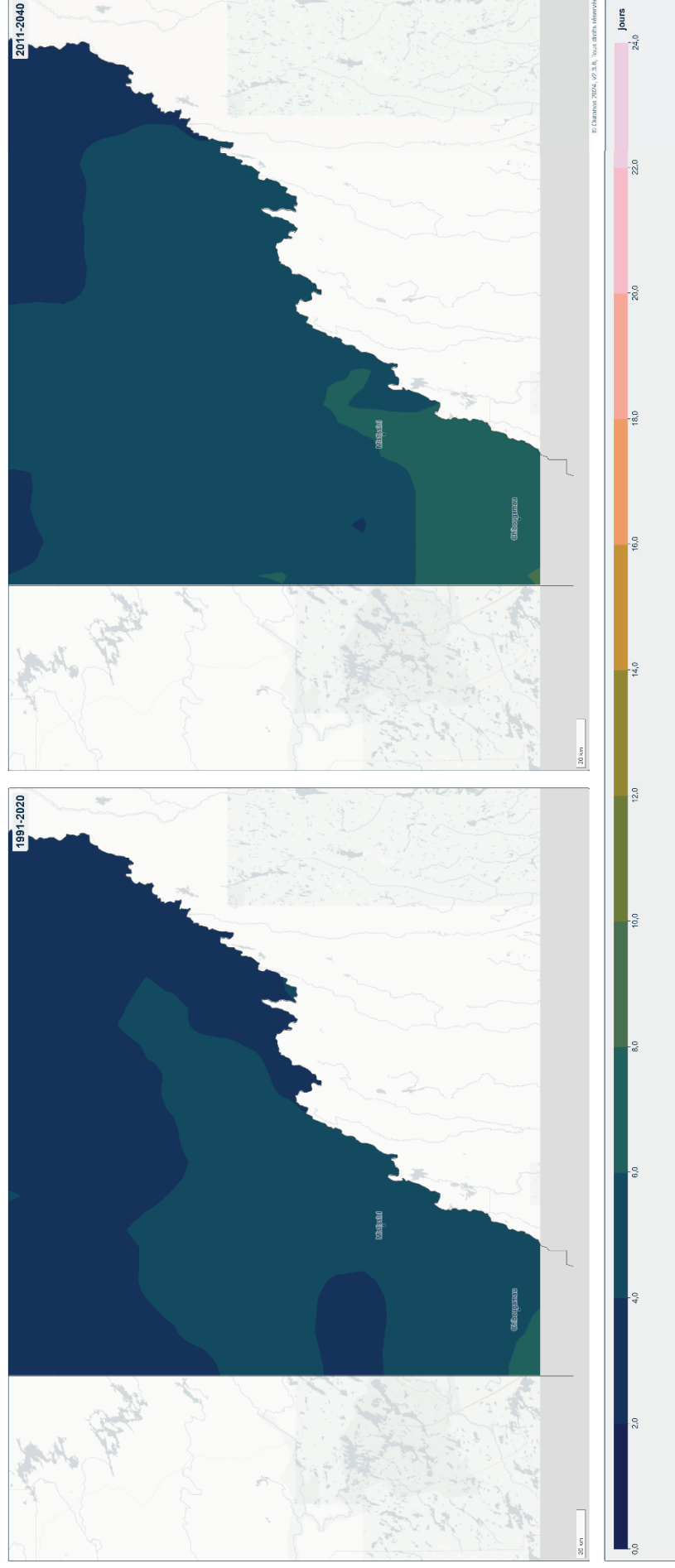


Figure A-2 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l'horizon 2011-2040 (SSP5-8.5)

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

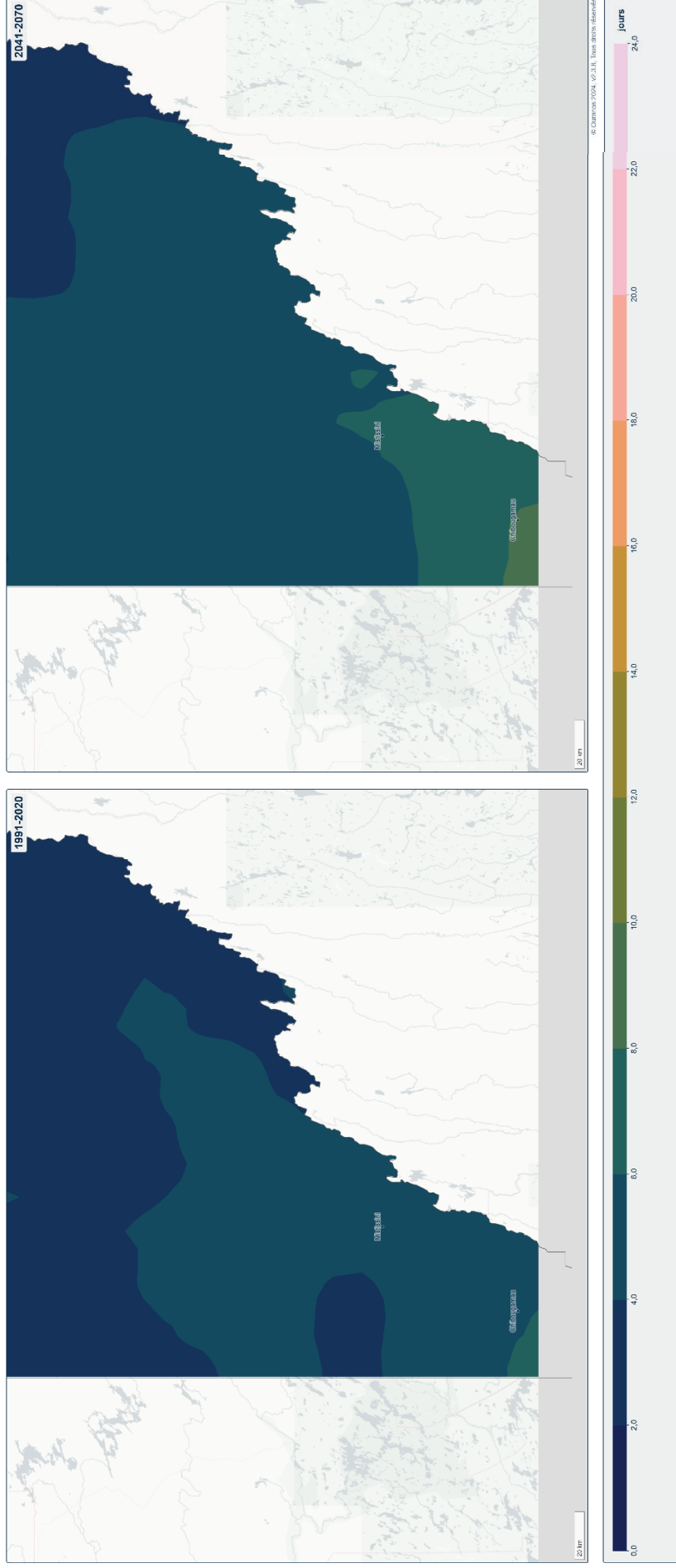


Figure A-3 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l'horizon 2041-2070 (SSP2-4.5)

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

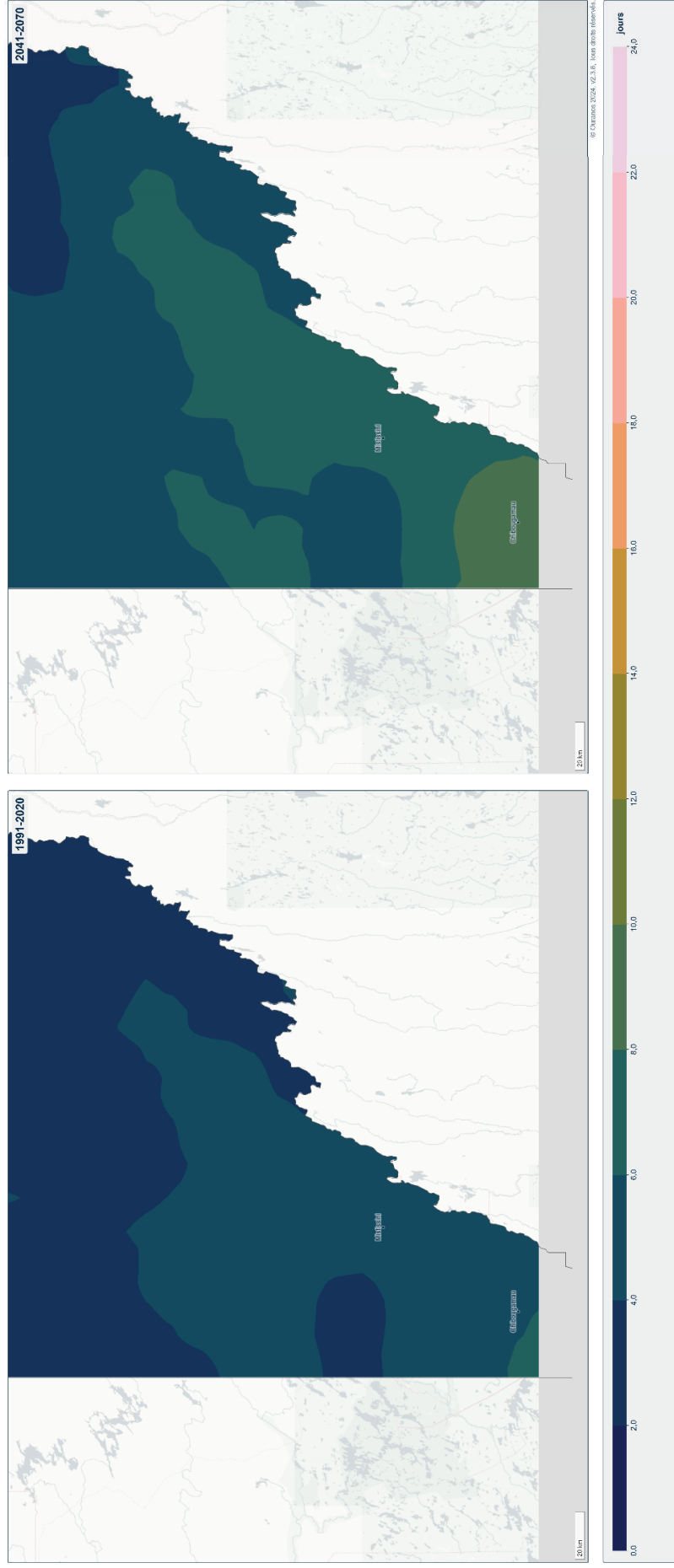


Figure A-4 Carte comparative des événements de gel-dégel pour l'horizon 2041-2070 (SSP5-8.5)

Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

PROJECT DESCRIPTION