



RAPPORT

**Modélisation hydrogéologique des fosses projetées du
projet Troilus**
Étude de faisabilité

Soumis à :

Troilus Gold Corporation

Ian Pritchard
Vice-président senior - Services techniques
36, rue Lombart, 4e étage
Toronto, ON, M5C 2X3

Préparé par :

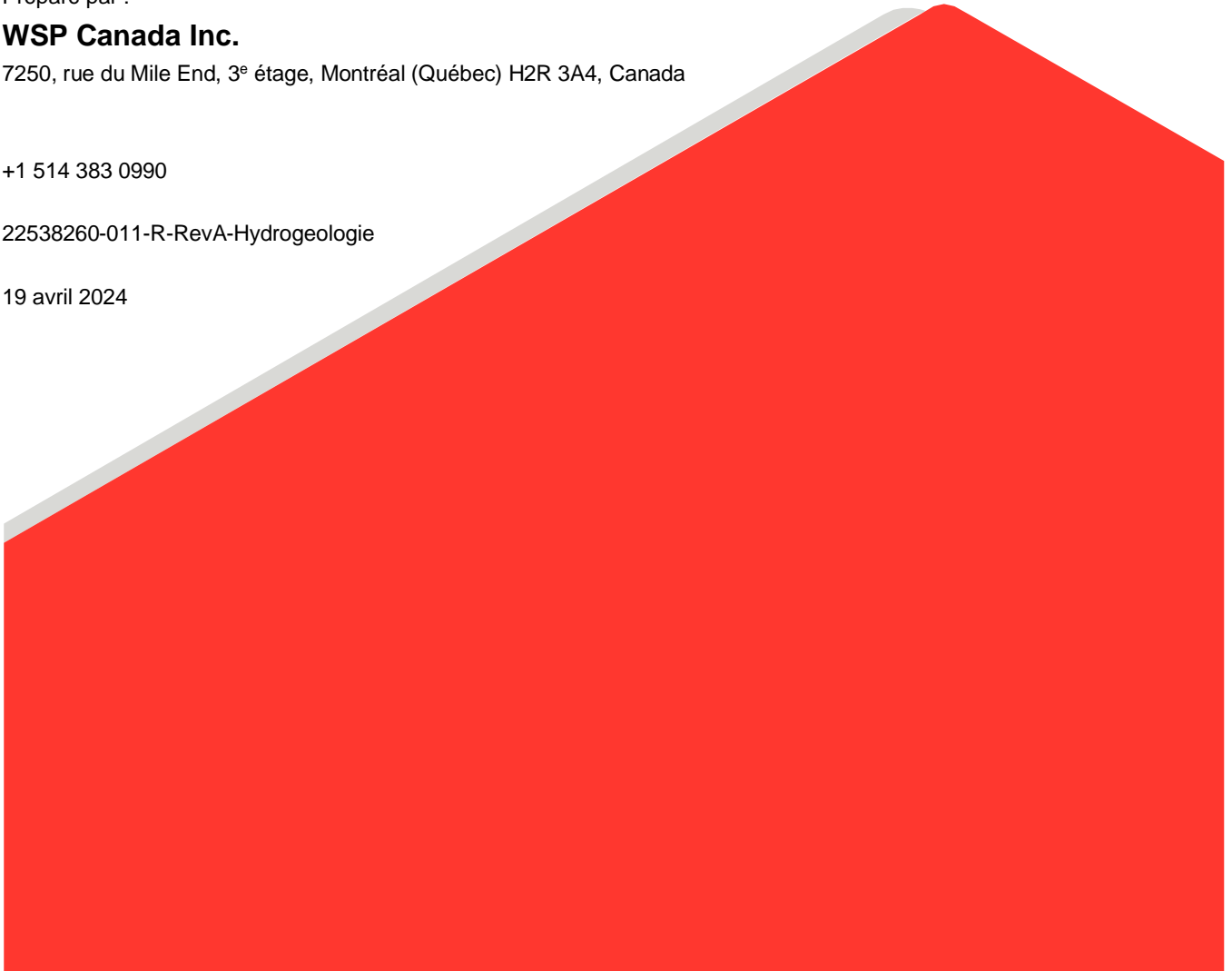
WSP Canada Inc.

7250, rue du Mile End, 3^e étage, Montréal (Québec) H2R 3A4, Canada

+1 514 383 0990

22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie

19 avril 2024



Liste de distribution

1 copie électronique pour Troilus Gold Corporation

1 copie électronique pour WSP Canada Inc.

Table des matières

1.0 INTRODUCTION	6
1.1 Équipe de travail	6
2.0 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	6
2.1 Physiographie	6
2.2 Géologie des dépôts quaternaires	6
2.3 Géologie du socle rocheux	7
2.4 Niveaux d'eau souterraine et direction d'écoulement	8
2.5 Niveau d'eau des fosses actuelles.....	9
2.6 Hydrostratigraphie.....	10
2.7 Propriétés hydrogéologiques	10
2.8 Recharge	13
3.0 MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	14
3.1 Détail du modèle numérique de l'écoulement de l'eau souterraine	14
3.2 Maillage	15
3.3 Zonation des paramètres hydrogéologiques	15
3.4 Conditions limites	16
3.4.1 Recharge	16
3.4.2 Limites du modèle numérique, lacs et cours d'eau	16
3.4.3 Parc à résidus	16
3.4.4 Fosses à ciel ouvert	17
3.5 Simulations réalisées	17
3.6 Calibration du modèle numérique	17
4.0 RÉSULTATS	17
4.1 Calibration sur les charges hydrauliques	17
4.2 Paramètres hydrogéologiques calibrées	18
4.3 Bilan hydrique	19

4.3.1	Fosses actuelles (87 et J4).....	19
4.3.2	Fosses projetées (87, J4, X22 et SW).....	20
4.3.3	Ruisseau Bibou et dérivation	20
4.3.4	Lac Amont.....	21
4.4	Piézométrie simulée et rabattement induit par les fosses	21
4.5	Analyse de sensibilité.....	22
5.0	CONCLUSION.....	23
6.0	RECOMMANDATIONS.....	24
7.0	REFERENCES	25
8.0	CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS	26

Tableaux

Tableau 1: Puits d'observation utilisés dans la calibration du modèle hydrogéologique et niveaux d'eau souterraine mesurés	8
Tableau 2: Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques mesurées par intervalle de 100 m de profondeur de mesure et selon les deux périodes de mesure	11
Tableau 3: Moyenne géométrique de la conductivité hydraulique selon le secteur	12
Tableau 4: Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques des dépôts meubles et anthropique	13
Tableau 5: Coefficients de ruissellement utilisés pour le calcul de la recharge	13
Tableau 6 : Recharge annuelle moyenne pour chacune des zones de recharge.....	14
Tableau 7 : Zones de conductivité hydraulique du roc assignées au modèle numérique	15
Tableau 8: Conductivité hydraulique du modèle numérique calibré.....	19
Tableau 9 : Valeurs de recharge calibrées	19
Tableau 10: Débit d'infiltration d'eau souterraine dans les fosses 87 et J4 pour les conditions hydrogéologiques actuelles	20
Tableau 11: Débit d'infiltration d'eau souterraine simulé pour les quatre fosses pour les conditions finales d'exploitation	20
Tableau 12: Bilan hydrogéologique du ruisseau Bibou et de sa dérivation future	21
Tableau 13 : Bilan hydrogéologique du lac Amont	21
Tableau 14: Propriétés hydrogéologiques utilisés dans le scénario d'analyse de sensibilité. Les valeurs en gras sont celles qui ont été modifiées par rapport au scénario de référence.....	22
Tableau 15: Débit d'infiltration de l'eau souterraine pour le scénario de sensibilité avec une conductivité hydraulique du roc plus élevée	23

Tableau 16: Bilan hydrogéologique de la dérivation future du ruisseau Bibou et du lac Amont pour le scénario de sensibilité avec une conductivité hydraulique du roc plus élevée.....	23
---	----

FIGURES (dans le texte)

Figure A: Carte piézométrique interprétée (tiré de WSP, 2024a).....	9
Figure B: Conductivité hydraulique du socle rocheux en fonction de la profondeur	11
Figure C: Conductivité hydraulique du socle rocheux en fonction de la profondeur selon le secteur.....	12
Figure D: Moyenne mensuelle sur 30 ans de la recharge pour chacune des zones de recharge.....	14
Figure E: Coupe sud-ouest nord-est du modèle hydrogéologique. La coupe passe par la fosse SW, le parc à résidus et les fosses 87 et J4	16
Figure F: Comparaison entre les charges hydrauliques mesurées et simulées	18

FIGURES (après le texte)

Figure 1: Localisation générale et physiographie

Figure 2: Géologie des dépôts meubles

Figure 3: Géologie du roc

Figure 4: Maillage et conditions limites du modèle hydrogéologique

Figure 5: Piézométrie simulée en condition actuelle

Figure 6: Piézométrie simulée en condition d'exploitation finale des quatre fosses

Figure 7: Rabattement simulé en condition d'exploitation finale des quatre fosses

1.0 INTRODUCTION

Le site minier Troilus est situé à 175 km au nord de la municipalité de Chibougamau. Ce site minier a été en opération dans les années 1990 et 2000, avec l'exploitation à ciel ouvert de la minéralisation en cuivre et en or du gisement de la zone 87 et du gisement de la zone J4 (J). La production a cessé en mai 2008 dans la fosse J4 puis en avril 2009 dans la fosse 87. Troilus Gold Corp. (Troilus) est maintenant propriétaire des droits miniers du site et planifie de redémarrage de la mine (la Mine). Le redémarrage prévu inclut l'agrandissement des fosses historiques J4 et 87 ainsi que le développement de deux nouvelles fosses, soit la fosse X22 et la fosse SW.

Des études hydrogéologiques ont été réalisées en 2020 et plus récemment en 2022 (Golder, 2022b) dans le cadre l'étude de préfaisabilité économique. Le développement de la fosse X22 n'était pas prévu lors de la réalisation de ces études. Aussi, de nouvelles investigations hydrogéologiques incluant des essais hydrauliques avec obturateur pneumatique et la mesure de niveaux d'eau souterraine ont aussi réalisées en 2022 dans le secteur des fosses projetées X22 et SW (WSP, 2023). Ce rapport est une mise-à-jour de l'étude hydrogéologique de 2022 afin d'inclure le développement de la fosse X22 et d'intégrer les données hydrogéologiques complémentaires.

Les objectifs de la présente étude hydrogéologique sont les suivants :

- Préciser le contexte hydrogéologique du site minier en lien avec l'exploitation future des fosses à ciel ouvert.
- Quantifier les infiltrations d'eau souterraine dans les quatre fosses projetées.
- Évaluer l'effet combiné du dénoyage des fosses sur les niveaux d'eau souterraine sur le milieu environnant.
- Évaluer l'impact du dénoyage des fosses sur la dérivation du ruisseau Bibou.

1.1 Équipe de travail

L'équipe de travail était composée des personnes suivantes :

- Sylvain Gagné, géo.: Modélisation hydrogéologique et rédaction du rapport
- Alexandre Boutin, ing.: Révision des modèles et de la section de modélisation du rapport
- Mathieu Gosselin, ing.: Chargé de projet et révision du rapport

2.0 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

2.1 Physiographie

Le site Troilus est situé dans une vallée d'orientation NE-SO ayant une élévation variant de 400 m à 365 m. La vallée est bordée au NO et au SE par des hauts topographiques, d'une élévation allant jusqu'à 520 m, formés par le socle rocheux (Figure 1). Au centre de la vallée, le ruisseau Bibou, qui prend sa source dans le lac Amont, s'écoule vers le NE et se jette dans le lac A. Le ruisseau Bibou constitue le point bas du secteur et draine plusieurs milieux humides se drainent dans celui-ci.

2.2 Géologie des dépôts quaternaires

La figure 2 présente la carte des dépôts de surface qui a été produite en combinant les données du ministère des Ressources naturelles et de la faune (MRNF, 2023) et la cartographie de la géologie des dépôts de surface fournie par la Mine.

Le site de la mine Troilus est situé dans une vallée orientée N220° ce qui est subparallèle aux formes d'érosion glaciaire représentant les reliques de l'écoulement glaciaire nord-est/sud-ouest régional. Cette dépression topographique présente une altitude moyenne variant entre 365 m et 400 m qui est comblée par des sédiments de till glaciaire, de sédiments juxta-glaciaires ainsi que par des dépôts organiques majoritairement tourbeux. Le socle rocheux est sporadiquement sub-affleurant et culmine à 520 m dans une étendue irrégulière et moutonnée au sud-est du site. La vallée est circonscrite au nord-ouest par des formes longitudinales de till mince ou de roc fuselé d'une altitude maximale de 430 m.

Deux principales zones de dépôts juxta-glaciaires, de type fluvioglaciaire, sont présentes sur le site. La première zone trouve son origine à l'est de la fosse 87 où elle prend la forme d'une étroite (~ 30 m) portion sinueuse d'esker qui, dans son prolongement vers le nord-est, présente des secteurs plus étendus de sédiments juxta-glaciaires dont la largeur atteint près de 1,5 km dans le secteur est du lac A. Cette large zone progresse vers le nord-est, et se réorganise en un esker continu de près de 200 m de largeur.

La deuxième zone de sédiments juxta-glaciaires borde la limite sud-ouest de l'empreinte de la fosse projetée SW et forme des masses faiblement en relief s'organisant en un cordon d'esker discontinu au sud-est du lac Amont. De minces bandes métriques de dépôts fluviaux sont présentes sur les rives des cours d'eau postglaciaires. De nombreux milieux humides se sont développés dans les creux de vallées mal drainées et dont le lit est essentiellement composé de tills sablo-silteux ayant favorisé le développement de milieux humides. Ces milieux humides forment un axe reliant le lac Amont et les deux lacs A et A1. Les tourbières ouvertes et boisées forment de larges complexes interconnectés de part et d'autre du ruisseau Bibou et en périphérie des lacs A et A1. Les rives des cours d'eau, incluant le ruisseau Bibou, peuvent contenir des zones tourbeuses riveraines de 3,5 m de largeur en moyenne, montrant des assemblages arbustifs. Aux limites du site minier, les épaisseurs des dépôts meubles varient généralement entre 1 m et 15 m approximativement. Ceux-ci contiennent des horizons de till glaciaire sablo-silteux avec un pourcentage varié d'inclusions de clastes ou de blocs.

Les empreintes des haldes à stériles projetées (AGP, 2023) qui sont intégrées au modèle sont présentées à la figure 1. Les dépôts anthropiques existants sont présentés aux figures 2 et 4.

2.3 Géologie du socle rocheux

La figure 3 à la fin du texte présente une carte géologique du site Troilus. Le projet Troilus est inclus dans le domaine est de la ceinture de roche verte de Frotret-Evans appartenant à la sous-province d'Opatika de la Province du Supérieur. La ceinture Frotret-Evans se compose d'une séquence volcano-sédimentaire composée de roches volcaniques felsiques, intermédiaires et mafiques. Cette zone est limitée au nord-ouest, au nord et à l'est par des roches intrusives felsiques (Simard, 1987). Un réseau de failles structurales orientées SW-NE sont présentes au nord-ouest et au sud-est du site minier. Les fosses existantes et projetées sont situées le long de deux plis (synclinal et anticlinal). Le projet Troilus est situé dans la zone de cisaillement dextre du lac Allongé, se prolongeant sur 10 km de longueur et 2 km de largeur, dont l'orientation est subparallèle aux failles inverses majeures régionales (N220°/60°). Les minéralisations en cuivre et en or sont généralement circonscrites 1) au contact lithologique brèche-dyke felsique; 2) incluses dans les dykes felsiques; 3) dans les brèches hydrothermales; et 4) dans les enclaves volcaniques intermédiaires incluses dans les dykes felsiques; ou 5) dans les enclaves de dykes incluses dans la brèche hydrothermale.

2.4 Niveaux d'eau souterraine et direction d'écoulement

Les valeurs de niveau d'eau souterraine ont été obtenues à partir des données de campagnes piézométriques de 2021 et 2022 (WSP, 2024a). Au total, 35 points de mesures du niveau de l'eau souterraine étaient disponibles, 24 dans le roc et 11 dans les dépôts meubles. La piézométrie interprétée est présentée à la Figure A.

Tableau 1: Puits d'observation utilisés dans la calibration du modèle hydrogéologique et niveaux d'eau souterraine mesurés

Puits d'observation ou mesure lors d'essai par obturateur.	Unité	Élévation du niveau d'eau (m)
GT21-J-03_Test01	Roc	366,4
GT21-J-04_Test01	Roc	359,6
GT21-J-04_Test02	Roc	361,6
GT21-J-04_Test03	Roc	360,7
GT21-J-05_Test01	Roc	362,4
GT21-Z87-02_Test03	Roc	342,4
TLG-ZSW21-212-GT_Test01	Roc	376,0
TLG-ZSW21-212-GT_Test02	Roc	377,2
GT21-ZSW-05_Test01	Roc	378,9
GT21-ZSW-05_Test02	Roc	379,3
GT21-ZSW-03_Test01	Roc	375,5
GT21-ZSW-03_Test02	Roc	378,8
GT21-ZSW-01_Test01	Roc	374,9
GT21-ZSW-01_Test02	Roc	377,6
MW-21-01	Sédiments	378,2
MW-21-02	Roc	373,8
MW-21-03	Sédiments	372,7
MW-21-04	Sédiments	372,3
MW-21-05	Roc	381,7
MW-21-06	Résidus	396,3
MW-21-07	Roc	433,0
MW-21-10	Roc	381,6
MW-21-14	Sédiments	366,1
MW-21-15	Sédiments	372,4
MW-21-16	Sédiments	379,2
MW-21-18	Sédiments	374,0
MW-21-19	Sédiments	375,5
MW-21-23	Sédiments	380,7
GT20-J-02	Roc	362,4

Puits d'observation ou mesure lors d'essai par obturateur.	Unité	Élévation du niveau d'eau (m)
GT21-J-03	Roc	364,7
GT21-J-04	Roc	362,2
GT21-J-05	Roc	362,6
TLG-ZJ419-157	Roc	366,2
TLG-ZJ419-170	Roc	375,7
MW-21-11	Sédiments	376,1

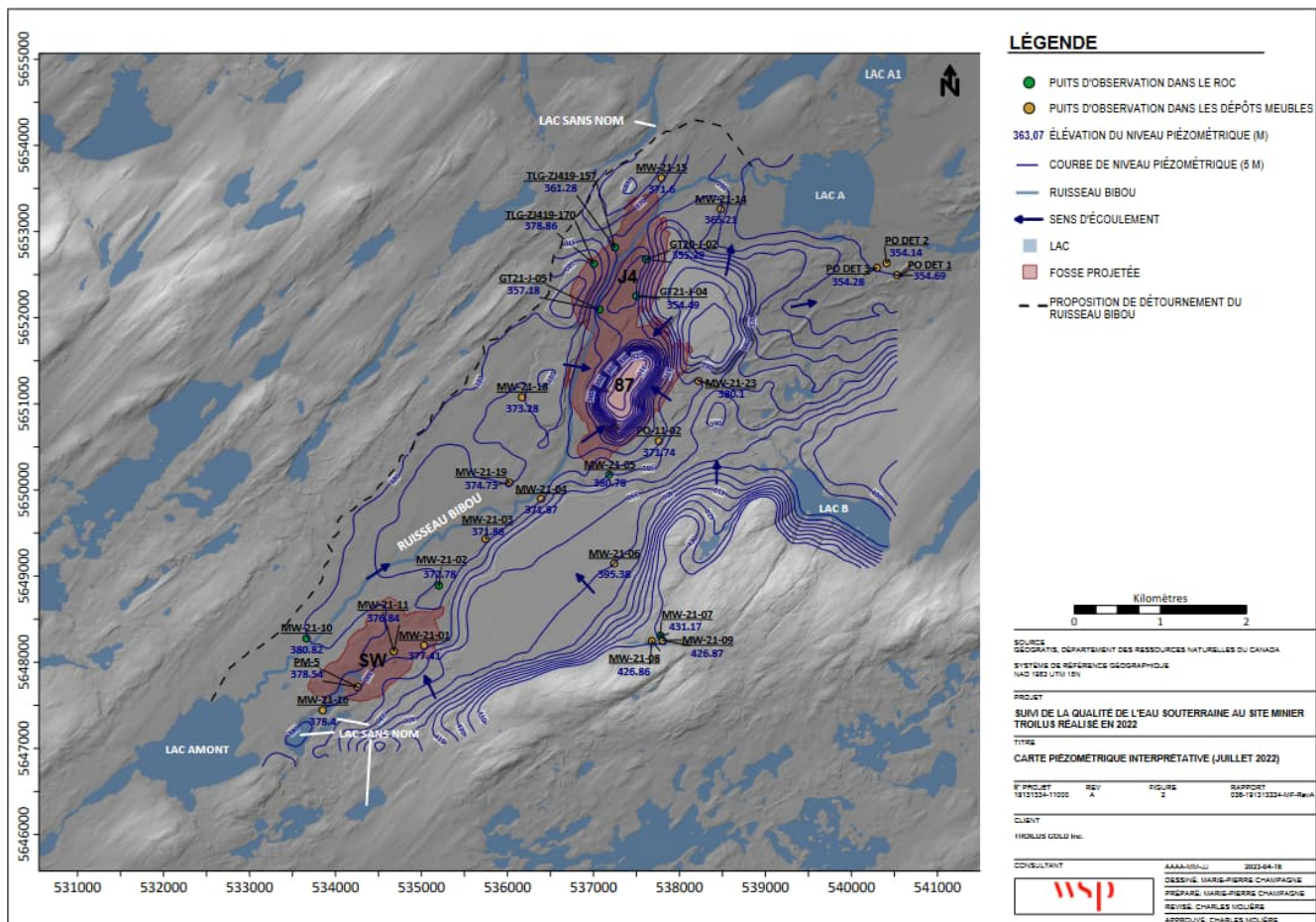


Figure A: Carte piézométrique interprétée (tiré de WSP, 2024a)

2.5 Niveau d'eau des fosses actuelles

Les fosses 87 et J4 ne sont actuellement pas exploitées. Un pompage est effectué dans la fosse 87 et le niveau de la fosse J4 n'est pas contrôlé. Dans le cadre du présent rapport, les données de niveaux des fosses prises en juin 2022 sont considérées. À cette période, le niveau de la fosse 87 était de 308,57 m et le niveau de la fosse J4 de 353,57 m.

2.6 Hydrostratigraphie

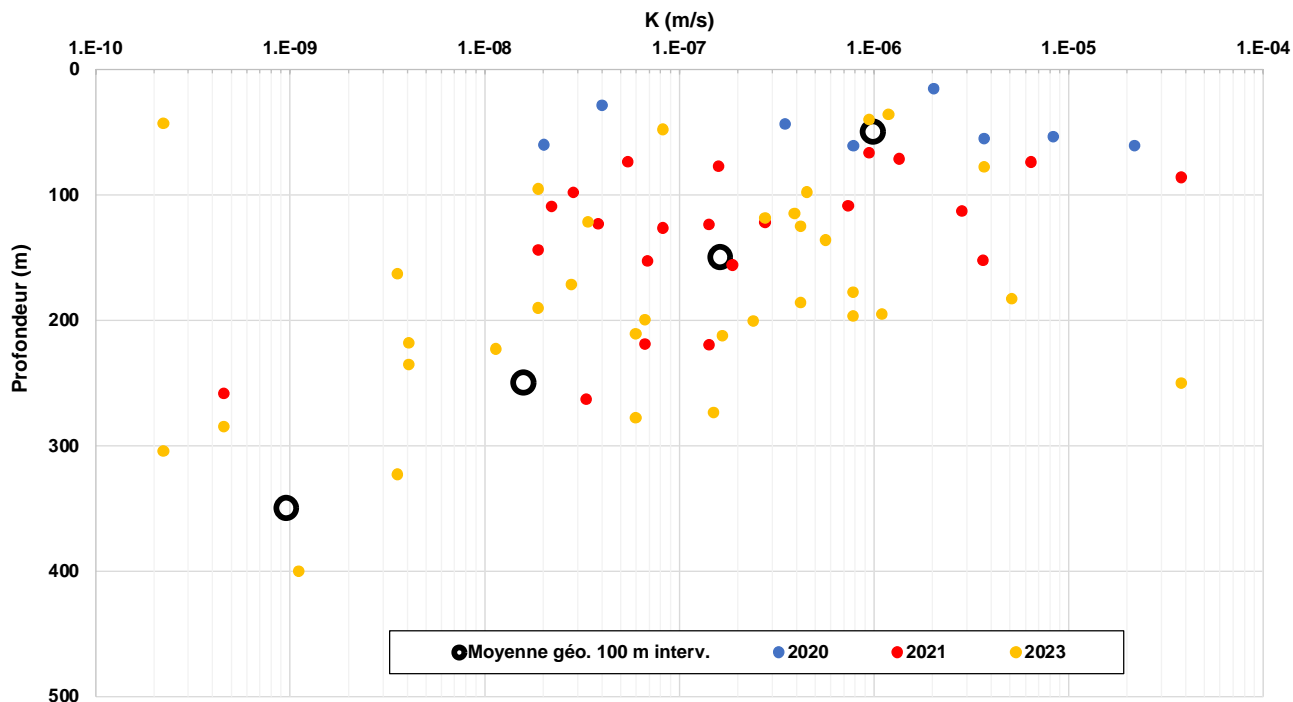
À l'échelle du site d'étude, on retrouve quatre unités hydro stratigraphiques naturelles et deux unités anthropiques

- Zone d'affleurement de roc
- Zone de till
- Zone de tourbe reposant sur du till
- Zone de dépôts fluvioglaciaires et juxta-glaciaires
- Zone des haldes à stériles reposant sur le till
- Zone de résidus miniers reposant sur le till

La figure 2 illustre la répartition spatiale de ces unités hydrostratigraphiques représentée par les polygones de la géologie du quaternaire.

2.7 Propriétés hydrogéologiques

Les propriétés hydrogéologiques issues des travaux d'investigations hydrogéologiques de 2020 et 2021 (Golder, 2022c et WSP, 2023) ont été compilées et combinées aux récents travaux d'investigation hydrogéologiques réalisés en 2023 (WSP, 2023, 2024c). L'ajout des nouvelles données n'apporte pas de changement important au portrait global de la conductivité hydraulique du roc. La comparaison entre les valeurs de conductivités hydrauliques (K) mesurées en 2020, 2021 et 2023 montre une similarité entre les données de 2021 et 2023, bien que les données de 2021 et 2023 comportent des valeurs plus élevées que 2020 (Figure B et Tableau 2).



Note : Les cercles noirs indiquent la moyenne géométrique pour les quatre intervalles de 100 m de profondeur (0-100m, 100-200m, 200-300m, 300-400m).

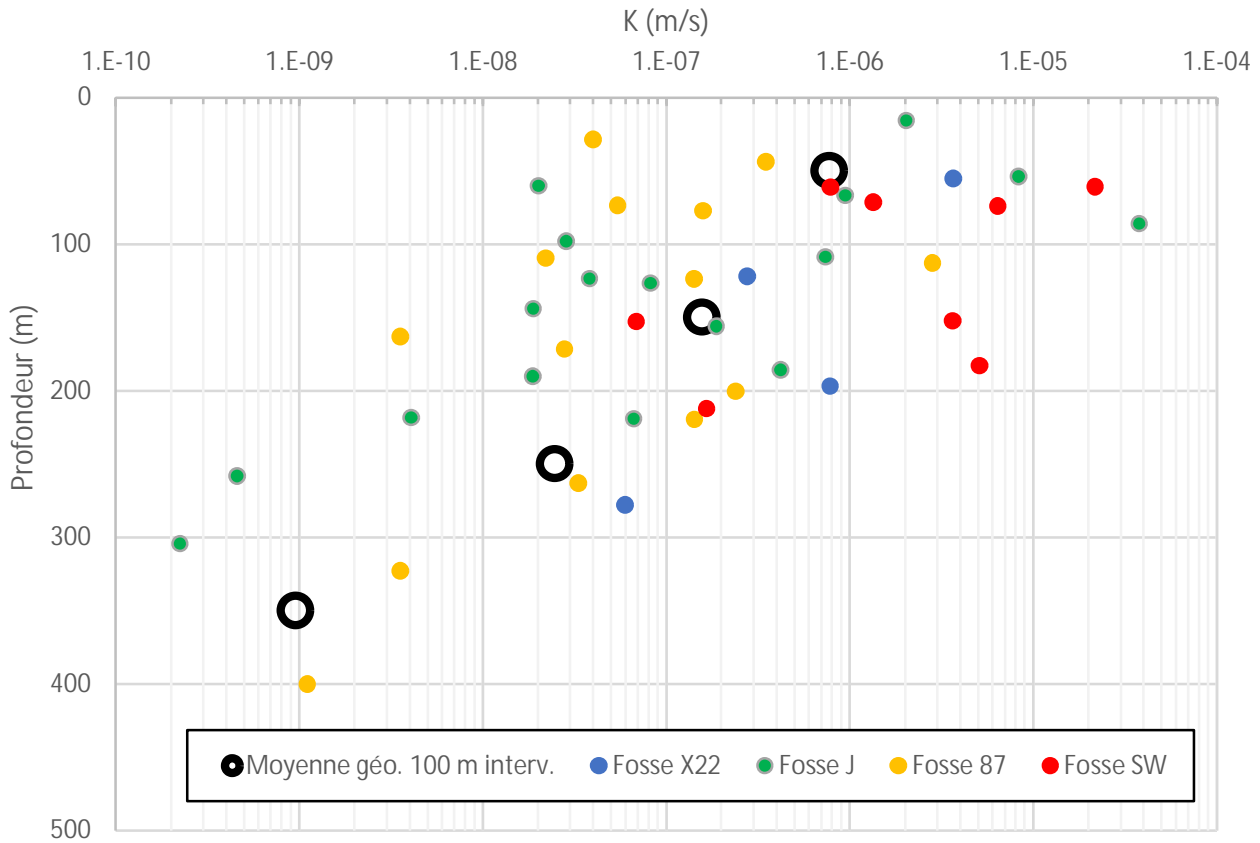
Figure B: Conductivité hydraulique du socle rocheux en fonction de la profondeur

Tableau 2: Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques mesurées par intervalle de 100 m de profondeur de mesure et selon les deux périodes de mesure

Intervalles de profondeur (m sous la surface)	2020-2021-2023 Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques (m/s) (nb. mesures)	2020-2021 Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques (m/s) (nb. mesures)
0 - 100	1×10^{-6} (23)	5×10^{-7} (12)
100 - 200	2×10^{-7} (25)	1×10^{-7} (12)
200 -300	2×10^{-8} (14)	1×10^{-7} (4)
> 300	1×10^{-9} (3)	2×10^{-9} (2)

La Figure C présente les conductivités hydrauliques en fonction de la profondeur et selon les secteurs. Il est observé que les valeurs de conductivité hydraulique des secteurs SW et X22 ne comportent aucune valeur inférieure à 5×10^{-8} m/s, contrairement aux deux autres secteurs où des valeurs inférieures ont été mesurées. Les conductivités hydrauliques moyennes montrent que les secteurs des fosses X22 et SW présentent des valeurs de conductivités hydrauliques généralement supérieures comparativement aux secteurs J4 et 87 tel que

présenté au Tableau 3. Pour le secteur de la fosse SW, ces valeurs plus élevées sont associées à l'unité de brèche hydrothermale.



Note : Les cercles noirs indiquent la moyenne géométrique pour les quatre intervalles de 100 m de profondeur (0-100m, 100-200m, 200-300m, 300-400m).

Figure C: Conductivité hydraulique du socle rocheux en fonction de la profondeur selon le secteur

Tableau 3: Moyenne géométrique de la conductivité hydraulique selon le secteur

Secteur	Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques (m/s)
Fosse J4	8×10^{-8}
Fosse X22	5×10^{-7}
Fosse 87	5×10^{-8}
Fosse SW	2×10^{-6}

Dix-sept (17) essais hydrauliques mesurant la conductivité hydraulique des matériaux sont disponibles pour les dépôts meubles et anthropiques. Ces essais ont été réalisés dans le till (12), les dépôts juxta-glaciaires (2) et les résidus miniers (3). Aucun essai hydraulique n'a été réalisé dans les stériles miniers et les dépôts organiques. Le sommaire des valeurs de conductivités hydrauliques disponibles pour les dépôts meubles et les dépôts anthropiques est présenté au Tableau 4.

Tableau 4: Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques des dépôts meubles et anthropique

Unité dépôts meubles/anthropique	Moyenne géométrique des conductivités hydrauliques (m/s)	Nombre de mesures
Till	1×10^{-5}	12
Dépôts juxta-glaciaire et fluvioglaciaire	$8,9 \times 10^{-5}$	2
Résidus miniers	$2,7 \times 10^{-6}$	3

2.8 Recharge

Les taux de recharge ont été estimés à l'aide du calcul du bilan hydrique de surface. Les calculs ont été réalisés sur une base mensuelle en utilisant les données météorologiques de la base de données DayMet (DayMet, 2023); les données météorologiques de la période 1990-2022 ont été utilisées. Le calcul inclut l'estimation de la fonte de la neige (Valery, 2010), de l'évapotranspiration (Oudin et al., 1992) et du ruissellement par la méthode du *Runoff Curve Number* (Monfet, 1979). Les zones de recharge ont été assignées aux différentes unités hydrostratigraphiques. Les unités de dépôts juxta-glaciaires, fluvioglaciaires et les stériles miniers ont été regroupées en une seule zone de recharge en raison de leur granulométrie comparable.

Le calcul de la recharge a été fait selon l'équation 1 et les paramètres utilisés pour le calcul du ruissellement sont présentés au Tableau 5. Les taux de recharge annuels moyens sont présentés au

Tableau 6, tandis que la variation mensuelle moyenne est présentée à la Figure D. Les variations mensuelles de la recharge pour la tourbe sont trop faibles pour être illustrées sur le graphique de cette figure.

$$R = Precip. - Runoff - ETP$$

Équation 1

Tableau 5: Coefficients de ruissellement utilisés pour le calcul de la recharge

Zone de recharge	Coefficient de ruissellement
Affleurement de roc	0,59
Till	0,54
Sable et gravier ¹ /stériles miniers	0,33
Résidus miniers	0,85
Tourbe	0,95

Note 1 : Dépôts juxta-glaciaires et fluvioglaciaires.

Tableau 6 : Recharge annuelle moyenne pour chacune des zones de recharge

Zone de recharge	Recharge moyenne annuelle (mm/an)
Affleurement de roc	83
Till	110
Sable et gravier ¹ /stériles miniers	311
Résidus miniers	40
Tourbe	5

Note 1 : Dépôts juxta-glaciaires et fluvioglaciaires.

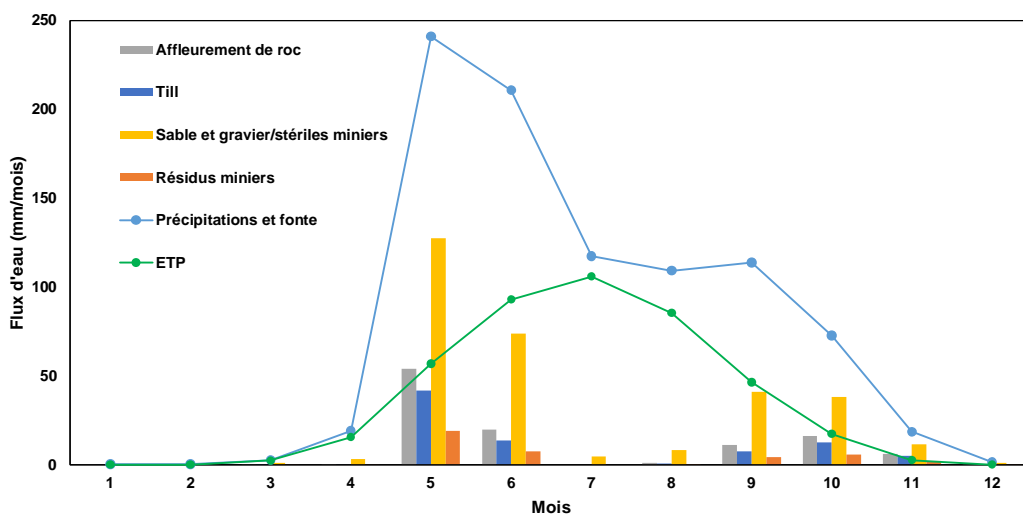


Figure D: Moyenne mensuelle sur 30 ans de la recharge pour chacune des zones de recharge

3.0 MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

3.1 Détail du modèle numérique de l'écoulement de l'eau souterraine

La simulation numérique de l'écoulement de l'eau souterraine au site Troilus a été réalisée à l'aide du logiciel *FEFLOW* (DHI, 2021). *FEFLOW* utilise l'équation des éléments finis pour simuler l'écoulement de l'eau souterraine. Les simulations ont été réalisées en régime permanent, les résultats de ces simulations sont donc représentatifs de la recharge moyenne et des conditions hydrogéologiques moyennes de la zone modélisée.

3.2 Maillage

La zone modélisée a été définie afin d'éloigner au maximum les conditions frontières du modèle de la zone des fosses, tout en permettant un temps de calcul raisonnable. La Figure 4 montre la zone modélisée, le maillage et les conditions limites.

Le domaine de modélisation est représenté avec un maillage d'éléments finis triangulaires de 4 397 000 éléments. Le maillage a été raffiné dans toute la zone du site minier, soit entre la future fosse SW et le lac A. Dans cette zone les éléments ont une taille d'environ 20 m, tandis qu'à l'extérieur de la zone, la taille des éléments varie de 20 m à 300 m. Un raffinement a aussi été appliqué le long de la ligne prévue de la dérivation du ruisseau Bibou avec une taille d'élément de l'ordre de 1 m à 2 m.

Verticalement, le modèle est séparé en 27 couches numériques. Les deux premières couches ont une épaisseur variable selon les dépôts meubles et la présence de halde à stériles ou du parc à résidus. L'épaisseur des couches augmente avec la profondeur pour atteindre 150 m pour la couche 27. L'élévation de la base du modèle est de -500 m par rapport au niveau de la mer.

3.3 Zonation des paramètres hydrogéologiques

La Figure E montre une coupe de modèle hydrogéologique avec des différentes zonations des propriétés hydrogéologiques. Les valeurs de conductivité hydraulique des dépôts meubles ont été assignées au modèle dans les couches 1 et 2 selon les polygones de la géologie du quaternaire :

- Couche 1 : zonation selon les dépôts quaternaires ou les zones de résidus miniers et de stériles miniers
- Couche 2 : till sous la tourbe, les résidus et les stériles miniers. Roc superficiel assigné dans les autres cas.

Afin de simuler la diminution de la conductivité hydraulique du roc avec la profondeur (voir section 2.7), quatre zones de conductivité hydraulique ont été assignées au modèle numérique (Tableau 7).

Tableau 7 : Zones de conductivité hydraulique du roc assignées au modèle numérique

Zone	Couche numérique	Profondeur (m)
Roc superficiel	1-7	0 à 60
Roc intermédiaire 1	8-15	60 à 150
Roc intermédiaire 2	16-21	150 à 300
Roc profond	22-27	300 à 700

Les valeurs plus élevées de conductivité hydraulique mesurées dans le secteur de la fosse SW avaient été précédemment associées aux zones de brèche hydrothermale (Golder, 2022b). Les récentes données 3D de cette unité ont été utilisées pour créer une zone de plus forte conductivité hydraulique dans le modèle. Finalement, afin de simuler l'effet du dynamitage et de l'excavation de la fosse sur la fracturation et la perméabilité du roc, une zone de ~30 m d'épaisseur a été incluse derrière les murs des fosses. Une valeur de conductivité hydraulique correspondante à 10X la valeur du roc a été utilisée.

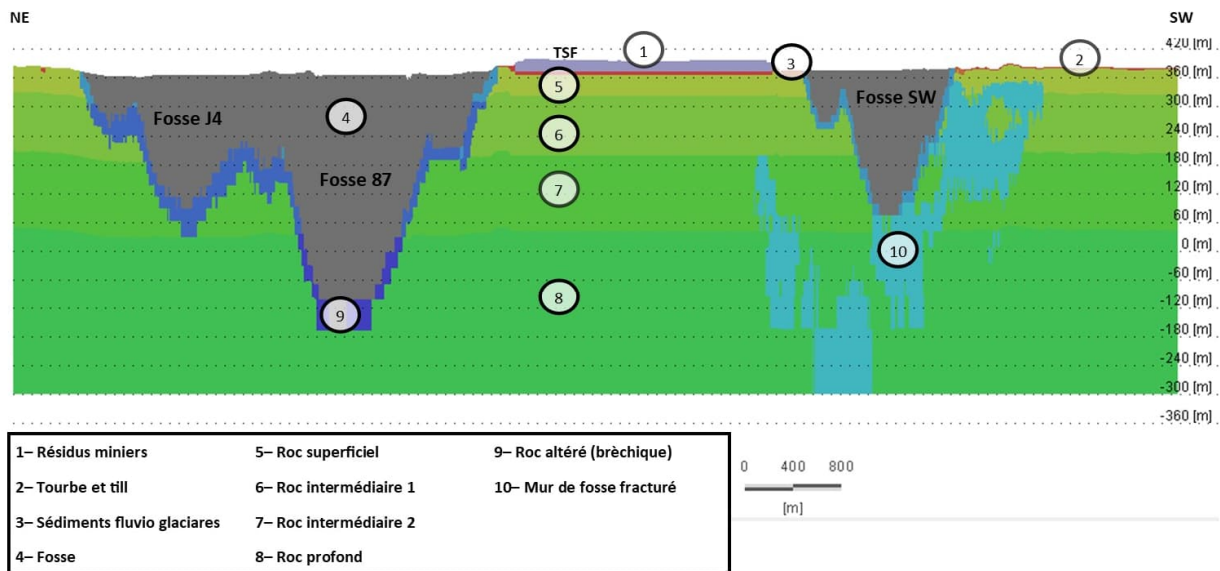


Figure E: Coupe sud-ouest nord-est du modèle hydrogéologique. La coupe passe par la fosse SW, le parc à résidus et les fosses 87 et J4

3.4 Conditions limites

3.4.1 Recharge

La recharge a été simulée en utilisant les valeurs annuelles moyennes présentées à la section 2.8. Les taux de recharges ont été assignés aux zones de recharge qui correspondent aux unités hydrostratigraphiques (section 2.6).

3.4.2 Limites du modèle numérique, lacs et cours d'eau

Les limites nord-est et sud-ouest du modèle sont constituées par les lac et rivières présents à ces endroits. Une condition limite de charge constante correspondant à l'élévation des cours d'eau et des lacs a été assignée à toute l'épaisseur du modèle. Ces conditions limites servent à représenter l'écoulement régional. Les limites nord-ouest et sud-est sont quant à elle simulées avec des conditions limites de flux nul sur toute l'épaisseur du modèle.

Le réseau hydrographique a été simulé en utilisant des conditions limite de type «seepage face» assignées à la surface du modèle. Les lacs ont été simulés avec des conditions limites de charge constantes correspondant à la surface topographique et assignée à la surface du modèle.

Le ruisseau Bibou, qui coule au centre du site minier a été simulé avec une condition limite de type charge constante dont l'élévation correspond à la surface topographique. Ceci permet de simuler la perte potentielle d'eau vers les fosses à partir du cours d'eau.

3.4.3 Parc à résidus

Pour le scénario en conditions finales d'exploitation des quatre fosses, une condition limite de charge constante d'une valeur de 426,5 m, localisée au centre du parc à résidus minier, a été utilisée afin de simuler la présence d'une étendue d'eau dans le parc à résidus.

3.4.4 Fosses à ciel ouvert

Les données 3D des fosses utilisées pour construire le modèle hydrogéologique présenté dans ce rapport ont été obtenues en décembre 2023 (AGP, 2023). Les fichiers suivants ont été utilisés pour définir les géométries des fosses :

- Fosse J4:FS-NorthPits-TIN-CLIP-UTM
- Fosse 87: FS-NorthPits-TIN-CLIP-UTM
- Fosse X22: FS-NorthPits-TIN-CLIP-UTM
- Fosse SW: FS_SW_Ph2_v3-TIN_CLIP(ult_surface)-UTM

Le dénoyage des fosses est simulé en assignant une condition limite de type «seepage face» aux murs des fosses.

3.5 Simulations réalisées

Les simulations ont été réalisées en régime permanent afin de représenter les conditions hydrogéologiques moyennes à long terme. Les simulations suivantes ont été réalisées:

- Cas de base représentant les conditions actuelles du site. Cas utilisé pour la calibration du modèle;
- Scénario avec les quatre fosses actives simultanément, la géométrie finale des haldes à stérile avant le recouvrement de la fosse SW par des stériles miniers et la dérivation du ruisseau Bibou. Dans ce scénario, la condition limite utilisée pour simuler le ruisseau Bibou en condition actuelle est retirée.

Le cas de base représente les conditions hydrogéologiques et topographiques actuelles du site. Il est utilisé pour faire la calibration du modèle. Dans le scénario en condition finale d'exploitation, le modèle du cas de base calibré a été modifié afin d'intégrer la topographie finale, incluant les haldes à stérile et la géométrie des fosses.

3.6 Calibration du modèle numérique

Le modèle numérique a été calibré par un processus d'essai-erreur dans le but de minimiser l'erreur entre les niveaux d'eau mesurés et les niveaux d'eau simulés. Dans ce processus, la conductivité hydraulique et le taux de recharge ont été ajustés afin d'obtenir un résultat optimal.

4.0 RÉSULTATS

Dans cette section, les résultats des simulations en régime permanent sont présentés. Ces résultats incluent l'analyse de la calibration, l'analyse du bilan hydrique des fosses, du ruisseau Bibou et de sa dérivation.

4.1 Calibration sur les charges hydrauliques

Le processus de calibration a permis d'arriver à un modèle numérique qui simule les charges hydrauliques mesurées avec une erreur moyenne de -0,9 m, une erreur moyenne absolue de 2,4 m, une erreur quadratique de 3,2 m et une erreur quadratique normalisée de 4 %. La Figure F montre la comparaison entre les charges hydrauliques mesurées et simulées. Les résultats indiquent que la majorité des charges simulées se retrouve à l'intérieur de l'intervalle de +/- 1 m d'erreur. Les statistiques de l'erreur indiquent une calibration satisfaisante.

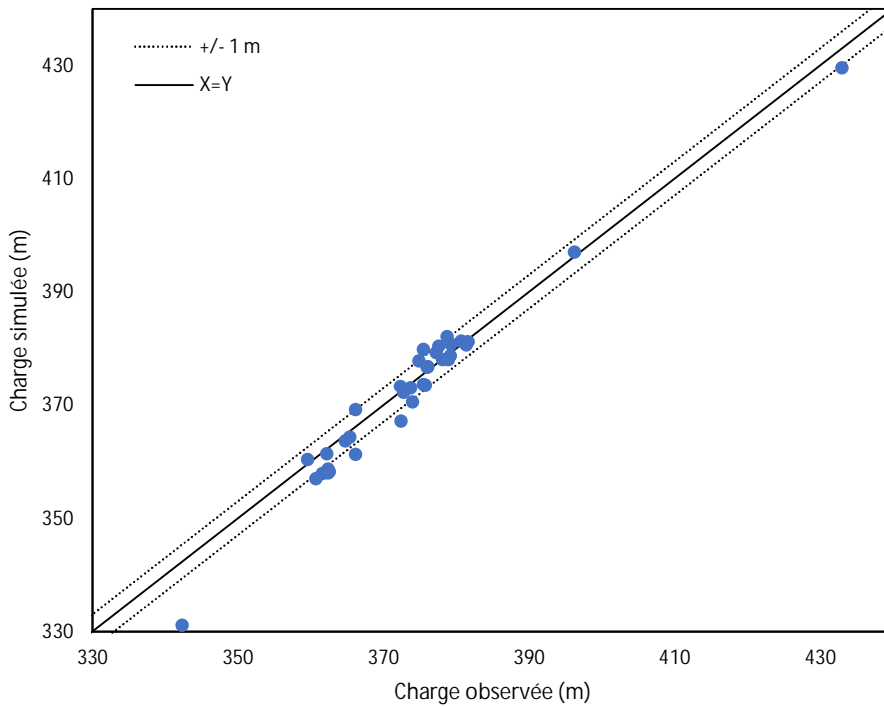


Figure F: Comparaison entre les charges hydrauliques mesurées et simulées

4.2 Paramètres hydrogéologiques calibrés

Les propriétés hydrogéologiques et les taux de recharge calibrés sont montrés au Tableau 8 et au Tableau 9. Les taux de recharge calibrés sont aussi similaires aux valeurs initiales calculées à la section 2.8 (Tableau 9). Les conductivités hydrauliques calibrées sont similaires aux moyennes géométriques des valeurs mesurées (section 2.7).

Tableau 8: Conductivité hydraulique du modèle numérique calibré

Zone de propriété hydraulique	Kh m/s	Anisotropie verticale	Emmagasinement (Ss)
Dépôts organiques	1×10^{-7}	1	1×10^{-5}
Till	1×10^{-5}	1	1×10^{-5}
Juxtaglaciare et fluvioglaciare	1×10^{-4}	1	1×10^{-5}
Roc superficiel	4×10^{-7}	1	5×10^{-6}
Roc intermédiaire 1	1×10^{-7}	1	5×10^{-6}
Roc intermédiaire 2	2×10^{-8}	1	5×10^{-6}
Roc profond	2×10^{-9}	1	5×10^{-6}
Unité brèche hydrothermale	1×10^{-6}	1	5×10^{-6}
Zone fracturée des murs de fosse	4×10^{-6} à 2×10^{-8}	1	5×10^{-6}
Résidus miniers	3×10^{-6}	1	1×10^{-5}
Stériles	1×10^{-3}	1	1×10^{-5}

Les taux de recharge calibrés sont aussi similaires aux valeurs initiales calculées à la section 2.8.

Tableau 9 : Valeurs de recharge calibrées

Zone de recharge	Recharge (mm/an)
Dépôts organiques	35
Till	128
Juxtaglaciare, fluvioglaciare et stériles miniers	219
Roc superficiel	110
Résidus miniers	55

4.3 Bilan hydrique

Dans cette section, le bilan de flux d'eau souterraine entrant et sortant simulé par le modèle est présenté pour les fosses, le ruisseau Bibou et sa dérivation.

4.3.1 Fosses actuelles (87 et J4)

Le bilan hydrique des fosses actuelles a été extrait à partir du modèle représentant les conditions actuelles (cas de base, section 3.5). Le Tableau 10 présente le volume d'eau extrait pas les conditions limites utilisées pour simuler le contrôle artificiel du niveau des fosses 87 et J4. Les volumes sont de $2\,130 \text{ m}^3/\text{j}$ et $1\,310 \text{ m}^3/\text{j}$ pour les fosses 87 et J4 respectivement.

Tableau 10: Débit d'infiltration d'eau souterraine dans les fosses 87 et J4 pour les conditions hydrogéologiques actuelles

Fosse	Débit d'infiltration d'eau souterraine (m ³ /d)
Fosse 87	2 130
Fosse J4	1 310

4.3.2 Fosses projetées (87, J4, X22 et SW)

Le bilan hydrique des fosses actuelles a été extrait à partir du modèle numérique représentant les conditions finales d'exploitation du site minier (scénario en exploitation finale, section 3.5).

Le dénoyage complet des fosses entraîne une augmentation de débit d'infiltration d'eau souterraine dans les fosses. Les résultats indiquent un débit de 2 450 m³/j, 2 370 m³/j, 2 350 m³/j et 4 210 m³/j pour les fosses 87, J4, X22 et SW respectivement.

Tableau 11: Débit d'infiltration d'eau souterraine simulé pour les quatre fosses pour les conditions finales d'exploitation

Fosse	Débit d'infiltration d'eau souterraine (m ³ /d)
Fosse 87	2 450
Fosse J4	2 370
Fosse X22	2 350
Fosse SW	4 010
Total	11 480

4.3.3 Ruisseau Bibou et dérivation

Le bilan hydrogéologique des conditions limites de charge constante utilisées pour simuler le ruisseau Bibou et sa future dérivation est présenté au Tableau 12. Dans les conditions actuelles de dénoyage des fosses 87 et J4, le ruisseau Bibou reçoit 970 m³ d'eau souterraine par jour et perd 1 180 m³ d'eau souterraine par jour. Le bilan net est donc une perte de 210 m³/j. Cette diminution du débit d'amont en aval avait aussi été observée dans l'analyse hydrologique faite par Wachih et HydroRessource (2019).

Dans sa configuration future, la dérivation du ruisseau Bibou recevrait un apport en eau souterraine de 2 670 m³/j et une perte vers l'aquifère de 4 040 m³/j pour un bilan net de -1 370 m³/j.

Les apports en eau souterraine plus élevés simulés pour la dérivation s'expliquent par le fait que la dérivation sera, par endroit, encaissée dans le roc. Ces portions encaissées se retrouveraient sous le niveau actuel de la nappe phréatique favorisant ainsi la résurgence d'eau souterraine dans le cours d'eau (dérivation). Les pertes plus importantes sont quant à elles liées au dénoyage des fosses et au rabattement qu'il induit.

Il est important de mentionner que ce bilan inclut seulement la portion souterraine et n'inclut pas l'apport en eau de surface qui arrive de l'amont du site et des différents petits tributaires qui alimentent le cours d'eau principal. L'impact relatif devra être évalué avec les composantes d'eau de surface.

Tableau 12: Bilan hydrogéologique du ruisseau Bibou et de sa dérivation future

Cours d'eau	Gain (m ³ /j)	Perte (m ³ /j)	Bilan (m ³ /j)
Bibou (conditions actuelles)	970	1 180	-210
Dérivation (conditions finales d'exploitation)	2 370	4 040	-1 370

4.3.4 Lac Amont

Le bilan hydrogéologique des conditions limites de charge constante utilisées pour simuler le lac Amont est présenté au Tableau 12. Dans les conditions actuelles de dénoyage des fosses 87 et J4, le lac Amont reçoit 1 040 m³ d'eau souterraine par jour sans perte vers l'aquifère. La limite de rabattement de 3 m atteint la limite nord-ouest du lac Amont (section 4.4). Dans les conditions finales d'exploitation des quatre fosses, le lac Amont recevrait 1 040 m³/j d'eau souterraine et perdrait 20 m³/j vers l'aquifère. L'impact relatif devra être évalué avec les composantes d'eau de surface.

Tableau 13 : Bilan hydrogéologique du lac Amont

Lac Amont	Gain (m ³ /j)	Perte (m ³ /j)	Bilan (m ³ /j)
Conditions actuelles calibrées	1 040	0	1 040
Conditions finales d'exploitation	990	20	970

4.4 Piézométrie simulée et rabattement induit par les fosses

Le rabattement induit par le dénoyage des fosses a été calculé en soustrayant les charges hydrauliques du scénario final aux charges hydrauliques du cas de base (conditions hydrogéologiques actuelles). La Figure 5 montre la carte piézométrique simulée pour les conditions actuelles. Les Figures 6 et 7, à la fin du texte, montrent respectivement la piézométrie et le rabattement simulé causé par le dénoyage pour le scénario final d'exploitation des quatre fosses. Une valeur limite de 3 m de rabattement est utilisée pour discuter de l'étendue du rabattement. Cette valeur considère l'incertitude liée au modèle numérique ainsi que la variation saisonnière des niveaux d'eau souterraine. Aussi, étant donné l'existence d'un pompage dans la fosse 87 actuelle, le rabattement causé par les fosses projetées sera diminué comparativement aux conditions qui prévalaient avant le dénoyage actuel des fosses J4 et 87.

Dans les conditions actuelles, la piézométrie simulée indique que le site minier constitue une zone de convergence et de résurgence de l'eau souterraine. L'eau circule vers le site à partir des hauts topographiques situés au nord-ouest et au sud-est et s'écoule ensuite vers le nord-ouest. Le pompage dans la fosse 87 crée un rabattement de plusieurs mètres qui dérive l'écoulement de l'eau souterraine vers la fosse 87 sur une large section de la vallée où est situé le site minier.

En condition finale d'exploitation des quatre fosses, la piézométrie simulée indique que dans le secteur des fosses, l'écoulement de l'eau souterraine se fait principalement en direction de celles-ci. La présence du parc à résidus crée un dôme piézométrique entre les fosses 87 et SW. L'eau souterraine arrivant du sud-ouest est dérivée vers la fosse SW tandis que l'eau souterraine arrivant des hauts topographiques situés au sud-est et au nord-ouest est dérivée vers les fosses X22, 87 et J4.

Un rabattement de plus de 3 m est simulé dans un corridor d'axe NE-SO sur tout le site minier entre la fosse SW et la fosse J, à l'exception de la zone du parc à résidus miniers. De manière générale, le rabattement est limité à une distance inférieure à 500 m des fosses. Dans le secteur de la halde à stérile Nord, le rabattement s'étend à plus de 1 km de la fosse J4 vers l'est et le sud-est. Dans le secteur de la fosse SW, un rabattement de 3 m est simulé jusqu'à une distance de plus de 1 km m vers le sud-est et atteint un lac (sans nom) situé juste à l'est du lac 5. Finalement, la limite de rabattement de 3 m atteint la limite nord-ouest du lac Amont.

4.5 Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilités a été réalisée en augmentant les valeurs de conductivité hydraulique calibrées du roc aux valeurs des moyennes géométriques (section 2.7). Le Tableau 14 montre les propriétés hydrogéologiques utilisées dans le modèle pour l'analyse de sensibilité.

Tableau 14: Propriétés hydrogéologiques utilisés dans le scénario d'analyse de sensibilité. Les valeurs en gras sont celles qui ont été modifiées par rapport au scénario de référence

Zone de propriété hydraulique	Kh (m/s)	Kh calibré (m/s)	Anisotropie verticale	Emmagasinement (Ss)
Dépôts organiques	1×10^{-7}	1×10^{-7}	1	1×10^{-5}
Till	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1	1×10^{-5}
Juxtaglaciare et fluvioglaciaire	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1	1×10^{-5}
Roc superficiel	6×10^{-7}	4×10^{-7}	1	5×10^{-6}
Roc intermédiaire 1	4×10^{-7}	1×10^{-7}	1	5×10^{-6}
Roc intermédiaire 2	6×10^{-8}	2×10^{-8}	1	5×10^{-6}
Roc profond	2×10^{-9}	2×10^{-9}	1	5×10^{-6}
Zone fracturée des murs de fosse	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1	5×10^{-6}
Résidus miniers	3×10^{-6}	3×10^{-6}	1	1×10^{-5}
Stériles	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1	1×10^{-5}
Zone fracturée des murs de fosse	6×10^{-6} à 2×10^{-8}	6×10^{-6} à 2×10^{-8}	1	5×10^{-6}

Les débits d'infiltration d'eau souterraine ont ensuite été extrait du modèle. Les résultats indiquent une augmentation des débits de 50 % à 83 % selon la fosse.

Tableau 15: Débit d'infiltration de l'eau souterraine pour le scénario de sensibilité avec une conductivité hydraulique du roc plus élevée

Fosse	Débit d'infiltration d'eau souterraine (m ³ /d)	Changement par rapport au modèle calibré
Fosse 87	4 360	+78 %
Fosse J4	4 340	+83 %
Fosse X22	4 120	+75 %
Fosse SW	6 500	+50 %

Le bilan hydrogéologique de la dérivation future du ruisseau Bibou subit aussi des changements à la suite de l'augmentation de la conductivité hydraulique du roc. Le Tableau 16 donne les volumes d'eau souterraine échangés par les conditions limites de charge constantes utilisées pour simuler le cours d'eau. L'augmentation de la conductivité hydraulique entraîne une augmentation des pertes (apport de la condition limite vers l'aquifère) de 52% par rapport au scénario de base. Ceci est causé par la baisse plus prononcée du niveau de la nappe près des fosses.

Au niveau du lac Amont, les résultats indiquent une légère hausse de l'apport en eau souterraine (3%) et une augmentation des pertes (207%) (Tableau 16).

Tableau 16: Bilan hydrogéologique de la dérivation future du ruisseau Bibou et du lac Amont pour le scénario de sensibilité avec une conductivité hydraulique du roc plus élevée

Zone	Gain (m ³ /j)	Perte (m ³ /j)	Bilan (m ³ /j)
Dérivation Bibou (conditions finales d'exploitation)	2 160	6 120	-3 970
Lac Amont	1 030	50	970

5.0 CONCLUSION

Un modèle hydrogéologique en trois dimensions de l'écoulement de l'eau souterraine a été développé afin de mettre à jour l'effet du dénoyage des quatre fosses (87, J4, X22 et SW) projetées au site minier Troilus. Le modèle est basé sur les données des plus récentes investigations hydrogéologiques.

Les résultats indiquent que le débit d'infiltration d'eau souterraine simulé en régime permanent, en condition finale d'exploitation simultanée, sera de 2 450 m³/j, 2 370 m³/j, 2 350 m³/j et 4 310 m³/j pour les fosses 87, J4, X22 et SW respectivement.

Le scénario modélisé simule les quatre fosses actives simultanément en régime permanent ce qui est conservateur pour le rabattement induit. Le rabattement induit par le dénoyage des fosses s'étend principalement dans l'axe nord-est/sud-ouest du site et s'étend jusqu'à ~700 m à l'est de la fosse 87, à ~1,5 km au nord-est de la fosse J, à ~1 km au nord-ouest de la fosse X22 et à 1,6 km au sud-est de la fosse SW. Le rabattement atteint la limite nord-ouest du lac Amont ainsi que le lac sans nom situé à l'est du lac 5. La dérivation future du ruisseau Bibou limite le rabattement vers le nord-ouest en alimentant l'aquifère. La présence du parc à résidus limite le

rabattement entre les fosses 87 et SW. Les rabattements simulés près des fosses sont importants et les niveaux d'eau souterraine des milieux humides situés à proximité pourraient être impactés négativement.

La perte en eau simulée de la dérivation du ruisseau Bibou est de 4 040 m³/j. Ces valeurs ne considèrent pas l'utilisation de la dérivation du ruisseau Bibou comme effluent des eaux du site. L'impact relatif devra être évalué avec les composantes d'eau de surface.

L'augmentation de la conductivité hydraulique du roc entraîne une augmentation du débit d'infiltration d'eau souterraine dans les quatre fosses de 50 % (fosse SW) à 83 % (Fosse J4). La perte en eau du ruisseau Bibou augmente de 50 % et demeure inférieure au débit total actuel du cours d'eau en période d'étiage.

Les résultats de modélisation hydrogéologique présentés dans ce rapport sont représentatifs de la géométrie des fosses et des haldes à stériles de disponibles en date de décembre 2023. Dans le cas où la profondeur de la fosse serait augmentée, sans que sa surface le soit, le débit d'exfiltration et le rabattement ne seraient pas grandement influencés, car la conductivité hydraulique du socle rocheux en profondeur est faible.

6.0 RECOMMANDATIONS

À la suite des conclusions présentées dans la section précédente, les recommandations suivantes sont proposées :

- **Suivi du débit du ruisseau Bibou:** Poursuivre le suivi du débit du ruisseau Bibou en amont de la fosse SW et en aval de la fosse J4 afin d'obtenir de l'information en continu sur les pertes d'eau vers l'eau souterraine durant les différentes phases d'exploitation. Le suivi pourrait être poursuivi jusqu'à ce que la dérivation soit construite. Ensuite, le suivi du débit de la dérivation en amont et en aval du site permettra de déterminer si la dérivation permet de minimiser la perte d'eau de surface vers l'eau souterraine.
- **Suivi du niveau des lacs:** Le niveau du lac Amont ainsi que celui du lac sans nom situé à l'est du lac 5, devrait être suivi en installant un capteur de pression relié à un enregistreur de données. Ceci permettra d'obtenir un portrait plus précis de l'impact du dénoyage des fosses sur le niveau de ces deux lacs.
- **Suivi du niveau de l'eau souterraine :** Le niveau de l'eau souterraine devrait être suivi en installant des capteurs de pression reliés à un enregistreur de données dans les puits d'observations situés en dehors des zones de fosses qui seront excavées. Ceci permettra d'obtenir un portrait plus précis de l'impact du dénoyage des fosses sur les niveaux d'eau souterraine.
- **Bilan hydrique prédictif :** Un bilan hydrique incluant les composantes de l'eau souterraine et de surface devrait être effectué pour évaluer les impacts potentiels sur les structures sensibles (lac, ruisseau et milieu humide) touchés par le rabattement et les diminutions en eau souterraine.

Selon les besoins futurs du projet, il pourrait être considéré de développer un modèle hydrogéologique numérique en régime transitoire qui intégrerait l'évolution temporelle du plan de minage. Ce modèle permettrait d'obtenir des résultats plus raffinés des niveaux piézométriques, des débits d'exfiltration en fosse et des rabattements dans le temps.

7.0 REFERENCES

- AGP, 2023. Pits polygons and Waste rock and OB layout. Fichiers reçus le 17 juillet, 2023.
- Daymet. 2023. "Daymet : Daily Surface Weather Data on a 1-Km Grid for North America, Version 4 R1." <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/2129>.
- DHI. 2022. Feflow. DHI. <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/feflow>.
- Doherty, John. 2015. *Calibration and Uncertainty Analysis for Complex Environmental Models*. Brisbane, Australia: Watermark Numerical Computing. <https://pesthhomepage.org/pest-book>.
- Golder Associés Ltée., 2022a. Factual geotechnical investigation memorandum for proposed waste dump and mine infrastructure. Juin 2022. No de réf.: 014-19131334-Rev0.
- Golder Associés Ltée., 2022b. Étude hydrogéologique des fosses projetées du projet Troilus. No de réf.: 023-20353077-RF-Rev0.
- Golder Associés Ltée., 2022c. Geotechnical and Hydrogeological 2020/2021 Investigation Factual Report, Février 2022. No de réf.: 20353077-Factual Report-Rev0/Doc# 015.
- Monfet, Jean. 1979. "Évaluation du coefficient de ruissellement à l'aide de la méthode SCS modifiée." *Gouvernement du Québec, Ministère des Richesses naturelles, Service de l'hydrométrie*.
- Oudin, Ludovic, Frédéric Hervieu, Claude Michel, Charles Perrin, Vazken Andréassian, François Anctil, and Cécile Loumagne. 2005. "Which Potential Evapotranspiration Input for a Lumped Rainfall–Runoff Model?: Part 2—Towards a Simple and Efficient Potential Evapotranspiration Model for Rainfall–Runoff Modelling." *Journal of Hydrology* 303 (1): 290–306. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.026>.
- MRNF, 2023. Géologie du Quaternaire [jeu de données], dans Données Québec, 2018, mis à jour le 26 juin 2023. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/geologie-du-quatenaire>.
- Simard, 1987. Stratigraphie et volcanisme dans la partie orientale de la bande volcano sédimentaire archéenne Frotet-Evans, MERQ MB 87-17.
- Valery, Audrey. 2010. "Modélisation précipitations – débit sous influence nivale: élaboration d'un module neige et évaluation sur 380 bassins versants." AgroParisTech. <https://webgr.inrae.fr/modeles/modele-de-neige/>.
- WACHIIIH et HYDRO-RESSOURCES INC. 2019. Projet minier Troilus – État de référence de l'hydrologie. Rapport préparé pour Troilus Gold. 13 p. + annexes.
- WSP, 2023. "2023 Geotechnical and Hydrogeological Investigation Factual Report - Pits J4 and 87, Troilus Gold Mine." 22538260-002-R-Rev0-2000.
- WSP, 2024a. Suivi de la qualité de l'eau souterraine au site minier Troilus réalisé en 2022. Mars 2024. No de réf.: 036-19131334-MTF-Rev0.
- WSP, 2024b. Suivi de la qualité de l'eau souterraine au site minier Troilus réalisé en 2023. Mars 2024. No de réf.: 054-2257554007-MTF-Rev0.
- WSP, 2024c. Factual investigation Report, Troilus Mine, Quebec. In preparation. No de réf.: 052-2257554002-RevA.

8.0 CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS

WSP a préparé ce document de manière conforme aux normes de conduite et de compétence habituellement observées par les autres membres de professions relevant du génie et des sciences qui exercent actuellement dans des conditions similaires, sous réserve de contraintes temporelles, financières, physiques ou autres pouvant être imposées sur les services. Aucune garantie explicite ou implicite n'est émise.

Ce document, incluant tous les textes, tableaux, plans, figures, dessins et autres documents, a été préparé par WSP pour le seul bénéfice de Troilus. Il représente le jugement professionnel de WSP basé sur la connaissance et l'information disponibles au moment de la rédaction. WSP n'est pas responsable en aucun cas de toute utilisation ou modification non autorisée de ce document. Tout tiers parti reposant sur ce document le fait à son propre risque.

Les données factuelles, interprétations, suggestions, recommandations et opinions mentionnées dans ce document se rapportent au projet spécifique, aux conditions de site, à l'objectif de la conception, au développement et au mandat, tel que décrit à WSP par Troilus, et ils ne sont pas applicables à aucun autre projet ou emplacement. Afin de bien comprendre les données factuelles, interprétations, suggestions, recommandations et opinions mentionnées dans ce document, il faudra se référer à l'ensemble du document.

Ce document, incluant tous les textes, tableaux, plans, figures, dessins et autres documents, ainsi que les supports électroniques, préparés par WSP, sont considérés comme le produit professionnel de son travail. WSP se réserve tous les droits d'auteur afférents aux produits de son travail professionnel. Troilus peut réaliser des copies de ce document en quantité nécessaire pour les tiers partis travaillant spécifiquement sur les activités concernant ce document ou en appui ou en réponse aux demandes ou démarches réglementaires. Les supports électroniques risquent de subir une modification non autorisée ou une détérioration ou d'être incompatibles, et qu'il ne faut donc pas se fier uniquement aux versions électroniques du présent document de WSP.

Signatures

WSP Canada Inc.

PRÉLIMINAIRE

Sylvain Gagné, Geo., M.Sc.
Hydrogéologue

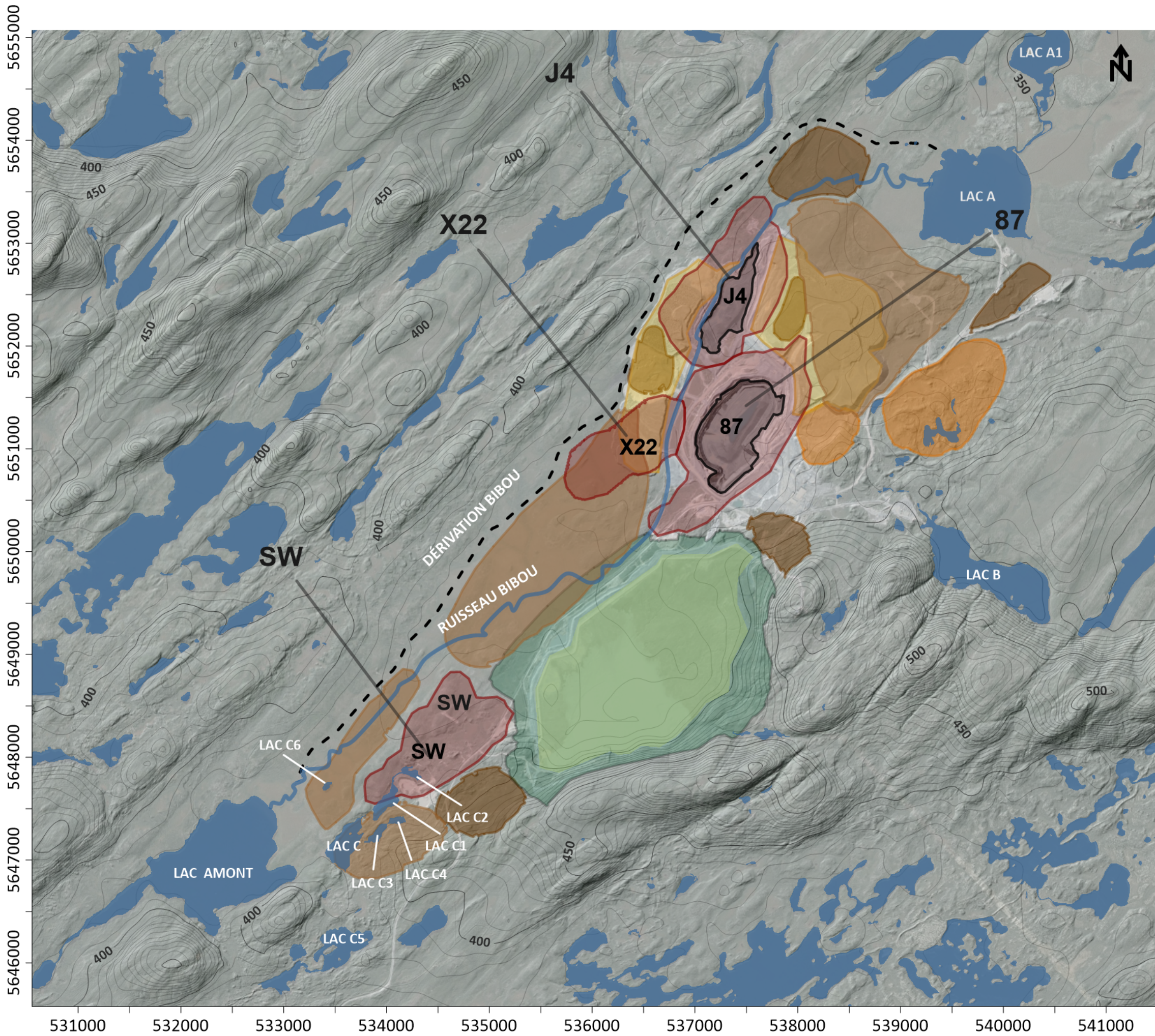
SG/MG

PRÉLIMINAIRE

Mathieu Gosselin, ing., M.Sc.A., PMP
Ingénieur géologique

FIGURES

Figures 1 à 7

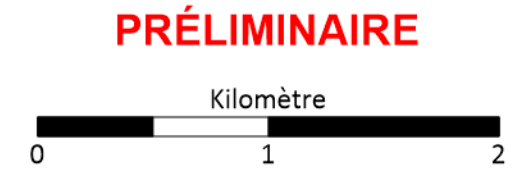


LÉGENDE

- ### INFRASTRUCTURE
- FOSSE EXISTANTE (2022)
 - FOSSE PROJETÉE
 - HALDE À STÉRILES EXISTANTE (2022)
 - HALDE À STÉRILE PROJETÉE
 - PARC À RÉSIDUS EXISTANT (2022)
 - PARC À RÉSIDUS PROJETÉ
 - HALDE À MORT-TERRAIN PROJETÉE
 - RÉSERVE DE MINÉRAI

- ### TOPOGRAPHIE
- COURBE TOPOGRAPHIQUE (5 M)

- ### HYDROLOGIE
- LAC
 - RUISSEAU BIBOU
 - PROPOSITION DE DÉTOURNEMENT DU RUISSEAU BIBOU



SOURCE
GÉOGRATIS, DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉOGRAPHIQUE
NAD 1983 UTM 18N

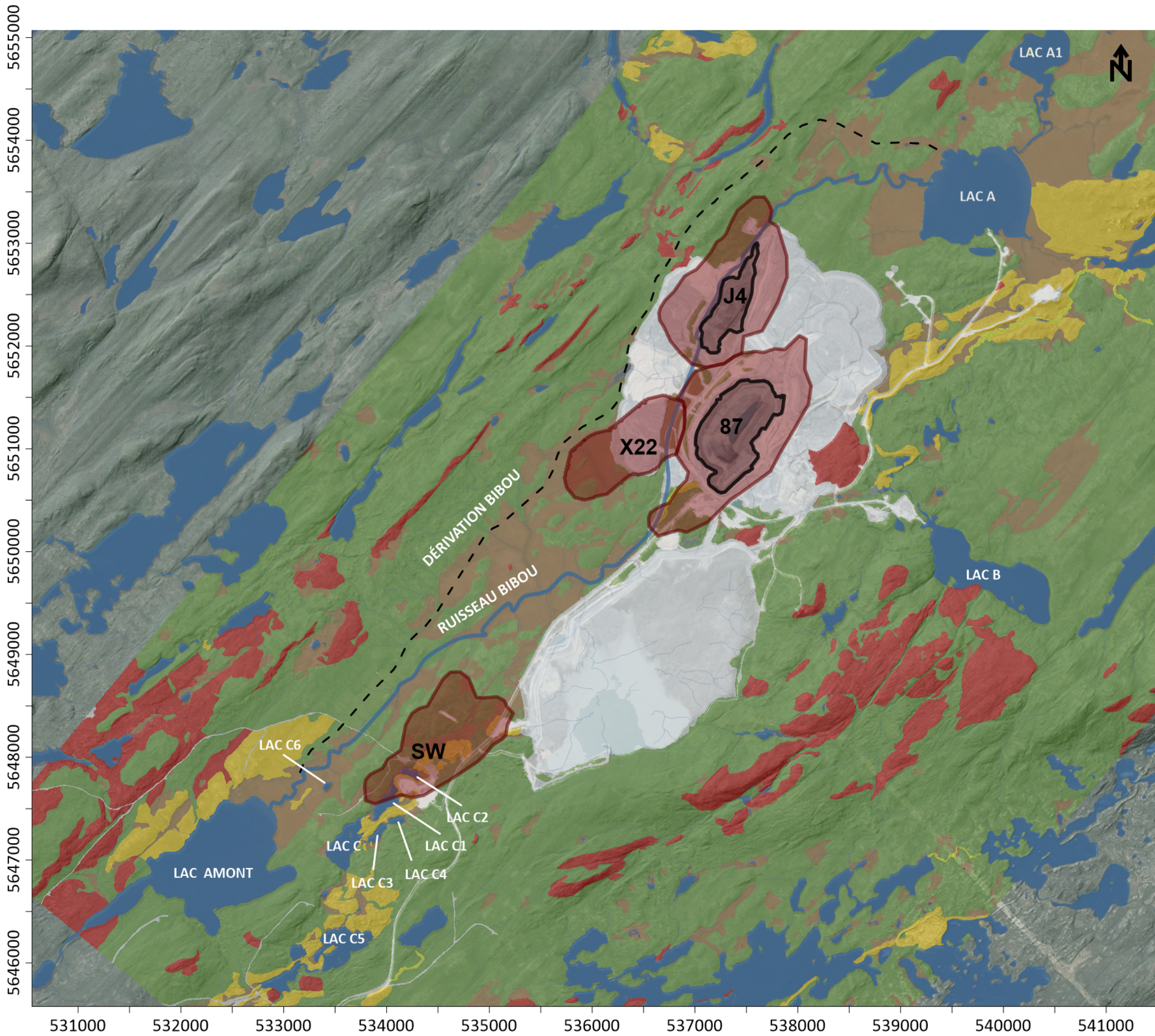
PROJET
MISE-À-JOUR DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE DES FOSSES PROJETÉES X22, 87 ET SW DU PROJET TROILUS

TITRE
SITE GÉNÉRAL

N° PROJET 22538260	REV A	FIGURE 1	RAPPORT 22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie
-----------------------	----------	-------------	--

CLIENT
TROILUS GOLD Inc.

CONSULTANT	AAAA-MM-JJ	2024-04-19
DESSINÉ: CHRISTELLE LAMBERT		
PRÉPARÉ: CHRISTELLE LAMBERT		
REVISÉ: SYLVAIN GAGNÉ, géo.		
APPROUVÉ: ALEXANDRE BOUTIN, Ing.		



LÉGENDE

GÉOLOGIE DES DÉPÔTS MEUBLES

- ANTHROPIQUE
- JUXTAGLACIAIRE
- GLACIAIRE
- ORGANIQUE
- ROC

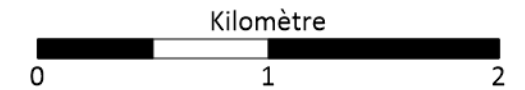
HYDROLOGIE

- LAC
- RUISSEAU BIBOU
- PROPOSITION DE DÉTOURNEMENT DU RUISSEAU BIBOU

INFRASTRUCTURE

- FOSSE EXISTANTE
- FOSSE PROJÉTÉE

PRÉLIMINAIRE



SOURCE
GÉOGRATIS, DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA
DÉPÔTS DE SURFACE, GOLDER: 19131334 - 9000-REV0

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉOGRAPHIQUE
NAD 1983 UTM 18N

PROJET

MISE-À-JOUR DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE DES FOSSES PROJÉTÉES X22, 87 ET SW DU PROJET TROILUS

TITRE

GÉOLOGIE DES DÉPÔTS MEUBLES

N° PROJET 22538260	REV A	FIGURE 2	RAPPORT 22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie
-----------------------	----------	-------------	--

CLIENT

TROILUS GOLD Inc.

CONSULTANT



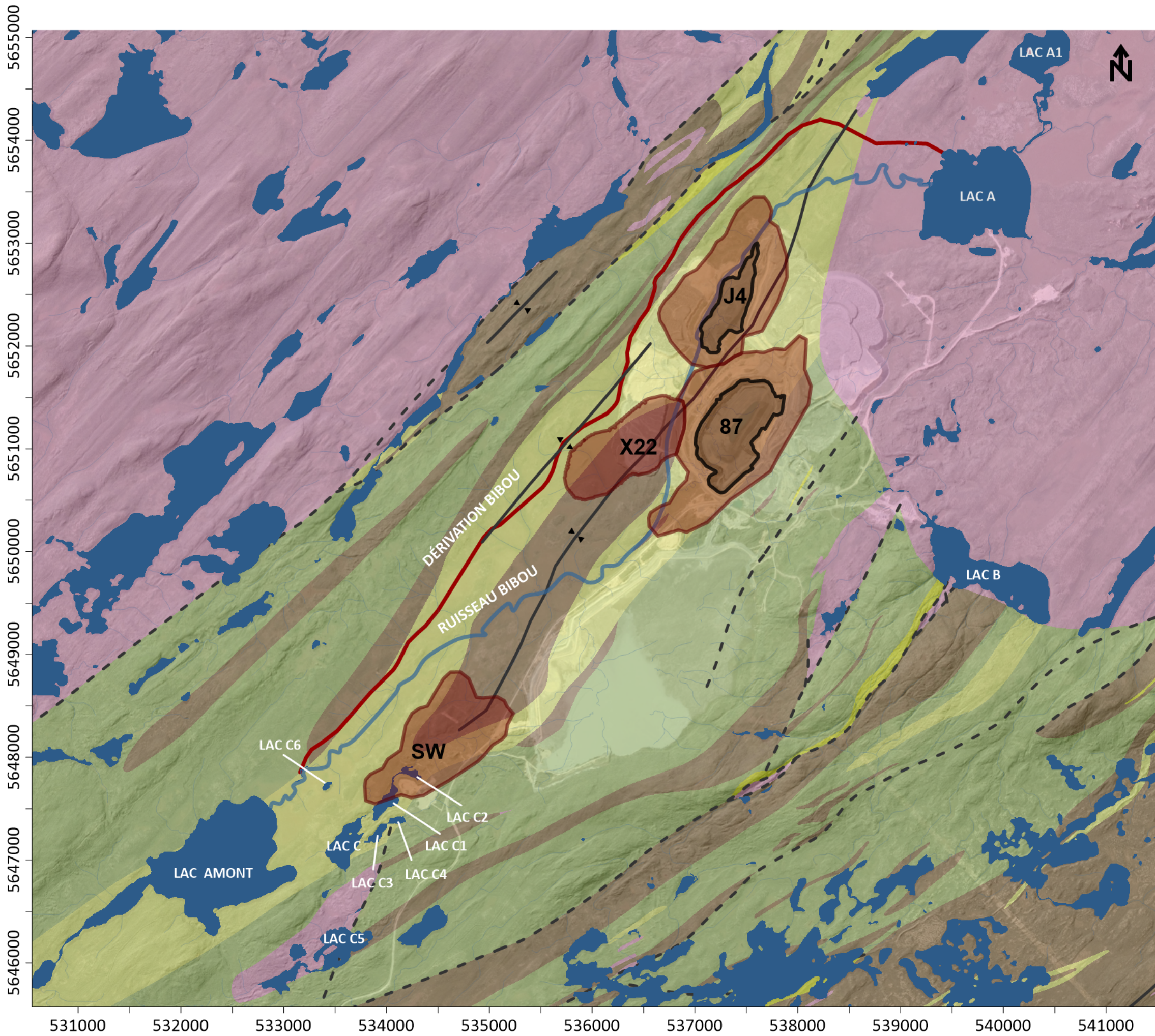
AAAA-MM-JJ 2024-04-19

DESSINÉ: CHRISTELLE LAMBERT

PRÉPARÉ: CHRISTELLE LAMBERT

REVISÉ: SYLVAIN GAGNÉ, géo.

APPROUVÉ: ALEXANDRE BOUTIN, ing.



LÉGENDE

GÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX

- ROCHE INTRUSIVE FELSIQUE
- ROCHE INTRUSIVE MAFIQUE
- ROCHE VOLCANIQUE FELSIQUE
- ROCHE VOLCANIQUE INTERMÉDIAIRE
- ROCHE VOLCANIQUE MAFIQUE

GÉOLOGIE STRUCTURALE

- FAILLE STRUCTURALE
- PLI ANTICLINAL
- PLI SYNCLINAL

INFRASTRUCTURE

- FOSSE EXISTANTE
- FOSSE PROJÉTÉE

HYDROLOGIE

- LAC
- RUISSEAU BIBOU
- PROPOSITION DE DÉTOURNEMENT DU RUISSEAU BIBOU

PRÉLIMINAIRE



SOURCE
GÉOGRATIS, DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA
SIGEOM, MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉOGRAPHIQUE
NAD 1983 UTM 18N

PROJET

MISE-À-JOUR DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE DES FOSSES PROJÉTÉES X22, 87 ET SW DU PROJET TROILUS

TITRE

GÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX

N° PROJET 22538260	REV A	FIGURE 3	RAPPORT 22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie
-----------------------	----------	-------------	--

CLIENT

TROILUS GOLD Inc.

CONSULTANT



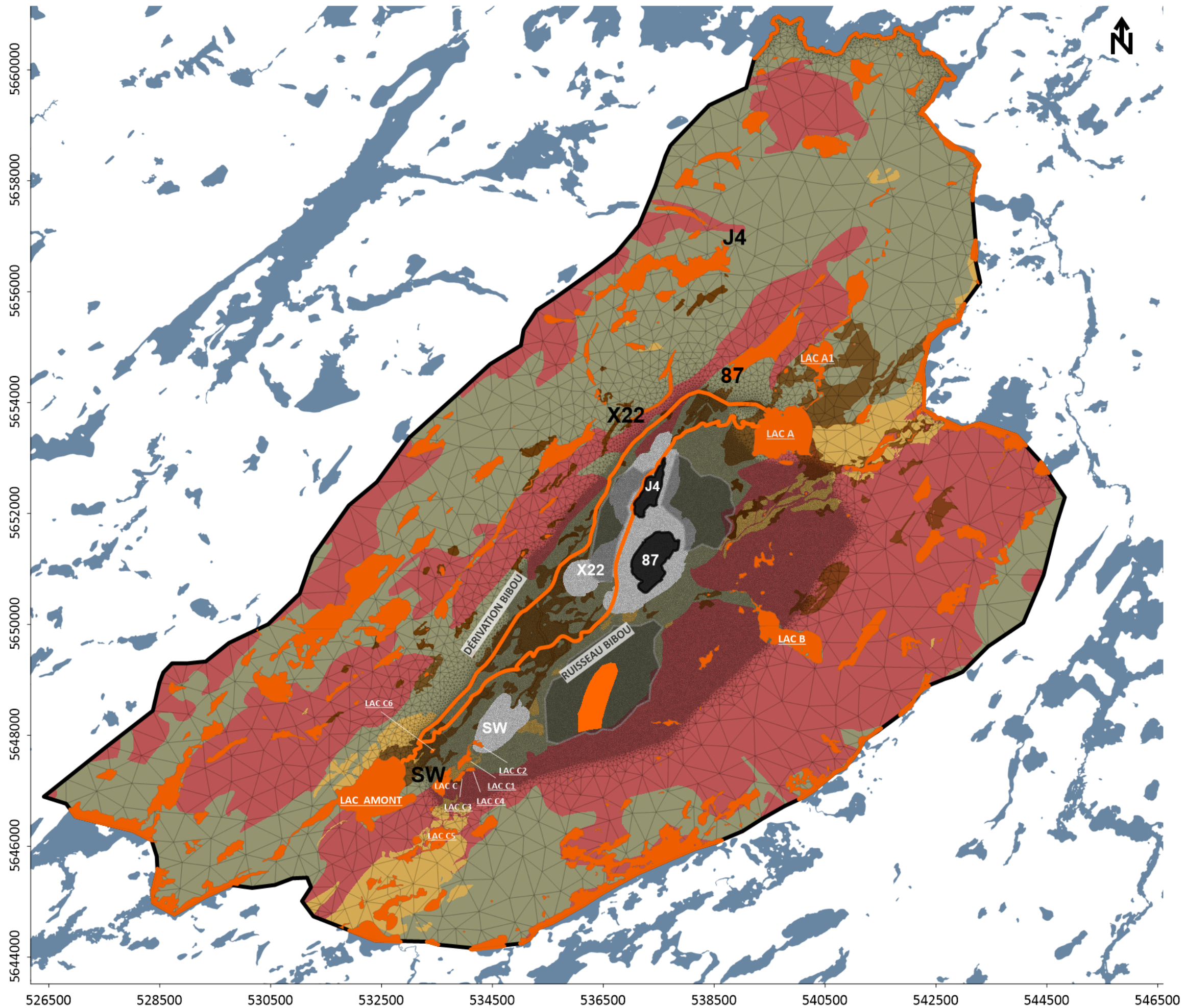
AAAA-MM-JJ 2024-04-19

DESSINÉ: CHRISTELLE LAMBERT

PRÉPARÉ: CHRISTELLE LAMBERT

RÉVISÉ: SYLVAIN GAGNÉ, géo.

APPROUVÉ: ALEXANDRE BOUTIN, ing.



LÉGENDE

MAILLAGE ET CONDITIONS LIMITES

- MAILLAGE D'ÉLÉMENTS FINIS
- LIMITE DU MODÈLE
- CHARGE HYDRAULIQUE IMPOSÉE

UNITÉ HYDROSTRATIGRAPHIQUE

- ANTHROPIQUE
- JUXTAGLACIAIRE
- TILL
- ORGANIQUE
- ROC

INFRASTRUCTURE

- FOSSE EXISTANTE
- FOSSE PROJÉTÉE

PRÉLIMINAIRE

SOURCE
GÉOGRATIS, DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉOGRAPHIQUE
NAD 1983 UTM 18N

PROJET

**MISE-À-JOUR DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE DES FOSSES
PROJÉTÉES X22, 87 ET SW DU PROJET TROILUS**

TITRE

MAILLAGE ET CONDITIONS LIMITES

N° PROJET	REV	FIGURE	RAPPORT
22538260	A	4	22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie

CLIENT

TROILUS GOLD Inc.

CONSULTANT

AAAA-MM-JJ 2024-04-19

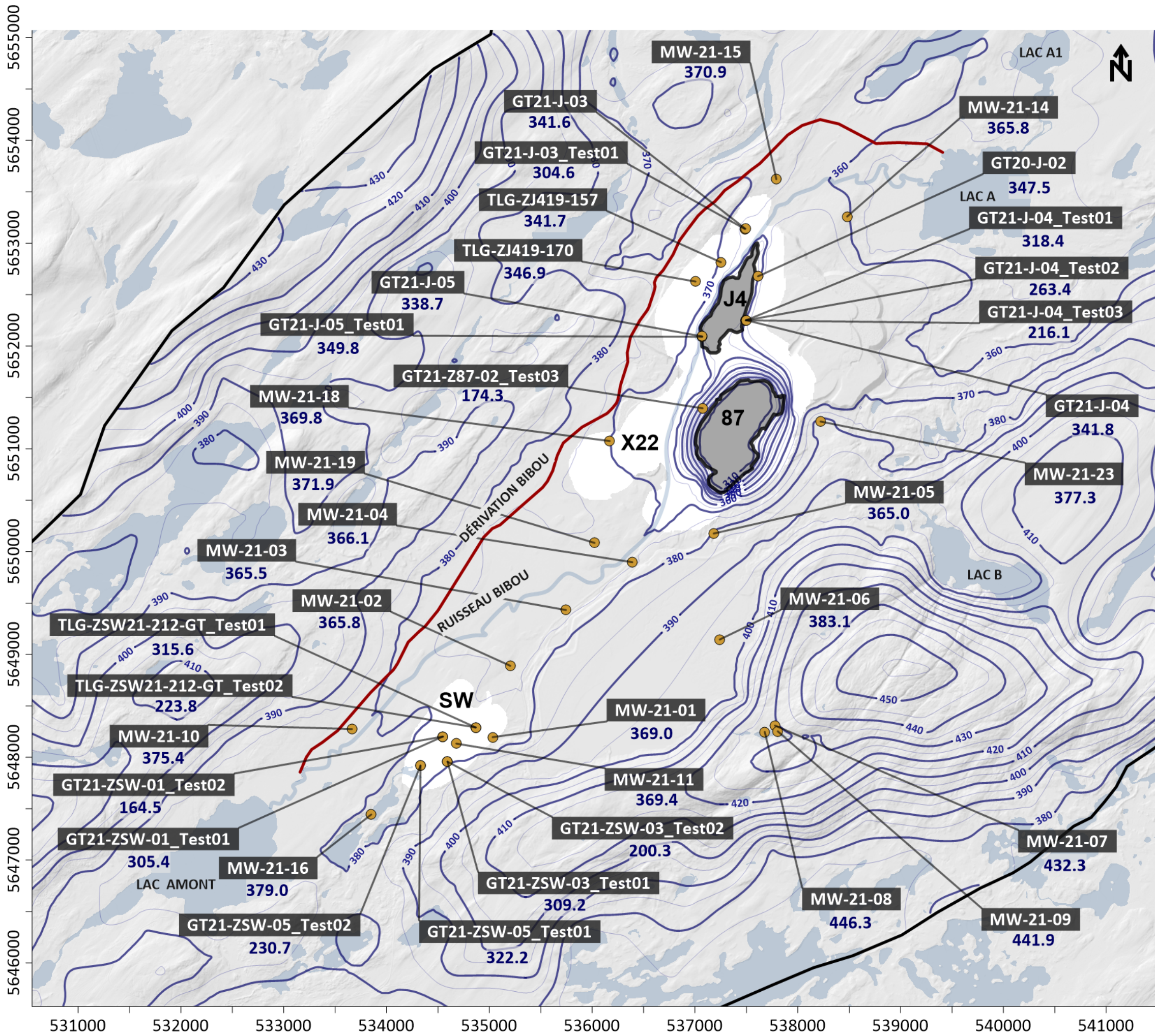


DESSINÉ: CHRISTELLE LAMBERT

PRÉPARÉ: CHRISTELLE LAMBERT

REVISÉ: SYLVAIN GAGNÉ, géo.

APPROUVÉ: ALEXANDRE BOUTIN, Ing.



LÉGENDE

HYDROLOGIE

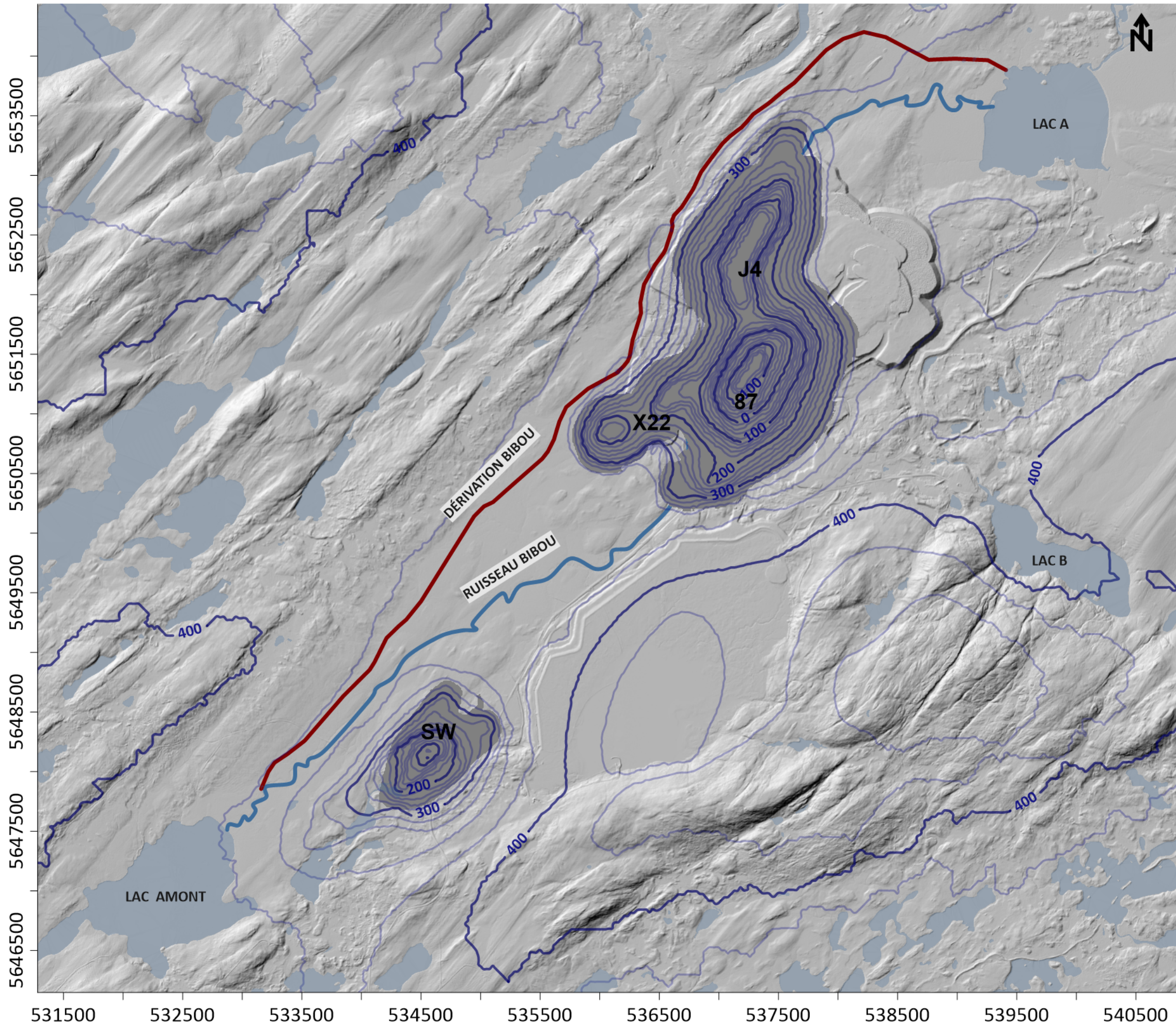
- PUIXS D'OBSERVATION
- 300,00 ÉLÉVATION DU NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE (M)
- COURBE DE NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE SIMULÉE (5 M)
- RUISSEAU BIBOU
- LAC

INFRASTRUCTURE

- FOSSE PROJETÉE
- PROPOSITION DE DÉTOURNEMENT DU RUISSEAU BIBOU

PRÉLIMINAIRE

SOURCE GÉOGRATIS, DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA			
SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉOGRAPHIQUE NAD 1983 UTM 18N			
PROJET MISE-À-JOUR DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE DES FOSSES PROJETÉES X22, 87 ET SW DU PROJET TROILUS			
TITRE PIÉZOMÉTRIE SIMULÉE EN CONDITIONS ACTUELLES			
N° PROJET 22538260	REV A	FIGURE 5	RAPPORT 22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie
CLIENT TROILUS GOLD Inc.			
CONSULTANT 		AAAA-MM-JJ 2024-04-19	
DESSINÉ: CHRISTELLE LAMBERT			
PRÉPARÉ: CHRISTELLE LAMBERT			
REVISÉ: SYLVAIN GAGNÉ, géo.			
APPROUVÉ: ALEXANDRE BOUTIN, Ing.			



LÉGENDE

HYDROLOGIE

- COURBE DE NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE SIMULÉE (20 M)
- RUISSEAU BIBOU
- LAC

INFRASTRUCTURE

- PROPOSITION DE DÉTOURNEMENT DU RUISSEAU BIBOU
- FOSSE PROJÉTÉE

PRÉLIMINAIRE

SOURCE
GÉOGRATIS, DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉOGRAPHIQUE
NAD 1983 UTM 18N

PROJET

MISE-À-JOUR DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE DES FOSSES PROJÉTÉES X22, 87 ET SW DU PROJET TROILUS

TITRE

PIÉZOMÉTRIE SIMULÉE EN CONDITIONS FINALES D'EXPLOITATION DES QUATRES FOSSES

N° PROJET 22538260	REV A	FIGURE 6	RAPPORT 22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie
-----------------------	----------	-------------	--

CLIENT

TROILUS GOLD Inc.

CONSULTANT



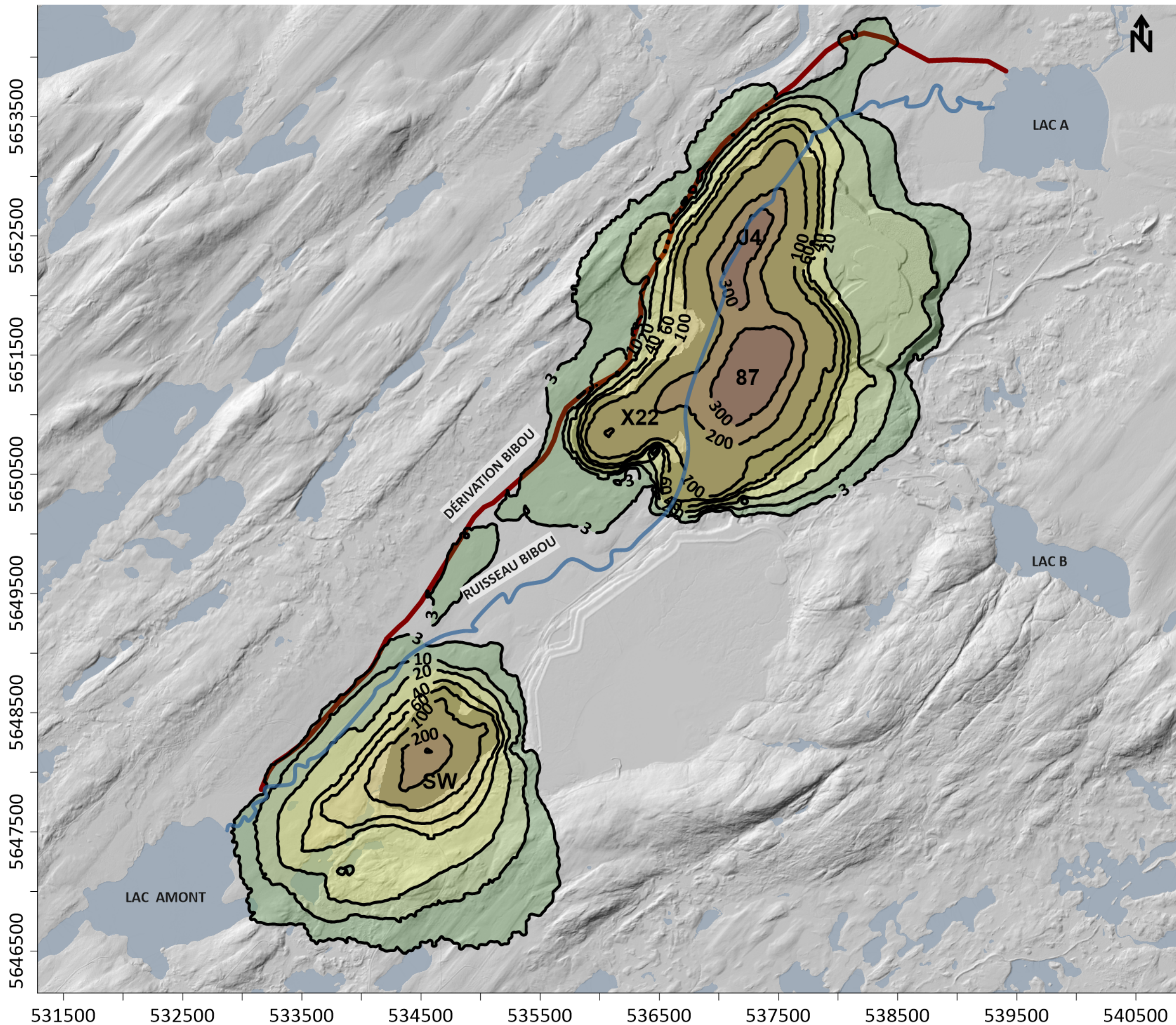
AAAA-MM-JJ 2024-04-19

DESSINÉ: CHRISTELLE LAMBERT

PRÉPARÉ: CHRISTELLE LAMBERT

REVISÉ: SYLVAIN GAGNÉ, géo.

APPROUVÉ: ALEXANDRE BOUTIN, ing.



LÉGENDE

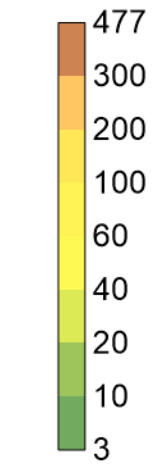
HYDROLOGIE

- COURBE DE RABATTEMENT SIMULÉ (M)
- RUISSEAU BIBOU
- LAC

INFRASTRUCTURE

- FOSSE PROJÉTÉE
- PROPOSITION DE DÉTOURNEMENT DU RUISSEAU BIBOU

RABATTEMENT (M)



PRÉLIMINAIRE

SOURCE GÉOGRATIS, DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE GÉOGRAPHIQUE NAD 1983 UTM 18N

PROJET

MISE-À-JOUR DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE DES FOSSES PROJÉTÉES X22, 87 ET SW DU PROJET TROILUS

TITRE

RABATTEMENT SIMULÉ EN CONDITIONS FINALES D'EXPLOITATION DES QUATRES FOSSES

N° PROJET 22538260	REV A	FIGURE 7	RAPPORT 22538260-011-R-RevA-Hydrogeologie
-----------------------	----------	-------------	--

CLIENT

TROILUS GOLD Inc.

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ 2024-04-19

DESSINÉ: CHRISTELLE LAMBERT

PRÉPARÉ: CHRISTELLE LAMBERT

REVISÉ: SYLVAIN GAGNÉ, géo.

APPROUVÉ: ALEXANDRE BOUTIN, Ing.



wsp.com