



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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

14.	QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES	14.1
14.1	PORTÉE DE L'ÉVALUATION	14.1
14.1.1	Cadre réglementaire	14.1
14.1.2	Incidence de la consultation et la mobilisation	14.3
14.1.3	Impacts potentiels, voies d'actions et paramètres mesurables	14.3
14.1.4	Limites spatiales et temporelles	14.4
14.1.5	Caractérisation des impacts résiduels	14.11
14.1.6	Définition des seuils de détermination de l'importance	14.13
14.2	DESCRIPTION DE LA CV.....	14.13
14.2.1	Méthodologie	14.13
14.2.2	Conditions avant l'implantation de la mine.....	14.15
14.2.3	Conditions actuelles	14.16
14.3	INTERACTIONS DU PROJET AVEC LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES ..	14.27
14.4	IMPORTANCE DES IMPACTS RÉSIDUELS ANTICIPÉS	14.28
14.4.1	Contamination par les métaux.....	14.29
14.4.2	Contamination par les hydrocarbures.....	14.33
14.4.3	Enrichissement en nutriments ou en nitrates.....	14.35
14.4.4	Résumé des impacts résiduels.....	14.37
14.5	NIVEAU DE CONFIANCE	14.38
14.6	RÉFÉRENCES.....	14.39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 14.1	Résumé de l'information clé, du savoir traditionnel et des préoccupations pour le projet lié à la qualité de l'eau souterraine	14.3
Tableau 14.2	Impacts potentiels, voies d'action et paramètres mesurables pour la qualité des eaux souterraines	14.4
Tableau 14.3	Caractérisation des impacts résiduels pour la qualité de l'eau souterraine....	14.11
Tableau 14.4	Résumé des dépassements des critères EC et RES dans les eaux souterraines – puits installés dans les dépôts meubles	14.18
Tableau 14.5	Résumé des dépassements des critères EC et RES dans les eaux souterraines – puits installés dans le roc.....	14.20
Tableau 14.6	Calcul des teneurs actuelles en métaux dans l'eau souterraine	14.21
Tableau 14.7	Résumé des tendances significatives du test de Mann-Kendall entre 2005 et 2023.....	14.22
Tableau 14.8	Source d'information selon le paramètre dans l'indice DRASTIC	14.24
Tableau 14.9	Interaction anticipée du projet avec la qualité des eaux souterraines	14.27
Tableau 14.10	Impacts résiduels anticipés du projet sur la qualité des eaux souterraines...	14.37

LISTE DES CARTES

Carte 14.1	Zone d'étude locale et puits de suivis.....	14.7
Carte 14.2	Zone d'étude régionale	14.9
Carte 14.3	Indice DRASTIC.....	14.25

Acronymes et abréviations

Ag	Argent
Al	Aluminium
AINQ	Association des Inuits du Nouveau-Québec
As	Arsenic
B	Bore
Ba	Baryum
Be	Béryllium
Bi	Bismuth
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylènes
CBJNQ	Convention de la Baie-James et du Nord québécois
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CCMRE	Conseil canadien des ministres responsables de l'environnement
CFTP	Critère de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore
Cr	Chrome
Cd	Cadmium
Co	Cobalt
CPC	Critère de qualité pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques
Cu	Cuivre
CV	Composante valorisée
CVAA	Critère de qualité pour la protection de la vie aquatique – impact aigu
CVAC	Critère de qualité pour la protection de la vie aquatique – impact chronique
DMA	Drainage minier acide
DRASTIC	D (Profondeur statique de l'eau), R (Recharge de l'aquifère), A (Aquifère), S (Sol), T (Terrain), I (Impact de la zone vadose), C (Conductivité hydraulique (m/j))
EC	Eau de consommation
ÉIES	Étude d'impact l'environnementale et sociale
Fe	Fer
GCC	Grand Conseil des Cris

HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
Hg	Mercure
HP	Hydrocarbures pétroliers
K	Potassium
Li	Lithium
LEI	Loi sur l'évaluation d'impact
LEP	Loi sur les espèces en péril
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
MW	Monitoring Well (puits de suivi environnemental)
Na	Sodium
Ni	Nickel
OD	Oxygène dissous
ORP	Oxidation-Reduction Potential (potentiel d'oxydo-réduction)
Pb	Plomb
PZ	Piézomètre
REAFIE	Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement
REMMMD	Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants
RPRT	Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains
RES	Résurgence dans les eaux de surface
Sb	Antimoine
Se	Sélénium
Si	Silicium
Sn	Étain
Sr	Strontium
TDFN	Teneur de fond naturelle
Te	Tellure
Th	Thorium
Ti	Titane

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

TI	Thallium
U	Uranium
V	Vanadium
ZDP	Zone de développement du projet

ZEL	Zone d'étude locale
ZER	Zone d'étude régionale
Zn	Zinc

14. Qualité des eaux souterraines

14.1 Portée de l'évaluation

14.1.1 Cadre réglementaire

Le projet minier Troilus de Troilus Gold Corp. (Troilus) est situé sur le territoire conventionné d'Eeyou Istchee-Baie James, dans le Nord-du-Québec. Il est de ce fait régi par la Convention de la Baie-James et du Nord québécois (CBJNQ), signée en 1975 entre les gouvernements du Canada et du Québec, le Grand Conseil des Cris (GCC) et l'Association des Inuits du Nouveau-Québec (AINQ).

La CBJNQ prévoit entre autres la division du territoire en terres de catégories I, II et III. Les terres de la catégorie I sont réservées à l'usage exclusif des Cris, tandis que les terres de la catégorie II, contiguës aux terres de la catégorie I, font partie du domaine public québécois, où les Cris ont des droits exclusifs de chasse, de pêche et de trappage.

Le site du projet minier Troilus se trouve sur le territoire du Gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James. Plus précisément, le site est situé sur le territoire de la communauté crie de Mistissini, sur des terres de catégorie III. Selon la CBJNQ, les terres de catégorie III sont des terres publiques faisant partie du domaine de l'État. Sur les terres de catégorie III, les Premières Nations possèdent un droit de chasse, de pêche et de piégeage, sans permis, sans limites de prise et en tout temps, sous réserve du principe de conservation (COMEX, 2022). Sur ces terres de catégorie III, les droits miniers appartiennent au gouvernement provincial. Cependant, compte tenu des interactions des eaux souterraines du site avec des eaux de surface qui relèvent de la compétence du gouvernement fédéral, la conception et la réalisation du projet devront aussi respecter la réglementation fédérale applicable.

La législation applicable aux eaux souterraines comprend les lois, règlements, politiques et directives ci-après.

14.1.1.1 Provincial

Loi sur la qualité de l'environnement

La Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) prescrit pour la réalisation de projets miniers, l'obtention d'autorisations conformes à la réglementation. Les principaux règlements et politiques applicables au volet eaux souterraines du projet Troilus sont les suivants :

- Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection;
- Règlement sur la qualité de l'eau potable;
- Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains;
- Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés;
- Règlement sur le captage des eaux souterraines;
- Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau;

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

- Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel.

Directive 019 sur l'industrie minière

Dans le cadre de cette directive, le Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE) précise notamment les activités soumises à une autorisation ministérielle, ainsi que les renseignements et documents requis pour une telle demande. Selon le cas, cela peut inclure un programme de contrôle des eaux souterraines, une étude hydrogéologique ou un programme détaillé de suivi environnemental des eaux souterraines. À noter qu'une nouvelle version de la Directive 019 (MDDEP, 2012) a été publiée le 13 février 2025, mais elle ne s'applique pas à ce projet en raison du processus d'évaluation déjà en cours, mais s'appliquera pour les projets.

14.1.1.2 Fédéral

Au niveau fédéral, le projet Troilus est assujéti à la Loi sur l'évaluation d'impact (LEI), étant donné que la production de minerai prévue dépasse 5 000 t/j (Règlement désignant les activités concrètes (DORS/2019-285).

Le projet est aussi assujéti au Règlement sur les effluents des mines de métaux et de diamants (REMMMD), en vertu de la Loi sur les pêches, qui encadre les rejets d'effluents miniers dans les eaux naturelles. Dans le cadre du volet hydrogéologique, ce règlement impose des normes strictes concernant la qualité de l'eau de surface et souterraine susceptible d'être affectée par les activités minières, et pourrait nécessiter une autorisation pour un dépôt de résidus ou le rejet d'effluents dans des plans d'eau.

Par ailleurs, toute altération potentielle des eaux souterraines ou de surface ayant des impacts sur les habitats aquatiques est également visée par l'article 35 de la Loi sur les pêches, qui interdit la détérioration, la destruction ou la perturbation de l'habitat du poisson sans autorisation.

Enfin, si des habitats critiques d'espèces aquatiques protégées étaient identifiés, la Loi sur les espèces en péril (LEP) pourrait imposer des mesures de protection additionnelles.

14.1.1.3 Régional

Un certificat de non-contravention est exigé par le gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James pour l'aménagement d'un puits de captage des eaux souterraines. Ce permis autorise le prélèvement d'eau souterraine ou de surface, et s'adresse à tout projet qui prévoit capter de l'eau au-delà de certains seuils. Il est essentiel dans le cadre d'un projet de mine, puisque l'eau est requise pour diverses activités telles que le drainage, le traitement du minerai ou encore les usages domestiques liés aux installations temporaires. Aucune installation de captage ne peut être construite ou exploitée légalement sans ce permis, qui doit être obtenu avant le début des travaux. Le formulaire exige de décrire précisément l'ouvrage de prélèvement, les volumes d'eau prévus, les méthodes de pompage, ainsi que les impacts potentiels sur l'environnement. Ce permis s'intègre souvent à l'évaluation environnementale plus large d'un projet minier et peut inclure des conditions strictes de protection des milieux hydriques ou fauniques.

14.1.2 Incidence de la consultation et la mobilisation

Le tableau 14.1 présente le résumé de l'information clé, du savoir traditionnel et des préoccupations pour le projet lié à hydrogéologie selon les différentes consultations réalisées dans le cadre de l'étude d'impact environnementale et sociale (ÉIES).

Tableau 14.1 Résumé de l'information clé, du savoir traditionnel et des préoccupations pour le projet lié à la qualité de l'eau souterraine

Thème	Information clé, savoir traditionnel et préoccupations	Influence sur l'évaluation	Où l'information est traitée dans l'ÉIES
Préservation des ressources en eau souterraine	Préoccupations partagées par les Premières Nations cries et les utilisateurs du territoire pour assurer l'approvisionnement en eau potable et surveiller la qualité de l'eau potable pour les utilisateurs locaux	La relocalisation des campements situés dans l'empreinte du projet à l'extérieur du rayon d'influence du projet sur les eaux souterraines	Chapitre 14

14.1.3 Impacts potentiels, voies d'actions et paramètres mesurables

L'évaluation des impacts potentiels du projet sur la qualité des eaux souterraines a été réalisée en tenant compte des préoccupations soulevées par les parties prenantes, notamment les communautés locales, les communautés cries et les organismes réglementaires. Ces préoccupations portent principalement sur la préservation de la qualité de l'eau souterraine destinée à des usages domestiques et écologiques.

L'exploitation minière, par ses activités de pompage, de dénoyage, de stockage de résidus et d'utilisation de produits chimiques, constitue un facteur majeur susceptible d'altérer la qualité des eaux souterraines. Les voies d'impact identifiées comprennent la mobilisation de contaminants naturels (comme les métaux lourds), les infiltrations de substances issues des activités minières (eaux de procédé, lixiviats, hydrocarbures), ainsi que la modification du régime hydrogéologique pouvant favoriser la migration de polluants vers les aquifères.

Les activités décrites dans le paragraphe précédent peuvent entraîner une contamination des nappes souterraines, compromettant leur utilisation pour l'eau potable et la préservation des écosystèmes associés. Ces impacts pourraient affecter de manière disproportionnée certaines populations, notamment les utilisateurs des communautés cries qui dépendent de ces ressources.

Le risque d'acidification des eaux souterraines associé au drainage minier acide (DMA), par oxydation des minéraux sulfurés exposés à l'air et à l'eau ainsi que par l'infiltration d'eaux acides issues des halles ou fosses, peut être retiré de l'analyse des risques pour le présent projet à large échelle. Cette décision repose sur plusieurs éléments techniques, incluant géochimie, présentés au chapitre 5.2.3.

Afin de quantifier les impacts potentiels, plusieurs paramètres mesurables ont été sélectionnés, tels que les concentrations en métaux (arsenic, plomb, cadmium, etc.), la conductivité électrique, le pH, les concentrations en nitrates et en hydrocarbures, ainsi que la présence de bactéries indicatrices de contamination. Ces indicateurs permettent d'évaluer objectivement les changements dans la qualité des eaux souterraines et de vérifier leur conformité avec les normes environnementales et sanitaires en vigueur.

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Le tableau 14.2 présente une synthèse des impacts potentiels identifiés sur la qualité des eaux souterraines, en les liant aux différentes phases du projet (construction, exploitation, fermeture) ainsi qu'aux paramètres de suivi environnemental retenus. Ces analyses orienteront la mise en place de mesures d'atténuation et de surveillance adaptées afin de minimiser les risques de contamination et de garantir une gestion responsable de la ressource.

Tableau 14.2 Impacts potentiels, voies d'action et paramètres mesurables pour la qualité des eaux souterraines

Impact potentiel	Voies d'actions	Paramètres mesurables et unité de mesure	Phase du projet concernée
Contamination par les métaux	Mobilisation de métaux naturellement présents dans les roches lors de l'excavation et du dénoyage. Infiltration d'eaux de contact issues des haldes ou stériles.	Concentration en arsenic, plomb, cadmium, etc. (mg/l) Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$) pH	Construction, Exploitation et Fermeture
Contamination par les hydrocarbures	Fuites ou déversements accidentels de carburants, d'huiles et de lubrifiants. Infiltration à travers les sols non protégés.	Concentration en hydrocarbures totaux (mg/l) Odeur/film visible dans les piézomètres	Construction, Exploitation et Fermeture
Enrichissement en nutriments ou en nitrates	Usage d'explosifs à base de nitrates et infiltration dans les aquifères. Rejets d'eaux usées partiellement traitées.	Concentration en nitrates (NO_3^-) (mg/l) Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	Construction et Exploitation

14.1.4 Limites spatiales et temporelles

14.1.1.4 Limites spatiales

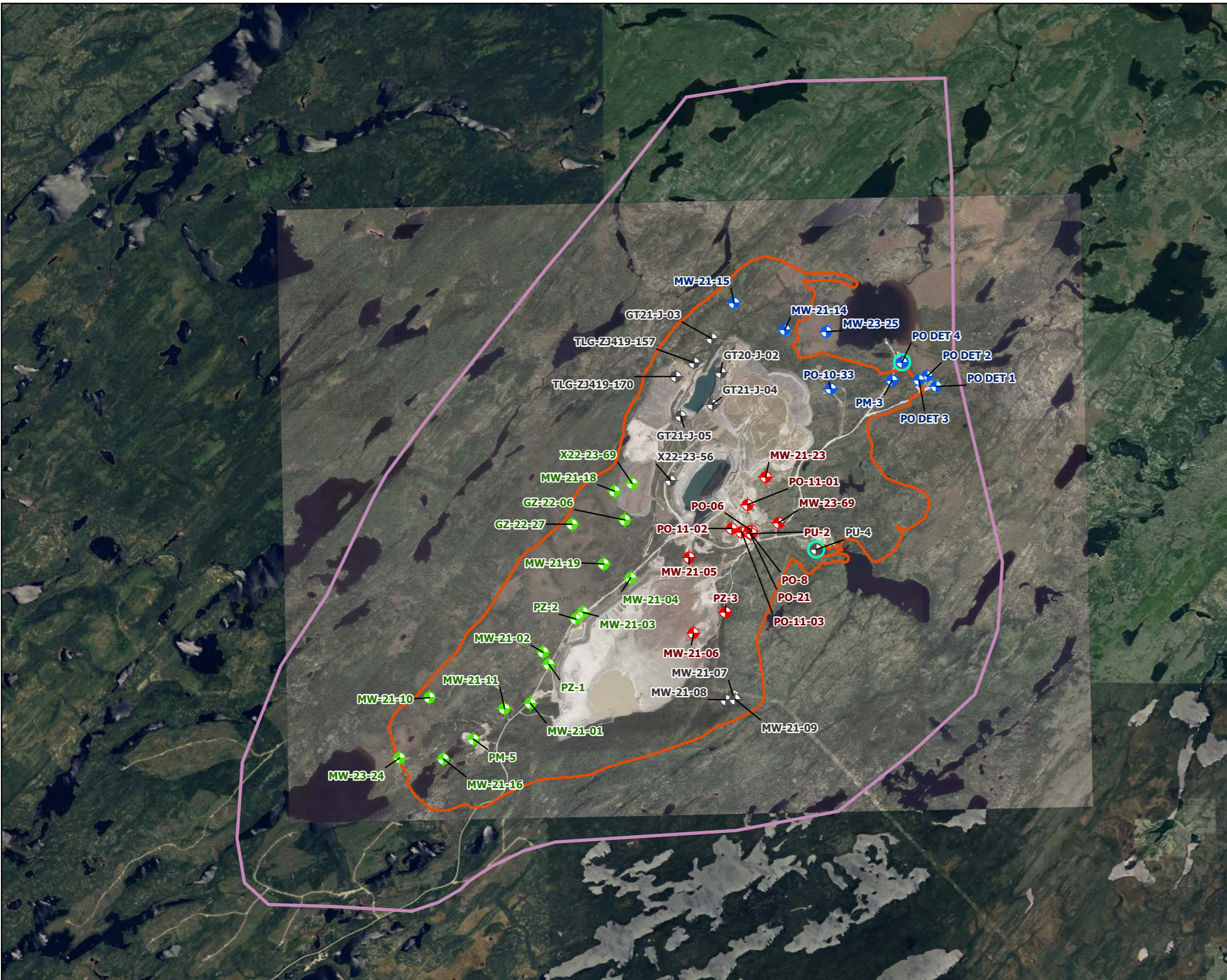
Les zones d'études correspondent au cadre spatial, auquel sont associées les sources d'impacts potentiels sur l'hydrogéologie du milieu récepteur, ainsi que l'évaluation des impacts du projet. Elle comprend la zone de développement du projet (ZDP), la zone d'étude locale (ZEL) et la zone d'étude régionale (ZER). La ZDP est définie pour l'ensemble du projet et correspond à l'emprise directe des infrastructures projetées et des activités minières. Pour la qualité des eaux souterraines, la ZEL a été définie (carte 14.1) en fonction de l'étendue du cône de rabattement attendu, c'est-à-dire la zone dans laquelle le pompage et le drainage des eaux souterraines liés aux activités minières pourraient entraîner une baisse mesurable du niveau des nappes phréatiques. Cette approche permet d'inclure les secteurs où les impacts directs et indirects sur la disponibilité de l'eau souterraine peuvent être évalués avec un degré de confiance suffisant, tout en prenant en compte les préoccupations des parties prenantes locales, notamment les utilisateurs cris du territoire dépendants de cette ressource.

Quant à la ZER, elle a été déterminée (carte 14.2) conjointement avec celle utilisée pour l'évaluation pour l'eau de surface. Cette approche intégrée permet d'assurer une analyse cohérente des interactions entre les eaux souterraines et les cours d'eau, notamment dans les secteurs où les aquifères alimentent les milieux humides et les réseaux hydrographiques.

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

La ZER établit également le cadre nécessaire pour l'évaluation des impacts cumulatifs, en tenant compte des projets passés, présents et prévisibles pouvant influencer les ressources en eau souterraine à une échelle plus large. Son étendue a été définie de manière à englober les zones où des modifications hydrogéologiques pourraient entraîner des conséquences significatives sur les usages de l'eau, sans pour autant diluer l'analyse des impacts spécifiques au projet.



LÉGENDE / LEGEND

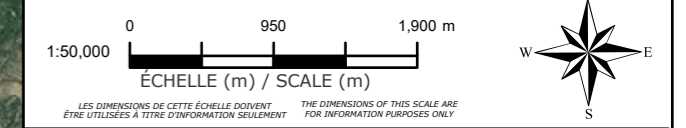
- Zone de développement du projet / Project development area
- Zone d'étude locale / Local Study Area
- Puits d'observation en amont de la zone minière / Monitoring Wells upstream of active mine area
- Puits d'observation dans la zone minière / Monitoring Wells within the active mine area
- Puits d'observation en aval de la zone minière / Monitoring Wells downstream of active mine area
- Autres puits d'observation / Other Monitoring Wells
- Puits d'eau potable / Potable Water Well

1				
---	--	--	--	--

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 INDIQUÉES 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.

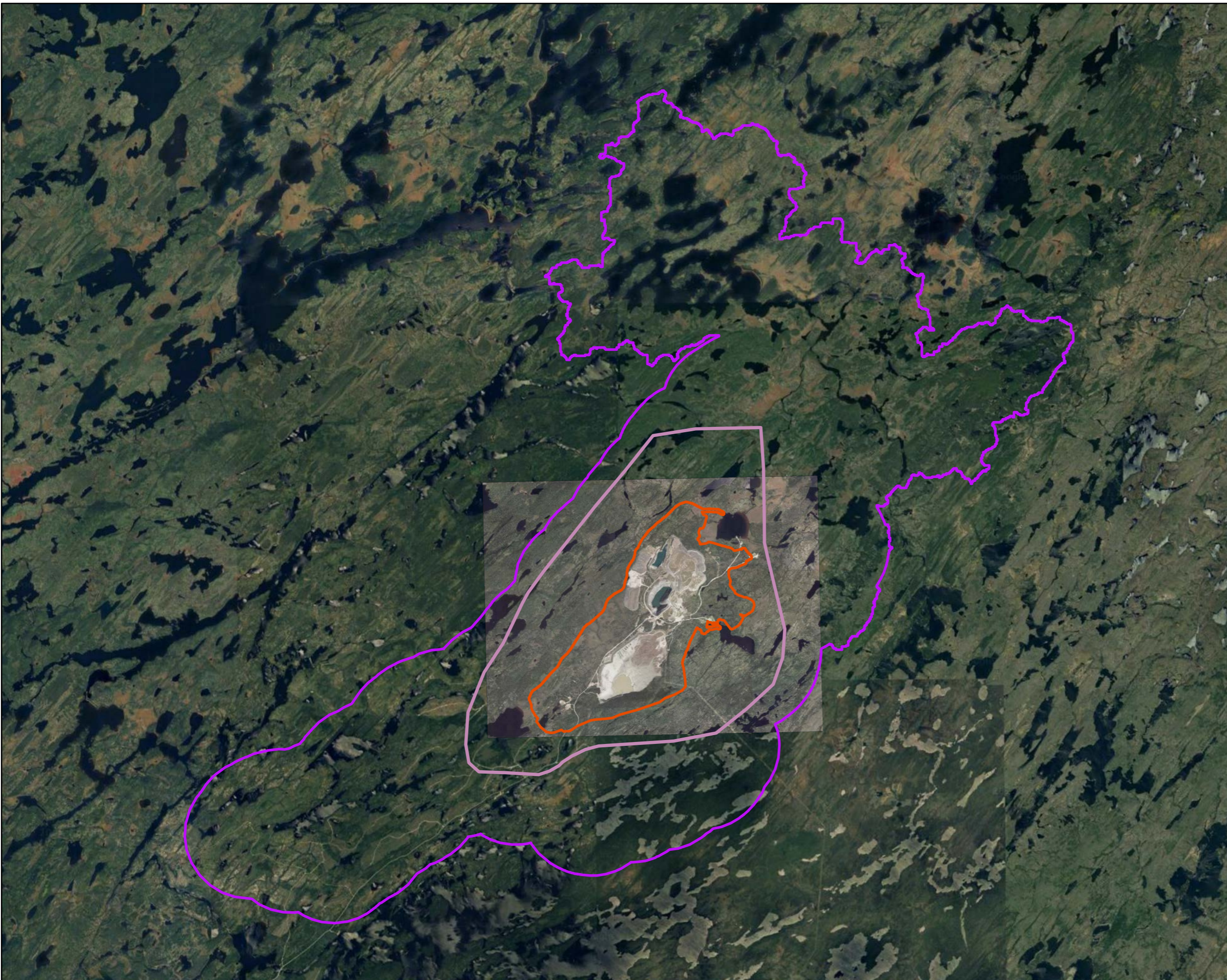
PROJET/PROJECT
Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social pour le projet de mine Troilus / Environmental and Social Impact Assessment for the Troilus Mine Project

TITRE/TITLE
Zone d'étude locale et puits de suivis / Local Study Area and Monitoring Wells




NO. PROJET / PROJECT NO. 240433 / 167040485	DATE 06/ 13/ 2025
--	----------------------

CONÇU / CHECKED É. Hudon-Gagnon	RÉVISÉ / VERIFIED C. Gardois
------------------------------------	---------------------------------

DESSINÉ / DRAWN M. Baker	Figure No. 14.1	ED./REV. 1
-----------------------------	--------------------	---------------



LÉGENDE / LEGEND

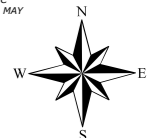
-  Zone de développement du projet / Project development area
-  Zone d'étude locale / Local Study Area
-  Zone d'étude régionale / Regional Study Area

1				
RÉV.	DESCRIPTION	AA/MM/YY	BY	VERIF.

RÉFÉRENCES/REFERENCES
 ZDP, ZEL, ZER: BluMetric, 2025
 Base Map: Bing, 06 June 2023

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" X 17" DRAWING FORMAT.

0 2,500 5,000 m
 1:120,000
 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
Zone d'étude régionale / Regional Study Area




NO. PROJET / PROJECT NO.
 240433 / 167040485

DATE
 06/ 20/ 2025

CONÇU / CHECKED
 É. Hudon-Gagnon

RÉVISÉ / VERIFIED
 C. Gardois

DESSINÉ / DRAWN
 M. Baker

Figure No.
 14.2

ED./REV.
 1

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

14.1.1.5 Limites temporelles

La limite temporelle de l'évaluation comprend toutes les phases du projet, du début de la construction jusqu'à la fin de la fermeture. Selon le calendrier actuel du projet, les phases du projet comprennent :

- Construction (années -3 à -1)
- Exploitation
 - Phase d'exploitation 1 (années 1 à 21) : broyage et traitement avec extraction de minerai
 - Phase d'exploitation 2 (année 22) : broyage et traitement sans extraction de minerai
- Démantèlement, restauration et réhabilitation
 - Fermeture active (années 22 à 24)
 - Fermeture passive (années 24+)

Se reporter au Chapitre 3 de l'ÉIES (Description du projet) pour obtenir une description détaillée des activités prévues au cours de chaque phase.

14.1.5 Caractérisation des impacts résiduels

Le tableau 14.3 présente la caractérisation des impacts résiduels pour la qualité de l'eau souterraine.

Tableau 14.3 Caractérisation des impacts résiduels pour la qualité de l'eau souterraine

Caractérisation	Description	Mesure quantitative ou définition de la catégorie qualitative
Direction	La tendance à long terme de l'impact résiduel	Positif - un impact résiduel qui fait évoluer les paramètres mesurables dans un sens favorable pour la CV par rapport à la base de référence. Négatif - un impact résiduel qui fait évoluer les paramètres mesurables dans un sens défavorable pour la CV par rapport à la base de référence. Neutre - pas de changement net des paramètres mesurables pour la CV par rapport à la base de référence.
Ampleur	L'ampleur de la modification des paramètres mesurables ou de la composante valorisée (CV) par rapport aux conditions existantes	Pas de changement mesurable - aucun changement mesurable de l'impact ne peut être constaté. Faible - un changement mesurable, mais les critères applicables de qualité ne seront pas dépassés Modéré - un changement mesurable, mais les critères applicables de qualité pourraient être dépassés Élevé - un changement mesurable, mais les critères applicables de qualité seront dépassés

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Caractérisation	Description	Mesure quantitative ou définition de la catégorie qualitative
Étendue géographique	La zone géographique dans laquelle un impact résiduel se produit	ZDP - les impacts résiduels sont limités à la ZDP ZEL - les impacts résiduels s'étendent à la ZEL ZER - les impacts résiduels s'étendent à la ZER
Moment	Considère le moment où l'impact résiduel est censé se produire, lorsque cela est pertinent pour la CV	Sensibilité nulle - L'impact ne se produit pas pendant une étape critique de la vie (par exemple, en dehors des périodes de frai des poissons ou de mise bas des élans ou des périodes d'activité culturelle) ou le moment choisi n'a pas d'incidence sur la CV. Sensibilité modérée - L'impact peut se produire pendant une période peu sensible d'un stade de vie critique. Pour de nombreuses espèces, il s'agit du début (par exemple, plusieurs jours avant la nidification pour les oiseaux) ou de la fin (par exemple, les périodes où les oiseaux ont pris leur envol, mais restent à proximité de leur nid) de la période critique. Sensibilité élevée - L'impact se produit à un stade critique de la vie (ex. : période de frai des poissons ou de nidification des oiseaux) ou lors d'activités importantes sur le plan culturel (ex. : récolte des plantes ou période des Fêtes).
Durée	Temps nécessaire pour que le paramètre mesurable ou la CV revienne à son état initial ou que l'impact résiduel ne puisse plus être mesuré ou perçu	Court terme - l'impact résiduel est limité à la durée de la phase de construction (9 mois) Moyen terme - l'impact résiduel s'étend à la phase d'exploitation (25 ans) Long terme - l'impact résiduel s'étend au-delà de la phase d'exploitation (>25 ans)
Fréquence	Identifie la fréquence de l'impact résiduel et sa fréquence au cours du projet ou d'une phase spécifique	Événement unique Événement irrégulier multiple - se produit à intervalles irréguliers Événement régulier multiple - se produit à intervalles réguliers Continu - se produit continuellement
Réversibilité	Il s'agit de savoir si un paramètre mesurable ou la CV peut revenir à son état initial après la cessation de l'activité du projet	Réversible - l'impact résiduel est susceptible d'être inversé après l'achèvement de l'activité et la remise en état. Irréversible - il est peu probable que l'impact résiduel soit inversé.

14.1.6 Définition des seuils de détermination de l'importance

L'importance des impacts résiduels est déterminée par les seuils suivants :

- **Négligeable ou faible** : Les impacts sur la qualité de l'eau souterraine sont considérés comme négligeables ou faibles lorsqu'ils entraînent une variation minimale, localisée, peu fréquente et de courte durée des paramètres physico-chimiques (pH, métaux, contaminants, etc.), sans dépasser les seuils réglementaires ou les concentrations naturelles de fond. Les changements sont réversibles, sans conséquence notable pour les usages humains ou écosystémiques. Les mesures d'atténuation sont efficaces pour maintenir la qualité de l'eau proche des conditions de référence.
- **Modéré** : Un impact modéré se traduit par une altération mesurable, mais partiellement réversible de la qualité des eaux souterraines, avec des dépassements ponctuels des seuils de qualité de l'eau dans certaines zones ou à certaines périodes. Cela peut affecter temporairement l'utilisation de certains puits ou entraîner une dégradation limitée de la qualité pour les écosystèmes dépendants. L'impact demeure géographiquement restreint, mais nécessite une surveillance accrue et des mesures correctives pour en limiter la portée. Les utilisateurs sensibles peuvent percevoir une baisse de qualité, sans toutefois compromettre leur sécurité.
- **Élevé** : Les impacts sont jugés élevés lorsque la contamination est significative, persistante ou irréversible, dépassant largement les normes de qualité de l'eau souterraine, avec des concentrations élevées de polluants (métaux lourds, hydrocarbures, nitrates, etc.). L'impact est étendu dans l'espace et dans le temps, difficilement atténuable, et compromet les usages domestiques, en particulier pour les communautés cibles. La qualité de l'eau devient inadéquate pour les écosystèmes vulnérables, et les mesures d'atténuation ou de restauration sont complexes, incertaines ou coûteuses.

14.2 Description de la CV

14.2.1 Méthodologie

La description des conditions de la qualité de l'eau souterraine pré-développement, soit avant la construction de la mine en 1996, est basée sur l'étude hydrologique et hydrogéologique réalisée par Geocon (1993) dans le cadre du projet initial de la mine Troilus.

La description des conditions de la qualité de l'eau souterraine actuelles du site est basée sur les données du suivi bisannuel (été et automne) de la qualité environnementale des eaux souterraines, effectué par Troilus entre 2018 et 2022 (base de données de Troilus), puis par WSP en 2022 et 2023 (WSP 2024a et WSP 2024b). Ces données incluent les résultats d'analyse chimique des eaux souterraines et les mesures de niveau piézométrique de 35 puits d'observation installés sur le site minier Troilus (à l'intérieur et autour des secteurs des fosses). L'emplacement de ces puits est présenté sur la carte 14.1.

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Les paramètres analysés sont les suivants, incluant ceux recommandés par la Directive 019 (MDDEP, 2012) :

- Anions : bromures, chlorures, fluorures et sulfates;
- Composés azotés : azote ammoniacal, azote total, nitrates et nitrites;
- Composés cyanurés : cyanates, cyanures et thiocyanates;
- Composés inorganiques : phosphore total, sulfures, solides totaux, matières en suspension, orthophosphates, alcalinité, dureté totale;
- Thiosulfates;
- HP (hydrocarbures pétroliers) C₁₀-C₅₀;
- HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques);
- BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes);
- Métaux totaux et métaux dissous (Al, Sb, Ag, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Cr, Cr III, Cr VI, Co, Cu, Sn, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, K, Se, Si, Na, Sr, Te, Tl, Th, Ti, U, V, Zn);
- Radionucléides;
- Paramètres physico-chimiques, mesurés in situ et au laboratoire (pH, ORP (potentiel d'oxydo-réduction), turbidité, OD (oxygène dissous)).

14.2.1.1 Critères de qualité de l'eau souterraine

Les critères de potabilité du MELCCFP de 1983 et 1985, et les recommandations pour la qualité des eaux du Canada du Conseil canadien des ministres responsables de l'Environnement (CCMRE) devenu Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) ont été retenus pour déterminer la qualité des eaux souterraines lors de la phase d'avant-projet (Entraco, 1991 dans Geocon, 1993).

Dans les conditions actuelles, en considérant que les eaux souterraines du site à l'étude ont pour récepteurs potentiels des eaux de surface et des puits d'approvisionnement en eau potable (pour les besoins de la mine), les critères suivants ont été retenus pour l'évaluation des résultats analytiques des eaux souterraines :

- Critères de Résurgence dans l'eau de surface (RES¹) du MELCCFP (2021) pour les puits de suivi environnemental;

¹ Les critères de résurgence de l'eau souterraine dans les eaux de surface sont établis à partir des critères de qualité de l'eau de surface auxquels une dilution est attribuée. La valeur retenue pour chaque paramètre correspond à la plus basse des quatre valeurs suivantes : 1) CVAA : critère de qualité pour la protection de la vie aquatique – impact aigu; 2) 100 x CVAC : critère de qualité pour la protection de la vie aquatique – impact chronique; 3) 100 x CPC (O) : critère de qualité pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques, sauf pour les substances toxiques, persistantes et bioaccumulables pour lesquelles on utilise directement le CPC (O); 4) CFTP : critère de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

- Critères de l'annexe V du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains (RPRT) pour les puits de suivi environnemental;
- Critères Eau de consommation (EC) (MELCCFP, 2021) pour les puits d'approvisionnement en eau potable.

Certains critères pour les métaux ont été ajustés selon la dureté mesurée dans le lac A (PE43), qui est considéré comme le milieu récepteur des eaux souterraines du site.

Le MELCCFP a aussi établi, pour les eaux souterraines, des seuils d'alerte correspondant à une concentration à partir de laquelle il y a lieu d'appréhender une perte de la ressource et un risque d'impact sur la santé, les usages et l'environnement. Pour un site situé en amont d'un plan d'eau, le MELCCFP impose un seuil égal à 50 % de la valeur des critères RES. Le site à l'étude se situant à moins de 1 km de plusieurs ruisseaux et lacs, un seuil d'alerte de 50 % a été appliqué.

14.2.1.2 Détermination des teneurs en métaux dans les conditions actuelles et des tendances temporelles

Les teneurs actuelles en métaux dans l'eau souterraine ont été calculées pour chaque paramètre donné à partir d'un minimum de huit résultats d'analyse des échantillons provenant d'au moins trois puits d'observation, sur au moins deux campagnes d'échantillonnage, conformément à la Directive 019 (MDDEP, 2012). Les valeurs calculées permettent d'obtenir une concentration initiale représentative du milieu actuel avant le redéveloppement.

Pour étudier l'évolution de la concentration des paramètres analysés dans les eaux souterraines, les résultats analytiques obtenus ont été soumis au test de Mann-Kendall (MELCCFP, 2017), qui permet d'identifier les tendances temporelles.

Le test de Mann-Kendall a été appliqué à tous les résultats d'analyse des eaux souterraines entre 2005 et 2023. Ces résultats sont tirés des différentes campagnes d'échantillonnage réalisées soit par Troilus, soit par des consultants, dans les puits installés sur le site à l'étude.

14.2.2 Conditions avant l'implantation de la mine

La qualité des eaux souterraines sur le site du projet Troilus a été évaluée à l'aide d'un échantillon unique d'eau souterraine prélevé en 1991 par Entraco dans un ancien puits de forage destiné à servir de source d'alimentation en eau potable pour le campement Troilus-Frotet (Geocon, 1993). Cet échantillon, analysé pour les métaux totaux, et les autres paramètres inorganiques, ainsi que pour les principaux paramètres organiques et bactériologiques (coliformes et streptocoques), respectait les critères de potabilité de l'époque. Le tableau complet des analyses effectuées sur l'eau souterraine du site en 1991 se trouve à l'annexe II du rapport de Geocon (1993).

14.2.3 Conditions actuelles

La qualité environnementale des eaux souterraines est évaluée par l'analyse chimique d'échantillons d'eau souterraine pour les paramètres recommandés par la Directive 019 (MDDEP, 2012). Pour les sites miniers, la présence ou non de récepteurs potentiels des eaux souterraines détermine les critères de qualité applicables.

Les concentrations des paramètres chimiques mesurées au laboratoire et les valeurs de paramètres physico-chimiques mesurées in situ ou au laboratoire agréé dans le cadre des suivis de WSP (2022-2023) sont utilisées à titre de référence pour la qualité des eaux souterraines du site de Troilus avant le début des activités minières projetées. Les résultats du suivi en 2022 et 2023 sont détaillés dans les rapports annuels de suivi de WSP (WSP, 2024a et 2024b) disponibles aux annexes G.1.10 et G.1.11.

14.2.3.1 Résumé des résultats analytiques de l'eau souterraine

Les puits d'observation retenus pour le suivi de la qualité de l'eau souterraine sont localisés en amont et en aval du parc à résidus miniers, en amont et en aval du site minier (secteur des fosses exploitées), dans l'ancien secteur industriel, ainsi qu'en aval du lieu d'enfouissement en tranchée (voir la carte 14.1).

Considérant les résultats des campagnes d'échantillonnage de 2018 à 2023, les observations suivantes peuvent être établies :

- Les eaux souterraines des puits situés en amont et en aval du site minier sont naturellement acides, avec un pH moyen d'environ 6,5 avec plusieurs puits présentant un pH inférieur à 6. Les puits situés dans l'ancien secteur industriel et la zone des campements présentent quant à eux un pH neutre, avec une moyenne de 7,3;
- La conductivité électrique de l'eau souterraine est généralement plus faible en amont de la ZDP (sud-ouest) par rapport à l'aval (nord-est) de l'ancienne zone industrielle;
- Des dépassements des critères de comparaison EC ou de l'annexe V du RPRT pour les eaux souterraines dans les puits d'approvisionnement, soit Puits Campement (PU-4), PO-DET-4 et PU-2 (WSP, 2024a et 2024b) ont été observés dans certains de ces puits pour au moins un des paramètres suivants : métaux dissous (arsenic, manganèse) et azote ammoniacal. À titre informatif, un dépassement des critères de comparaison RES a également été observé dans les puits pouvant servir à l'approvisionnement en eau, pour le cuivre et les sulfures (exprimés en H₂S). Il est à noter que seuls PU-4 et PO-DET-4 sont des puits d'approvisionnement en eau potable;
- Un dépassement du seuil d'alerte sans dépassement pour les critères de comparaison RES pour les eaux souterraines a été observé dans un des puits pouvant servir à l'approvisionnement en eau, et ce pour le zinc et les sulfures (exprimés en S²⁻);
- Des dépassements des critères de comparaison de l'annexe V du RPRT pour les eaux souterraines dans les puits de suivi environnemental ont été observés pour le toluène et les métaux dissous (manganèse et nickel);

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

- Des dépassements des critères de comparaison RES ont été observés dans les puits de suivi environnemental pour les paramètres suivants : sulfures (exprimés en H_2S et S^{2-}) et métaux dissous (argent, cadmium, cuivre, manganèse, mercure et zinc);
- Des dépassements du seuil d'alerte sans dépassement pour les critères de comparaison RES pour les eaux souterraines ont été observés dans certains puits de suivi environnemental pour les paramètres suivants : métaux dissous (argent, cobalt, cuivre et zinc), phosphore total et sulfures (exprimés en S^{2-});
- De manière générale, les dépassements des critères de qualité des eaux souterraines sont concentrés dans les secteurs topographiquement déprimés, notamment au milieu du site, où se trouvent les anciennes fosses et les zones de dénoyage naturel. À l'inverse, les puits MW-21-14 (situé dans les dépôts meubles) et MW-23-25 (foré dans le roc), localisés en aval régional du site minier, ne présentent aucun dépassement, ce qui indique une atténuation des concentrations avec la distance et une dispersion limitée à l'échelle du site.

Les autres paramètres respectent les critères de comparaison et leurs seuils d'alerte respectifs, lorsqu'ils existent.

Les résultats analytiques des suivis de Troilus en 2018 à 2021 sont compilés en annexe G1.12, de même que les résultats des suivis de WSP en 2022 et 2023 aux annexes G1.10 et G.1.11.

Les dépassements des critères EC et RES observés dans les échantillons d'eau souterraine prélevés dans le cadre du suivi entre 2018 et 2023 sont présentés dans les tableaux 14.4 et 14.5 pour les puits dans les dépôts meubles et dans le roc, respectivement.

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Tableau 14.4 Résumé des dépassements des critères EC et RES dans les eaux souterraines – puits installés dans les dépôts meubles

Puits d'observation	Date d'échantillonnage									
	sept.-19	mai-20	sept.-20	mai-21	sept.-21	mai -22	juil.-22	sept.-oct. 2022	mai-23	oct. -23
MW-21-01							H ₂ S >EC	H ₂ S >RES	Mn>EC	Mn>EC
MW-21-03							H ₂ S >RES		Mn>RES	Cd et Mn>RES
							NH ₄ > EC	NH ₄ > EC		
MW-21-04							H ₂ S >RES	H ₂ S >RES	Mn>RES	Mn>RES
							NH ₄ > EC	NH ₄ > EC		
MW-21-06							Al, Mo, NH ₄ et H ₂ S >EC	Al, Mo, NH ₄ et H ₂ S >EC	Al et Mo >EC	Al, As et Mo >EC
MW-21-08									As>EC	As >EC
MW-21-14										Hg>RES
MW-21-15									Zn>RES	
MW-21-16							Al>EC	Al>EC	Al et As >EC	Al et As >EC
MW-21-19								Zn>RES		
MW-21-23							NH ₄ > EC	NH ₄ et H ₂ S > EC	Mn>EC	Mn>EC
PM-3					Cu>RES	NH ₄ > EC		Hg>RES		
PM-5		NH ₄ > EC	Mn et NH ₄ > EC		Mn et NH ₄ > EC	NH ₄ > EC		NH ₄ > EC		
					Cu>RES			Hg>RES		
PO-10-33							Cu et Zn >RES	Cu et Zn >RES	Cu et Zn >RES	Cu et Zn >RES
									Al et Mn >EC	Al et Mn >EC
PO-11-01							Al>EC			
							Cu et Zn >RES			
PO-11-02							Zn >RES		Cu >RES	
PO-DET-4							Cu >RES	Cu >RES	Cu >RES	Cu >RES
PZ-1	As>EC	NH ₄ > EC	NH ₄ > EC	As>EC	As et NH ₄ >EC	NH ₄ > EC		As et NH ₄ >EC		
		Mn>RES	Mn>RES	Mn>RES	Mn>RES	Mn>RES		Hg et Mn>RES		
PZ-2	As>EC		Mn et NH ₄ > EC					Mn et NH ₄ >EC		

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Puits d'observation	Date d'échantillonnage									
	sept.-19	mai-20	sept.-20	mai-21	sept.-21	mai -22	juil.-22	sept.-oct. 2022	mai-23	oct. -23
		Al,As,Mn et NH ₄ > EC		As, Mn et NH ₄ > EC	Mn et NH ₄ >EC	Mn et NH ₄ >EC		Hg>RES		
PZ-3		Al>EC	Al>EC	Al et NH ₄ >EC	Al>EC Cu>RES	Al>EC				

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


QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES


Tableau 14.5 Résumé des dépassements des critères EC et RES dans les eaux souterraines – puits installés dans le roc

Puits d'observation	Date d'échantillonnage											
	mai-18	sept.-18	sept.-19	mai-20	sept.-20	mai-21	sept.-21	mai -22	juil.-22	sept.-oct. 2022	mai-23	oct. -23
MW-21-02									NH ₄ > EC		As>EC	As>EC
MW-21-05									H ₂ S >EC	H ₂ S >EC	As>EC	As et Mn>EC
MW-21-07									H ₂ S >EC			
MW-21-10										NH ₄ et H ₂ S > EC		As>EC
PO-8	Cu et Zn>RES	Cu et Zn>RES	Cu et Zn>RES	Cu et Zn>RES	Cu et Zn>RES	Cu et Zn>RES	Cu et Zn>RES			Cd, Cu, Hg, Mn et Zn>RES		
				Mn >EC	Mn et NH ₄ >EC	Mn >EC	Mn et NH ₄ >EC					
PO-21				NH ₄ >EC	NH ₄ >EC	CN>RES	Cr,Cu,Pb et Se >RES	Pb et Se >RES	NH ₄ >EC	U >RES		Mn >EC
						NH ₄ >EC	Cd>EC	NH ₄ >EC		Sb et Mn >EC		
PU-2									NH ₄ >EC	NH ₄ >EC	As et Mn >EC	As et Mn >EC
Puits campement (PU-4)											As >EC	As >EC

EC : Critères « Eau de consommation » du Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés (MELCCFP, 2021).

RES : Critères « Résurgence dans les eaux de surface » du Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés (MELCCFP, 2021).

 Non échantillonné

 Échantillonné, aucun dépassement en fonction des paramètres analysés au cours des différentes campagnes

14.2.3.2 Détermination des teneurs actuelles pour les métaux

Selon les analyses effectuées, les paramètres suivants pourraient excéder le critère RES ou son seuil d'alerte dans certains puits : le cuivre, le mercure et le zinc. Pour l'aluminium et l'arsenic, les concentrations obtenues montrent que les teneurs pourraient excéder les critères pour l'eau de consommation.

Les résultats obtenus sont présentés au tableau 14.6, dans lequel les teneurs calculées sont comparées aux critères de qualité des eaux souterraines.

Tableau 14.6 Calcul des teneurs actuelles en métaux dans l'eau souterraine

Paramètres	Unités lithologiques / Teneurs actuelles (mg/l)	
	Dépôts meubles	Roc
Aluminium	0,1200	0,017 5
Arsenic	0,000 4	0,002 5
Bore	0,01	0,14
Cadmium	0,000 1	0,000 1
Calcium	76	162
Chrome	0,000 4	0,000 3
Cobalt	0,004 6	0,012 1
Cuivre	0,008 8	0,004 9
Fer	1,693	1,705
Lithium	0,005	0,005
Magnésium	7,42	6,06
Manganèse	0,230 5	0,258 5
Mercure	0,000 011 9	0,000 091 5
Molybdène	0,000 3	0,009 1
Nickel	0,003 5	0,005 7
Plomb	0,000 06	0,000 05
Potassium	14,048 8	14,712 5
Silicium	11,6	15,9
Sodium	14,212 5	19,491 3
Zinc	0,101 9	0,051 3

100 : Valeur de TDFN calculée > Critère RES

100 : Valeur de TDFN calculée > Seuil d'alerte du critère RES

100 : Valeur de TDFN calculée > Critère/recommandation Eau de consommation

14.2.3.3 Évolution de la qualité des eaux souterraines

Le tableau 14.7 ci-dessous présente les paramètres pour lesquels une tendance significative a été observée entre 2005 et 2023. Ces tendances sont indiquées selon qu'elles soient à la hausse ou à la baisse, et selon la position du puits à proximité des infrastructures minières existantes (site minier comprenant les fosses, la halde à stériles et le parc à résidus utilisés dans le cadre des anciennes activités minières), en amont ou en aval hydraulique de celles-ci.

Ainsi, la plupart des paramètres indiquant une tendance significative au test de Mann-Kendall affichent une tendance globale à la baisse, à l'exception notable du fer et du magnésium dans les puits situés en amont hydraulique des fosses, mais en aval du parc à résidus. Une possible tendance à la hausse est aussi observée pour le béryllium et l'uranium dans la zone industrielle.

Tableau 14.7 Résumé des tendances significatives du test de Mann-Kendall entre 2005 et 2023

Paramètres	Tendances			
	Secteur 1	Secteur 2	Site minier	Global
Fluorures				Jaune
Nitrates	Vert		Jaune	Vert
Nitrites			Vert	Vert
Azote ammoniacal	Jaune	Jaune	Jaune	Vert
Chlorures			Orange	
Cyanures disponibles	Jaune		Jaune	Jaune
Alcalinité totale			Rouge	Orange
Azote total Kjeldahl	Vert	Jaune	Jaune	Vert
pH	Orange	Jaune	Vert	Vert
Conductivité	Vert	Vert	Vert	Vert
Matières en suspensions			Vert	Jaune
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	Jaune			Jaune
Arsenic dissous		Jaune		
Béryllium dissous			Orange	Orange
Cadmium dissous				Orange
Cobalt dissous		Jaune		
Cuivre dissous			Vert	Orange
Fer dissous	Rouge	Jaune		Rouge
Lithium dissous		Jaune		Jaune
Magnésium dissous	Rouge			Orange
Manganèse dissous		Jaune		
Mercure dissous	Orange			Orange
Molybdène dissous		Jaune		
Nickel dissous		Vert		
Potassium dissous			Vert	Jaune

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Paramètres	Tendances			
	Secteur 1	Secteur 2	Site minier	Global
Plomb dissous				
Silicium dissous				
Sodium dissous				
Titane dissous				
Uranium dissous				
Zinc dissous				

Légende

	Aucune tendance significative
	Tendance à la hausse, avec risques de faux positifs négligeables
	Tendance à la hausse, avec risques de faux positifs non négligeables
	Tendance à la baisse, avec risques de faux positifs négligeables
	Tendance à la baisse, avec risques de faux positifs non négligeables

14.2.3.4 Vulnérabilité DRASTIC

La vulnérabilité de l'aquifère de roc a été évaluée grâce à la méthode DRASTIC (Aller et coll., 1987), qui détermine la sensibilité de l'eau souterraine à être affectée par une contamination provenant directement de la surface.

L'acronyme anglophone DRASTIC correspond aux sept paramètres physiques et hydrogéologiques considérés dans le calcul des indices de vulnérabilité : profondeur de la nappe, recharge, nature du milieu aquifère, type de sol, pente du terrain, nature de la zone vadose et conductivité hydraulique de l'aquifère. Une valeur numérique comprise entre 1 et 5 reflète le degré d'influence de chacun de ces paramètres ou leur poids dans le calcul des indices.

Une cote variant de 1 à 10, définie en fonction d'intervalles de valeurs, est associée à chacun des paramètres.

Le calcul de l'indice DRASTIC correspond ainsi à la somme des cotes attribuées aux différents paramètres multipliée par leurs poids respectifs :

$$\text{Indice DRASTIC} = (D1 \cdot D5) + (R \cdot R4) + (A3 \cdot A3) + (S1 \cdot S2) + (T5 \cdot T1) + (I6 \cdot I5) + (C1 \cdot C3)$$

Les valeurs de l'indice peuvent varier entre 23 et 226.

Plus la cote est élevée, plus la vulnérabilité (risque d'impact sur l'eau souterraine en cas de contamination) est élevée. La méthode DRASTIC repose sur les trois conditions d'application suivantes :

- 1) Les sources de contamination se situent à la surface du sol (cela exclut les sources souterraines);
- 2) La nature du contaminant n'est pas considérée, mais il est mobile dans le sol en phase dissoute;
- 3) Les contaminants ne peuvent atteindre la nappe que par infiltration verticale (on ne prend pas en compte l'écoulement souterrain).

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

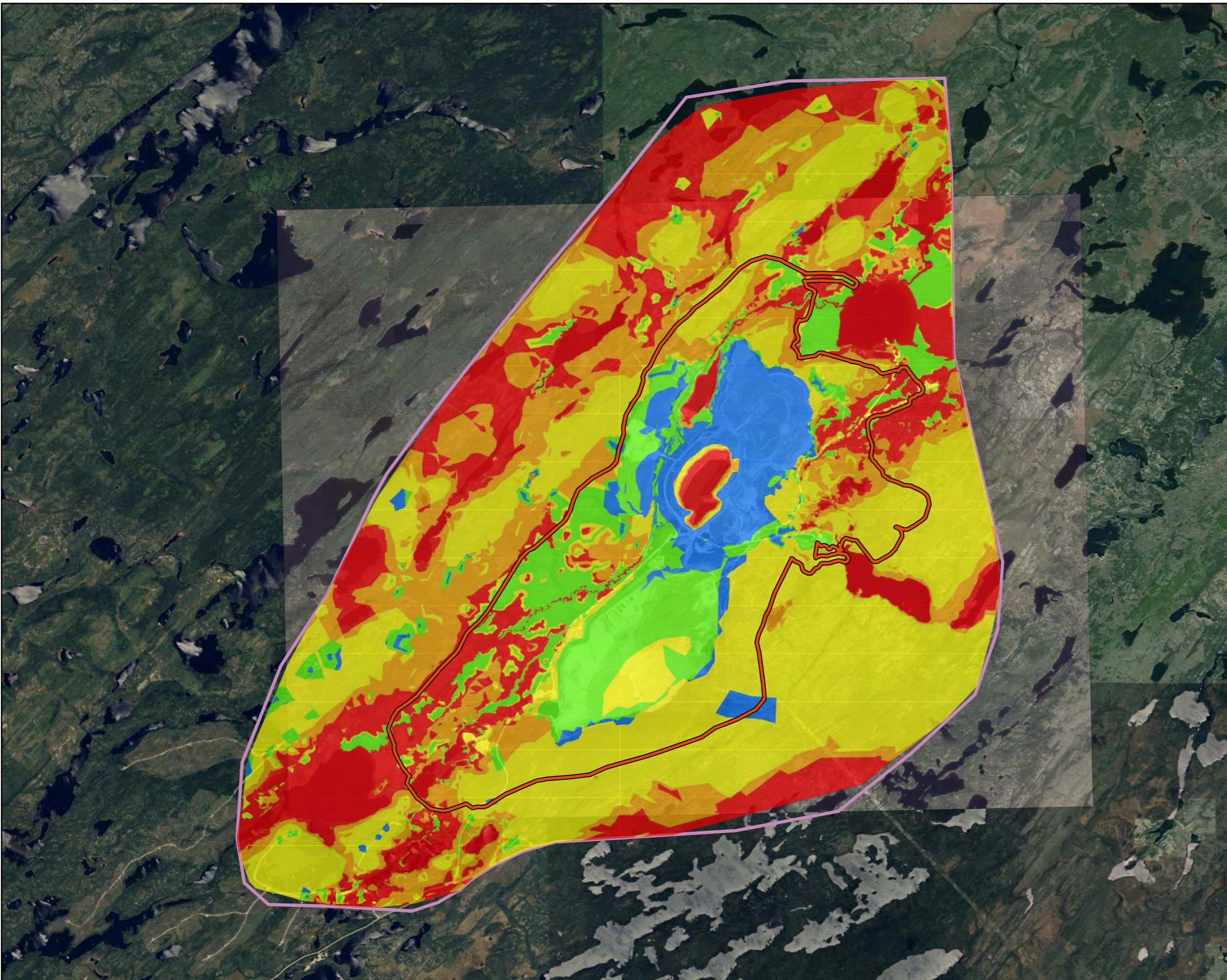
QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Le calcul de l'indice DRASTIC pour chaque paramètre a été effectué en utilisant les résultats tirés des études réalisées sur le site. Le tableau 14.8 présente la détermination de l'indice DRASTIC pour chacun des paramètres et la carte 14.3 présente la distribution de l'indice sur le site.

Tableau 14.8 Source d'information selon le paramètre dans l'indice DRASTIC

Description	Source d'information
Profondeur statique de l'eau (D)	Modélisation hydrogéologique (BluMetric, février 2025)
Recharge annuelle nette (R)	Modélisation hydrogéologique (BluMetric, février 2025)
Milieu aquifère (A)	Modélisation hydrogéologique (BluMetric, février 2025)
Type de sol (S)	Dépôts meubles (Golder, 2022)
Pente du terrain (%) (T)	Lidar (MRN, 2021)
Impact de la zone vadose (I)	Dépôts meubles (Golder, 2022)
Conductivité hydraulique (m/j) (C)	Moyenne de 23,2 m/j (Sources variées)

Le niveau de vulnérabilité de l'eau souterraine pour l'aquifère du roc varie entre très faible (46) et très élevé (180). Les zones les plus vulnérables sont localisées principalement dans les hauts topographiques à la limite nord-ouest de la ZEL, au nord-est du lac Amont (PE2) et au sud du lac A (PE43).



LÉGENDE / LEGEND

- Zone de développement du projet / Project development area
- Zone d'étude locale / Local Study Area

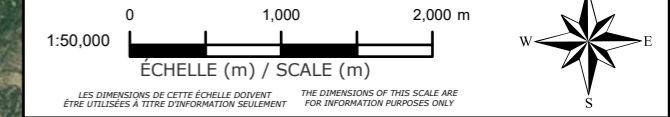
Indice DRASTIC / DRASTIC Index

- ≤ 76 : Vulnérabilité très faible / Very Low Vulnerability
- 76 - 100: Vulnérabilité faible / Low Vulnerability
- 100 - 126: Vulnérabilité moyenne / Medium Vulnerability
- 126 - 150: Vulnérabilité élevé / High Vulnerability
- > 150 : Vulnérabilité très élevé / Very High Vulnerability

1				
RÉV.	DESCRIPTION	AA/MM/YY	BY	VERIF.

RÉFÉRENCES/REFERENCES
 ZDP: ZEL DRASTIC: BluMetric, 2025
 Base Map: Bing, 06 June 2023

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 INDIQUÉES 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

Indice DRASTIC / DRASTIC Index

NO. PROJET / PROJECT NO. 240433 / 167040485	DATE 06/ 20/ 2025
---	-----------------------------

CONÇU / CHECKED É. Hudon-Gagnon	RÉVISÉ / VERIFIED C. Gardois
---	--

DESSINÉ / DRAWN M. Baker	Figure No. 14.3	ED./REV. 1
------------------------------------	---------------------------	----------------------

14.3 Interactions du projet avec la qualité des eaux souterraines

Le tableau 14.9 présente d'une part la liste des activités prévues pour chaque phase du projet, et d'autre part les impacts potentiels de ces activités sur la qualité des eaux souterraines. Les interactions anticipées entre les activités du projet et les impacts potentiels sont identifiées par un crochet, alors qu'un tiret indique l'absence d'interactions. Ces interactions sont examinées en détail dans la section 14.4, dans le contexte des voies d'action, des mesures d'atténuation spécifiques au projet, et des impacts résiduels.

Tableau 14.9 Interaction anticipée du projet avec la qualité des eaux souterraines

Activité	Impacts anticipés		
	Contamination par les métaux lourds	Contamination par les hydrocarbures	Enrichissement en nutriments ou nitrates
Construction			
Transport de la main-d'œuvre, des équipements et des marchandises vers le site.	-	-	-
Circulation et entretien des véhicules et de la machinerie lourde sur le site.	-	√	-
Déboisement, retrait de la végétation, décapage du sol et travaux de terrassement.	√	√	√
Utilisation et manipulation des explosifs incluant le dynamitage.	-	√	√
Construction des bâtiments permanents et temporaires incluant le système de traitement des eaux usées domestiques et de captage et distribution d'eau potable.	-	√	√
Aménagement des infrastructures minières tels les haldes, les fosses et le rehaussement du parc à résidus miniers.	√	√	√
Construction des routes et préparation des surfaces incluant le concassage du matériel utilisé pour la construction. Relocalisation d'une partie du chemin d'accès.	-	-	-
Construction des systèmes de gestion de l'eau sur le site incluant les fossés de dénoyage, les bassins de sédimentation et l'usine de traitement des eaux industrielles.	-	-	-
Assèchement de plans d'eau et des fosses, abaissement du niveau d'eau dans le parc à résidus et gestion des eaux de contact.	-	-	-
Déviation du ruisseau Bibou (CE2).	-	-	-
Gestion des matières résiduelles incluant les matières résiduelles dangereuses.	√	√	√
Achat de biens et services.	-	-	-
Emploi de main-d'œuvre	-	-	-
Exploitation			
Transport de la main-d'œuvre, des équipements et des marchandises vers le site.	-	-	-
Circulation et entretien des véhicules et de la machinerie lourde sur le site.	-	√	-
Relocalisation de la ligne électrique.	-	-	-
Utilisation et manipulation des explosifs incluant le dynamitage.	-	-	√

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Activité	Impacts anticipés		
	Contamination par les métaux lourds	Contamination par les hydrocarbures	Enrichissement en nutriments ou nitrates
Extraction du minerai des fosses incluant le forage et le transport des stériles miniers.	-	√	-
Entreposage du minerai, des stériles et des résidus miniers.	√	-	-
Traitement du minerai incluant le convoyage, concassage, manipulation et transport sur le site.	√	-	√
Transport du concentré vers une fonderie ou un port	-	-	-
Gestion et traitement des eaux sur le site minier et vers l'environnement incluant les eaux de drainage et de contact.	√	-	-
Restauration progressive des zones perturbées.	√	-	-
Gestion des matières résiduelles incluant les matières résiduelles dangereuses	√	√	√
Achat de biens et services.	-	-	-
Emploi de main-d'œuvre	-	-	-
Restauration et fermeture			
Transport de la main-d'œuvre, des équipements et des marchandises vers le site.	-	-	-
Circulation et entretien des véhicules et de la machinerie lourde sur le site.	-	√	-
Démantèlement et disposition des bâtiments et des équipements.	-	-	-
Ennoisement des fosses, gestion de l'eau de surface et souterraine.	√	-	√
Restauration des sites perturbés incluant le terrassement, épandage du mort-terrain et revégétalisation.	-	√	-
Gestion des matières résiduelles incluant les matières résiduelles dangereuses.	√	√	√
Achat de biens et services.	-	-	-
Emploi de main-d'œuvre	-	-	-

14.4 Importance des impacts résiduels anticipés

Un impact résiduel est défini comme l'impact environnemental qui subsiste après la mise en œuvre de toutes les mesures d'atténuation raisonnables et efficaces. Autrement dit, il s'agit des impacts qui demeurent, malgré tous les efforts faits pour éviter, réduire ou compenser les impacts négatifs.

Dans le cadre du projet minier, plusieurs activités liées à l'exploitation sont susceptibles d'entraîner une altération de la qualité des eaux souterraines, principalement en raison de la mobilisation de contaminants et des modifications du régime d'écoulement souterrain.

Les excavations profondes, le dénoyage des fosses à ciel ouvert et l'entreposage des stériles peuvent exposer des formations géologiques contenant des métaux naturellement présents, comme l'arsenic, le plomb ou le cadmium. En présence d'eau et d'oxygène, ces métaux peuvent être mobilisés et s'infiltrer dans les aquifères, entraînant une contamination localisée ou diffuse des eaux souterraines.

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

De plus, le risque de contamination par les hydrocarbures serait présent en cas de fuites ou de déversements accidentels de carburants, d'huiles ou de lubrifiants sur les aires non confinées. Ces substances pourraient s'infiltrer à travers les sols non protégés et atteindre la nappe phréatique, affectant la qualité de l'eau utilisée localement.

Par ailleurs, l'usage d'explosifs contenant des nitrates, combiné à de possibles rejets d'eaux usées partiellement traitées, pourrait entraîner un enrichissement en nutriments ou une contamination par les nitrates. Cela représenterait un enjeu particulier pour les aquifères peu profonds ou connectés à des sources d'eau potable.

Les modifications du régime d'écoulement souterrain, causées par le pompage, le drainage ou le remblaiement, pourraient favoriser la migration de contaminants dans des directions nouvelles ou imprévues, notamment par la connexion potentielle entre des aquifères superficiels et profonds. Cette redistribution des flux pourrait ainsi transporter des polluants vers des zones sensibles, tels les écosystèmes vulnérables.

Enfin, certaines pratiques d'aménagement, telles que l'imperméabilisation des sols ou la modification du drainage naturel, pourraient influencer la qualité de la recharge des aquifères. En limitant l'infiltration des précipitations, ces modifications pourraient concentrer les contaminants en surface et réduire le processus naturel d'autoépuration dans le sol, augmentant ainsi le risque de contamination des nappes.

14.4.1 Contamination par les métaux

14.4.1.1 Voies d'action

Construction

Plusieurs activités prévues dans le cadre du projet minier présentent un risque de contamination des eaux souterraines par les métaux. Ces métaux, naturellement présents dans les formations géologiques, pourraient être mobilisés à la suite de perturbations physiques ou chimiques du milieu. Les principales voies d'action associées à certaines étapes du projet sont détaillées ci-dessous.

Lors des phases de déboisement, de retrait de la végétation, de décapage du sol et de terrassement, les sols superficiels sont exposés et perturbés, ce qui favorise l'altération des minéraux et la mobilisation de métaux présents dans les horizons géologiques. L'exposition accrue du substrat aux agents atmosphériques tels que l'air et l'eau de pluie pourrait accélérer l'oxydation des minéraux métalliques, entraînant la libération de certains éléments en solution. De plus, l'érosion des sols mis à nu pourrait générer un ruissellement chargé en particules fines contenant des métaux, susceptibles de s'infiltrer localement dans les systèmes aquifères.

L'aménagement des infrastructures minières, notamment les haldes, les fosses et le rehaussement du parc à résidus miniers, constitue une autre voie majeure de contamination. Ces structures exposent de grandes surfaces de roches fragmentées ou traitées, souvent riches en minéraux sulfurés. Leur altération, notamment par oxydation, pourrait générer des eaux de drainage minier acide (DMA), qui augmentent la solubilité de nombreux métaux tels que l'arsenic, le plomb ou le cuivre. Ces eaux acides, si elles ne sont pas adéquatement captées et traitées, pourraient s'infiltrer dans le sol et atteindre les

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

aquifères sous-jacents. La présence d'eaux de contact contaminées au sein du parc à résidus miniers ou à proximité des haldes constitue aussi une source potentielle de migration de métaux vers les eaux souterraines. Par ailleurs, toute défaillance dans les systèmes de confinement – qu'elle soit structurelle, opérationnelle ou due à des conditions climatiques extrêmes – pourrait faciliter la dispersion de contaminants dans l'environnement souterrain.

Enfin, la gestion des matières résiduelles, en particulier celles considérées comme dangereuses, constituerait une autre voie d'introduction possible de métaux dans les eaux souterraines. L'entreposage temporaire ou inadéquat de déchets métalliques, de boues, de filtres ou d'autres résidus industriels sur des surfaces non imperméabilisées augmenterait le risque de lixiviation des métaux vers les sols. Des déversements accidentels ou des fuites provenant de contenants endommagés pourraient également entraîner une contamination ponctuelle ou diffuse, notamment si ces incidents ne sont pas rapidement maîtrisés. La corrosion progressive de certains contenants métalliques entreposés à long terme pourrait également constituer une source lente, mais continue de pollution, difficile à détecter sans suivi rigoureux.

Exploitation

Durant la phase d'exploitation, plusieurs activités courantes sur le site minier pourraient entraîner une contamination des eaux souterraines par les métaux, en particulier dans les zones d'entreposage, de traitement et de gestion des rejets. Ces sources de contamination devraient être surveillées rigoureusement afin de protéger la qualité des aquifères à proximité.

L'entreposage du minerai, des stériles et des résidus miniers représenterait une voie d'action majeure en matière de contamination métallique. Ces matériaux, extraits et manipulés en grande quantité, pourraient contenir des métaux potentiellement lixiviables tels que l'arsenic, le cuivre, le zinc ou le nickel. En présence d'eau de pluie ou d'eaux de ruissellement, les amas de stériles ou de résidus miniers pourraient générer des eaux de drainage contaminées, particulièrement si les minéraux sulfurés sont exposés à l'air. Ces eaux, si elles ne sont pas efficacement captées ou traitées, pourraient percoler à travers les fondations ou les ouvrages de confinement, atteignant ainsi les nappes phréatiques. De plus, les zones de stockage non étanches ou mal drainées augmenteraient le risque de migration verticale des contaminants métalliques vers les aquifères sous-jacents.

Le traitement du minerai, incluant les étapes de concassage, convoyage, manipulation et transport sur le site, constitue également une source potentielle de contamination. Ces activités génèrent des poussières et des boues pouvant contenir des métaux solubles, qui peuvent s'accumuler au sol ou dans les fossés. Les retombées métalliques ou les pertes de minerai pendant le transport peuvent contribuer à la contamination diffuse, particulièrement lors de pluies abondantes, qui facilitent le lessivage des particules vers les eaux souterraines, notamment dans les zones non pavées ou non protégées.

La gestion et le traitement des eaux sur le site minier, incluant les eaux de drainage et les eaux de contact, sont une étape critique pour prévenir la dispersion de contaminants. Les eaux qui entrent en contact avec les haldes, les fosses ou les installations de traitement peuvent se charger en métaux dissous. Si ces eaux ne sont pas dirigées vers un système de traitement adéquat ou si des fuites surviennent dans les bassins de rétention, il existe un risque réel de contamination des nappes

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

souterraines. Les structures de gestion des eaux devraient donc être conçues pour minimiser l'infiltration, et faire l'objet d'un entretien et d'un suivi constant afin d'assurer leur intégrité à long terme.

La restauration progressive des zones perturbées pourrait également influencer la qualité des eaux souterraines, notamment si les matériaux de recouvrement ne sont pas suffisamment étanches ou si la stabilité chimique des résidus miniers recouverts n'est pas assurée. Une remise en état inadéquate pourrait permettre à l'eau de s'infiltrer à travers les couches de recouvrement et d'entrer en contact avec des matériaux minéralisés, favorisant la dissolution de métaux et leur migration vers les aquifères.

Enfin, la gestion des matières résiduelles, y compris les matières résiduelles dangereuses, constituera un enjeu important pendant l'exploitation. Des déchets industriels ou chimiques contenant des métaux pourraient être générés par les opérations d'entretien ou de traitement. Leurs manipulation, entreposage et élimination inadéquate constitueraient un vecteur direct de pollution, notamment en cas de fuites, d'entreposage sur des surfaces non étanches ou de gestion déficiente des lixiviats. La corrosion lente des contenants ou l'absence de confinement efficace pourraient mener à une contamination chronique, souvent difficile à détecter sans un programme de suivi ciblé.

Fermeture

La phase de fermeture d'un projet minier demeure critique pour la qualité des eaux souterraines, en particulier en ce qui concerne le risque de contamination par des métaux. Bien que les activités d'exploitation cessent, les résidus, infrastructures minières et zones perturbées continueraient d'interagir avec le milieu hydrogéologique à long terme. Certaines mesures de remise en état, si elles ne sont pas rigoureusement planifiées et mises en œuvre, pourraient même générer de nouvelles voies de migration des métaux vers les eaux souterraines.

L'envoyage progressif des fosses à ciel ouvert, souvent utilisé comme stratégie de réhabilitation, pourrait entraîner la remobilisation de métaux présents dans les parois exposées ou dans les matériaux laissés au fond des fosses. L'oxydation de minéraux sulfurés au contact de l'eau pourrait produire des conditions acides favorisant la solubilisation des métaux, lesquels pourraient ensuite s'infiltrer dans les aquifères par les connexions hydrauliques entre la fosse et les formations souterraines avoisinantes. Si aucune barrière géotechnique ou hydrochimique n'est en place pour limiter ces échanges, l'eau accumulée dans la fosse pourrait devenir une source diffuse de contamination, à la fois pour les eaux souterraines et les milieux de surface connectés.

La gestion des eaux de surface et souterraines durant la fermeture est également un enjeu central. À cette étape, les réseaux de dénoyage sont souvent modifiés ou simplifiés, et les systèmes actifs de traitement sont parfois arrêtés ou remplacés par des mesures passives. Si les ouvrages de contrôle de l'écoulement ou de traitement ne sont pas suffisants pour capter les eaux de ruissellement ou d'infiltration encore chargées en métaux, ces dernières pourraient migrer lentement vers les nappes phréatiques. Par ailleurs, la saturation progressive des haldes, des parcs à résidus miniers et des zones de stockage entraînerait un lessivage continu des matériaux, particulièrement en période de fortes pluies ou de dégel printanier, favorisant la lixiviation des métaux et leur transfert vers le sous-sol.

Les matières résiduelles, incluant les matières résiduelles dangereuses, demeureront un vecteur de contamination à long terme si les mesures de confinement ne sont pas durables ou si leur intégrité est compromise au fil du temps. Les installations de stockage devront être conçues pour minimiser les infiltrations et les échanges avec les eaux souterraines, car les déchets industriels et métalliques entreposés pourraient continuer à relarguer des métaux pendant des décennies. Les contenants détériorés, les défauts de recouvrement, ou la présence de matières mal identifiées pourraient tous devenir des sources de pollution ponctuelle ou diffuse, difficilement détectable en l'absence d'un suivi post-fermeture prolongé.

Ainsi, la fermeture d'un site minier marque le début d'une nouvelle phase de gestion environnementale à long terme. La qualité des eaux souterraines peut être compromise si les mécanismes de mobilisation et de migration des métaux ne sont pas anticipés et maîtrisés. La réussite de cette étape reposera sur une planification rigoureuse de l'ennoyage, une intégration judicieuse des mesures passives de traitement, un confinement efficace des matières résiduelles, et un suivi environnemental robuste permettant d'ajuster les mesures en fonction des résultats observés.

14.4.1.2 Mesures d'atténuation

Afin de limiter ces impacts et favoriser une qualité d'eau souterraine, plusieurs mesures d'atténuation et d'amélioration seront mises en place :

- Réaliser une étude sur les exfiltrations riches en fer existantes provenant du parc à résidus afin de concevoir des dispositions visant à atténuer ou à contrôler les impacts potentiels futurs associés au stockage des futurs résidus au parc;
- Planifier le séquençage des opérations minières de manière à équilibrer l'extraction de matériaux à forte et faible teneur en sulfures, en s'appuyant sur une cartographie géochimique détaillée du gisement;
- Stabilisation rapide des sols mis à nu : recouvrement temporaire (toiles géotextiles, paillis, hydroensemencement) pour limiter l'érosion et le ruissellement;
- Contrôle de l'érosion et des sédiments : installation de fossés périphériques, bassins de décantation et barrières anti-sédiments pour intercepter les particules fines potentiellement riches en métaux;
- Minimisation des zones exposées : phasage des travaux de décapage pour limiter les surfaces de substrat exposées en même temps;
- Plan de recouvrement des haldes et parc à résidus miniers : utilisation de matériaux à faible perméabilité, et végétalisation pour limiter l'infiltration;
- Maintien ou remplacement des systèmes de traitement : transition vers des traitements passifs si possible, en maintenant l'efficacité du traitement.

14.4.1.3 Impacts résiduels du projet

Malgré la mise en œuvre de mesures d'atténuation rigoureuses visant à prévenir la mobilisation et la migration des métaux vers les eaux souterraines, des impacts résiduels pourraient subsister tout au long du cycle de vie du projet.

Pendant les phases de construction et d'exploitation, le pompage actif des fosses engendrera un rabattement local du niveau piézométrique, créant un gradient hydraulique dirigé vers les zones excavées. Ce phénomène agira comme un mécanisme de contrôle hydraulique, limitant la dispersion des contaminants en dirigeant potentiellement les eaux souterraines chargées en métaux vers les fosses elles-mêmes, où elles pourront être captées, surveillées et, au besoin, traitées. Cette dynamique contribuera ainsi à limiter les risques de migration hors site pendant les opérations actives.

Toutefois, lors de la fermeture du site, avec l'arrêt du pompage et la remontée progressive des niveaux d'eau souterraine (équilibration hydrogéologique), une redistribution des flux souterrains pourra survenir, modifiant les trajectoires potentielles de migration des contaminants. Ce changement de régime hydrogéologique représenterait un moment critique pour le contrôle de la contamination résiduelle par les métaux dissous dans l'eau souterraine.

Afin de minimiser les impacts à long terme, un programme de suivi environnemental post-fermeture sera mis en œuvre pour surveiller l'évolution de la qualité des eaux souterraines et détecter tout signal de relargage métallique. En fonction des résultats observés, des outils de gestion adaptative pourront être déployés. Ainsi, bien que le risque de contamination ne puisse être complètement éliminé, il pourra être contenu et maîtrisé grâce à une combinaison de contrôles hydrauliques, de surveillance continue et de mesures correctives ciblées, assurant la protection à long terme des eaux souterraines.

14.4.2 Contamination par les hydrocarbures

14.4.2.1 Voies d'actions

Construction

La phase de construction de la mine Troilus comporte plusieurs activités susceptibles de générer une contamination liée aux hydrocarbures. L'utilisation constante de machinerie lourde pour les travaux de déboisement, de terrassement et de construction des infrastructures constitue une source majeure de risque. Des fuites ou déversements accidentels de carburant, d'huile à moteur ou de liquide hydraulique pourraient survenir à partir d'engins mal entretenus ou utilisés de manière intensive. Par ailleurs, l'entreposage temporaire de carburants et de lubrifiants sur le site, en particulier dans des zones en développement ou non aménagées, pourrait entraîner des déversements si des mesures de confinement adéquates (revêtements étanches, bacs de rétention) ne sont pas en place.

De plus, les opérations de transfert de carburant par camions-citernes ou pompes mobiles sur le terrain présenteraient un risque accru de contamination ponctuelle en cas d'erreur humaine ou de défaillance technique. Ces hydrocarbures pourraient alors s'infiltrer dans les sols, ruisseler vers les fossés ou plans d'eau avoisinants, et potentiellement migrer vers les aquifères peu profonds, surtout en l'absence de surfaces imperméabilisées.

Exploitation

Au cours de la phase d'exploitation, la présence soutenue d'équipements motorisés, de réservoirs de carburant et d'activités d'entretien intensifie les risques de contamination par les hydrocarbures. Les opérations de transport, de traitement du minerai et de manutention impliquent l'usage continu de carburants, d'huiles et de lubrifiants. L'usure normale des équipements, les incidents mécaniques et les opérations de maintenance peuvent engendrer des fuites chroniques. Les zones de ravitaillement et d'entretien des véhicules miniers sont particulièrement sensibles, notamment si la gestion des résidus huileux, des filtres contaminés ou des boues n'est pas rigoureuse.

Des déversements accidentels peuvent survenir durant les remplissages ou les vidanges, et leur impact est amplifié si les surfaces ne sont pas étanches ou si le drainage est inadéquat. Les réservoirs de stockage à long terme constituent également une source de risque, particulièrement en cas de défauts de confinement, de corrosion ou de mauvais entretien. Dans l'ensemble, les hydrocarbures peuvent s'infiltrer dans le sol, percoler lentement vers les nappes phréatiques ou contaminer les eaux de ruissellement, en particulier dans les zones non pavées ou mal protégées.

Fermeture

Même après l'arrêt des activités minières, la phase de fermeture comporte des risques résiduels de contamination en hydrocarbures. Des volumes d'hydrocarbures pourraient encore être présents dans les équipements, les conduites, les réservoirs ou les aires de stockage. Si le démantèlement n'est pas complet ou rigoureux, ces sources pourraient continuer à relarguer des contaminants dans le sol. Le vieillissement des infrastructures restantes, notamment les réservoirs ou les canalisations enfouies, pourrait entraîner des fuites lentes, souvent non détectées.

Par ailleurs, une élimination inadéquate des matières contaminées — tels que les sols souillés, les absorbants ou les contenants d'huiles usagées — pourrait engendrer une pollution diffuse à long terme. Cette contamination est particulièrement préoccupante lors de la remontée progressive du niveau des eaux souterraines (rééquilibration hydrogéologique post-fermeture), qui pourrait mobiliser les hydrocarbures enfouis et favoriser leur migration. Les périodes de fortes pluies ou de dégel accentueraient également le risque de lessivage de ces polluants vers les nappes phréatiques. Ainsi, bien que les activités minières soient terminées, des mécanismes passifs de relargage pourraient perdurer si des mesures de confinement et de réhabilitation adéquates ne sont pas mises en place.

14.4.2.2 Mesures d'atténuation

- Des aires étanches et confinées seront aménagées pour prévenir tout écoulement accidentel vers l'environnement des aires de ravitaillement et d'entretien étanches.
- Les hydrocarbures seront entreposés dans des contenants sécurisés, sur des surfaces imperméables avec une capacité de rétention adéquate.
- Des procédures strictes encadreront les transferts de carburant, incluant la supervision, l'inspection des équipements et la formation des opérateurs.

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

- Un plan d'urgence sera mis en place avec du matériel d'intervention disponible en tout temps et des simulations régulières pour assurer la réactivité.
- Le site sera restauré après les travaux, avec décontamination au besoin et un suivi environnemental pour vérifier l'efficacité des mesures.

14.4.2.3 Impacts résiduels du projet

Malgré les mesures d'atténuation prévues à toutes les étapes du projet minier Troilus, certains risques résiduels de contamination des eaux souterraines par les hydrocarbures subsisteraient. Ces impacts sont considérés faibles en ampleur, car les sources potentielles (ex. : déversements accidentels, fuites ponctuelles de machinerie ou de contenants, résidus d'entretien) seront limitées et encadrées par des dispositifs de prévention efficaces.

Ces impacts seront présents à toutes les phases du projet, soit la construction, l'exploitation et la fermeture, et seront localisés à la ZDP, sans s'étendre aux zones d'étude locale ou régionale. Leur fréquence est qualifiée d'irrégulière, correspondant à des événements ponctuels ou accidentels (ex. : incident de ravitaillement, fuite lente non détectée immédiatement).

En raison de la présence de mesures de confinement et de nettoyage en cas d'incident, la contamination éventuelle serait réversible, notamment grâce à la réhabilitation ciblée et au suivi environnemental post-fermeture. Toutefois, la durée potentielle de persistance dans le milieu est estimée au moyen terme, surtout si une détection tardive ou une intervention retardée survient.

Le moment de sensibilité est considéré comme modéré, notamment en période de fortes précipitations, de fonte printanière ou d'activités intenses en machinerie. À long terme, les mécanismes de surveillance et les plans d'intervention d'urgence contribueront à contenir et corriger les impacts potentiels, limitant ainsi la portée de l'impact sur les aquifères souterrains.

14.4.3 Enrichissement en nutriments ou en nitrates

14.4.3.1 Voies d'actions

Construction

Lors de la phase de construction, plusieurs activités pourraient contribuer à l'enrichissement en nutriments ou en nitrates dans les eaux souterraines. L'aménagement de l'infrastructure du site (terrassément, construction des routes, camps temporaires, etc.) pourrait générer des rejets issus des installations sanitaires (eaux usées domestiques contenant de l'azote ammoniacal et des nitrates), notamment en cas de défaillance ou de mauvaise gestion des systèmes d'assainissement temporaire. Les effluents mal traités ou mal confinés pourraient s'infiltrer dans le sol et rejoindre les aquifères peu profonds.

Par ailleurs, l'entreposage inadéquat de matières résiduelles organiques ou de déchets alimentaires dans les zones de vie ou de chantier pourrait entraîner la libération de nutriments par lixiviation, en particulier

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

lors de précipitations. La mise à nu des sols et leur remaniement pourraient aussi modifier les conditions de drainage naturel, augmentant le risque de migration de composés azotés vers les eaux souterraines.

Exploitation

Durant l'exploitation, l'utilisation de nitrates dans les explosifs (notamment le nitrate d'ammonium) constituerait une voie d'action majeure. Les résidus d'explosifs non détonés, les pertes lors de la préparation ou du chargement des trous de forage pourraient entraîner la percolation de nitrates dans les sols et, ultimement, vers les eaux souterraines, particulièrement dans les secteurs où s'effectueront le forage et l'abattage à ciel ouvert ou souterrain. Cette source est diffuse, mais continue.

De plus, le lessivage des haldes et des résidus miniers pourrait également contribuer à l'apport en nutriments si des matières azotées sont présentes dans les matériaux remaniés ou stockés. Dans les zones de traitement, les systèmes de gestion des eaux de procédé ou de drainage contaminé pourraient contenir des charges azotées si les eaux de contact ne sont pas adéquatement traitées. Enfin, les systèmes de gestion des eaux usées sanitaires du personnel sur site doivent être entretenus rigoureusement, car toute fuite ou tout débordement peut causer une infiltration azotée vers les aquifères.

Fermeture

À la fermeture, les risques liés aux nitrates et nutriments pourraient persister, bien qu'ils tendraient à diminuer avec l'arrêt des opérations actives. Toutefois, l'infiltration lente de nitrates résiduels à partir des haldes ou les zones d'abattage pourrait continuer pendant plusieurs années. Les nitrates accumulés dans les sols ou zones saturées pourraient être mobilisés lors des cycles hydrologiques (ex. : fonte, fortes pluies), entraînant leur migration vers les nappes phréatiques.

De plus, si des systèmes de traitement des eaux ou des effluents domestiques sont désactivés prématurément ou défaillants, les nutriments encore présents dans les bassins ou conduites pourraient être relâchés dans l'environnement. Le réaménagement des zones perturbées doit ainsi inclure des mesures pour limiter la percolation de nutriments à travers les matériaux de recouvrement et les sols reconstitués.

14.4.3.2 Mesures d'atténuation

- Les eaux usées domestiques seront traitées adéquatement dans des installations conformes afin d'éviter toute contamination des sols ou des eaux.
- Les matières organiques (ex. : déchets alimentaires) seront entreposées dans des contenants fermés et évacuées régulièrement pour prévenir les nuisances et l'attraction de la faune.
- L'utilisation des explosifs sera strictement encadrée, et les résidus générés seront récupérés, entreposés ou éliminés selon les normes pour éviter toute contamination.

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

14.4.3.3 Impacts résiduels du projet

Lors de la phase de construction, l'enrichissement en nutriments ou en nitrates est principalement lié aux effluents provenant des installations sanitaires temporaires et à la gestion des matières organiques. Les risques sont faibles, étant donné la courte durée de cette phase et les mesures de gestion, telles que le traitement des eaux usées et la gestion appropriée des déchets organiques. Les impacts sur la qualité de l'eau souterraine seront limités, et l'impact demeure réversible à court terme si des mesures adéquates de contrôle sont appliquées.

Durant la phase d'exploitation, l'enrichissement en nitrates pourrait résulter des effluents générés par les activités industrielles et l'usage des explosifs. Cependant, les mesures de gestion, telles que des systèmes de traitement des effluents et des bassins de rétention, permettront de réduire de manière significative le risque de lixiviation des nutriments dans les sols et les aquifères. L'ampleur de l'impact demeura faible et est réversible à court terme, grâce à une gestion appropriée des rejets.

Lors de la fermeture, les risques d'enrichissement en nutriments ou en nitrates sont relativement faibles. Les principales sources potentielles de contamination incluent les résidus restant sur site et les matières organiques laissées après la fin des opérations. Toutefois, la gestion efficace de la réhabilitation des zones impactées et des systèmes de dénoyage pourrait limiter tout risque de lixiviation vers les aquifères. L'impact demeura faible et réversible si des mesures appropriées sont mises en place pour gérer les eaux de surface et les aires de stockage des résidus.

14.4.4 Résumé des impacts résiduels

Le tableau 14.10 résume les impacts résiduels sur la qualité des eaux souterraines

Tableau 14.10 Impacts résiduels anticipés du projet sur la qualité des eaux souterraines

Impact résiduel	Caractérisation des impacts résiduels anticipés							
	Phase du projet	Direction	Ampleur	Étendue géographique	Moment	Durée	Fréquence	Réversibilité
Contamination par les métaux	C	N	F	ZDP	SM	LT	C	R
	E	N	F	ZDP	SM	LT	C	R
	F	P	F	ZDP	SM	LT	C	R
Contamination par les hydrocarbures	C	Neutre	F	ZDP	SM	MT	IR	R
	E	Neutre	F	ZDP	SM	MT	IR	R
	F	Neutre	F	ZDP	SM	MT	IR	R
Enrichissement en nutriments ou en nitrates	C	N	F	ZDP	SM	CT	C	R
	E	N	F	ZDP	SM	CT	C	R
	F	N	F	ZDP	SM	CT	C	R

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

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Impact résiduel	Caractérisation des impacts résiduels anticipés							
	Phase du projet	Direction	Ampleur	Étendue géographique	Moment	Durée	Fréquence	Réversibilité

Phase du projet :

C : Construction
E : Exploitation
F : Fermeture et restauration

Direction :

P : Positif
N : Négatif

Ampleur :

N : Négligeable
F : Faible
M : Modérée
E : Élevée

Étendue géographique :

ZDP : Zone de développement du projet
ZEL : Zone d'étude locale
ZER : Zone d'étude régionale

Moment :

NS : Pas de sensibilité
SM : Sensibilité modérée
SE : Sensibilité élevée

Durée :

CT : Court terme
MT : Moyen terme
LT : Long terme

s.o. : Sans objet

Fréquence :

S : Événement unique
IR : Événement irrégulier
R : Événement régulier
C : Continu

Réversibilité :

R : Réversible
I : Irréversible

14.4.4.1 Résumé des impacts négatifs anticipés

Les trois types de contamination (métaux, hydrocarbures, et enrichissement en nutriments) présentent des risques négatifs principalement durant la phase de construction et d'exploitation. Toutefois, avec des mesures de gestion rigoureuses, ces impacts pourraient être minimisés et demeureront généralement réversibles à court terme. La phase de fermeture nécessite un suivi à long terme pour minimiser toute contamination résiduelle persistante, particulièrement en ce qui concerne les métaux et les hydrocarbures.

14.5 Niveau de confiance

L'évaluation des impacts sur la qualité des eaux souterraines a été réalisée de manière qualitative, à partir des données disponibles issues des campagnes d'échantillonnage et des connaissances existantes sur le contexte géochimique et hydrogéologique du site. Aucune modélisation numérique n'a été effectuée pour prédire l'évolution spatio-temporelle des concentrations en contaminants. La confiance dans les prédictions demeure limitée en raison du caractère ponctuel des données, de la variabilité potentielle des sources de contamination (résidus, haldes, infrastructures) et de l'absence de simulation de transport. Certaines hypothèses conservatrices ont été posées, notamment quant au confinement des contaminants, aux capacités d'atténuation naturelle et à l'efficacité des infrastructures de gestion. Par conséquent, les résultats doivent être interprétés avec prudence, en tenant compte des incertitudes liées à la spatialisation, à la réactivité géochimique et à l'évolution à long terme de la qualité des eaux.

14.6 Références

Geocon. 1993. Étude hydrologique et hydrogéologique – Projet Troilus, M-5937, 126 p.

Gouvernement du Québec. Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains, RLRQ, c. Q -2, r. 37). Disponible en ligne : <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2037>

Groupe-conseil Entraco inc. (Entraco). 1991. Projet minier Troilus-Frotet, Site minier, Étude préliminaire. Volume 1 : 104 p., Volumes 2 et 3.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2017. Guide technique de suivi de la qualité des eaux souterraines. Disponible en ligne : <http://www.mdelcc.gouv.qc.ca>

MELCCFP. 2021. Guide d'intervention : Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés. Disponible en ligne : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-intervention/guide-intervention-protection-rehab.pdf>

WSP. 2024a. Suivi de la qualité de l'eau souterraine au site minier Troilus réalisé en 2022. Mémoire technique No. 036-1913134-MTF-Rev0. Montréal, QC, Canada : WSP.

WSP. 2024 b. Suivi de la qualité de l'eau souterraine réalisé en 2023 au site minier Troilus. Mémoire technique No. 054-22575540-MTF-Rev0. Montréal, QC, Canada : WSP.