TROILUS

Évaluation environnementale
Dénoyage des fosses J-4 et 87







Novembre 2019

Troilus Gold Corp.

800-65 Queen Street West, Toronto, Ontario, M5H 2M5, Canada

P : +1 416.861.5805 **M :** info@troilusgold.com **W :** www.troilusgold.com

TROILUS

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Troilus Gold
Jacqueline Leroux, ing.
Mathieu Michaud, BSc.
Bertrand Brassard, géol., M.Sc.
Thiago Bonas, M.Sc.

Lamont
Ann Lamontagne, ing., PhD.
Maude Lévesque Michaud, ing. M.Sc.

MDAG
Kevin Morin, Ph.D.

Groupe DDM
Réjean Benoit, biol.
Claude Beaulieu, biol.
Bernard Massé, ing.
Patrice Rinfret, biol.
Denis Sundstrom, tech.

Polygéo
Richard Lévesque, MSc.
Daniel Brosseau

MH_2O
Louis André Rinfret, ing.

Groupe Desfor
Stéphane Bernard, biol.

Wachiih
Sébastien Amodeo, biol.
Yanick Plourde, biol.

TROILUS

TABLE DES MATIÈRES

1. IDENTIFICATION ET COORDONNÉES DU DEMANDEUR 1
   1.1 Identification du promoteur 2
   1.2 Numéro de l'entreprise 2
   1.3 Consultants impliqués dans l'étude environnementale 2
2. LOCALISATION DU PROJET 4
3. ANALYSE DES SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET 9
   3.1 Raison d'être du projet 9
   3.2 Alternatives au dénoyage 10
   3.3 Débits de pompage 10
   3.4 Solutions retenues et étapes subséquentes au dénoyage 11
4. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR 12
   4.1 Description du site visé par le projet 12
      4.1.1 Milieu physique 12
      4.1.2 Milieu biologique 30
      4.1.3 Milieu humain 40
5. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET 42
   5.1 Assujettissement 42
   5.2 Calendrier de réalisation 42
   5.3 Description sommaire du projet 42
      5.3.1 Géométrie des fosses 42
      5.3.2 Volume d'eau dans les fosses 42
      5.3.3 Capacité du ruisseau sans nom 44
      5.3.4 Détermination du débit de pompage 44
      5.3.5 Temps pour le dénoyage des fosses 47
      5.3.6 Qualité de l'eau dans les fosses 48
      5.3.7 Systèmes de pompage, usine de traitement et point de rejet 51
   5.4 Gaz à effet de serre 55
6. ACTIVITÉS D'INFORMATION ET DE CONSULTATION DU PUBLIC 56
   6.1 Activités d'information et de consultation réalisées 56
7. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES IMPACTS SUR LES ENJEUX 62

7.1 Approche méthodologique 62
7.1.1 Zone d'étude 62
7.1.2 Identification des enjeux suscités par le projet 62
7.1.3 Identification des composantes des milieux physiques, biologiques et humains liées aux enjeux 63
7.1.4 Identification des activités du projet susceptibles de causer des modifications sur les composantes 63
7.1.5 Impacts des modifications des composantes sur les enjeux 64
7.2 Évaluation de l'impact résiduel de la modification d'une composante sur un enjeu 64
7.2.1 Importance environnementale de la composante 65
7.2.2 Intensité de l'impact 66
7.2.3 Étendue de l'impact 67
7.2.4 Durée de l'impact 67
7.2.5 Force de l'impact résiduel 68
8. DÉTERMINATION DES MODIFICATIONS DES COMPOSANTES CIBLÉES DUES AUX ACTIVITÉS DU PROJET 71
8.1 Milieu physique 71
8.2 Milieu biologique 72
8.3 Milieu humain 73
9. DÉTERMINATION DES IMPACTS SUR LES ENJEUX 74
9.1 Matrice des activités en lien avec les enjeux 74
9.2 Enjeu #1 : La conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines (quantité et qualité) 75
9.2.1 Pompage de l'eau dans les fosses 76
9.2.2 Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom 76
9.3 Enjeu #2 : La préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus 81
9.3.1 Pompage de l'eau dans les fosses 81
9.3.2 Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom 81
9.4 Enjeu #3 : Le maintien de la quantité d'habitats floristiques et fauniques et de leur qualité 84
9.4.1 Pompage de l'eau souterraine 84
9.4.2 Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom 84
10. MESURES D'ATTÉNUATION ET SUIVI 88
10.1 Mesures d'atténuation 88

10.2 Suivis 88
10.2.1 Débits du ruisseau sans nom 88
10.2.2 Suivi sur la présence des poissons 89
10.2.3 Mesure de l'épaisseur de la glace du lac A 89
10.2.4 Eaux de surface 89
10.2.5 Eaux souterraines 89
11. CONCLUSION 90
12. RÉFÉRENCES 91
13. DÉCLARATION 93

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Estimation des ressources minérales (RPA, 2018) 1
Tableau 2.1 Liste des claims de la propriété de Troilus Gold 6
Tableau 4.1 Statistiques de température et de précipitations à la station de Chapais 14
Tableau 4.2 Débits mensuels moyens à l'exutoire du lac A avant la construction de la mine Troilus (adapté de Entraco, 1993) 18
Tableau 4.3 Débits annuels rejetés entre 2006 et 2008 18
Tableau 4.4 Statistiques des débits mensuels moyens de la rivière Broadback 19
Tableau 4.5 Débits spécifiques associés à la rivière Broadback (bassin versant de 9 855 km^2) 20
Tableau 4.6 Débits calculés pour le ruisseau sans nom 21
Tableau 4.7 Débit de crue associé à différentes périodes de récurrence à l'exutoire du lac A (adapté de Genivar 2009) 22
Tableau 4.8 Statistiques des débits d'étiage pour le ruisseau sans nom à l'embouchure du lac A 23
Tableau 4.9 Qualité de l'eau à différents endroits le long du ruisseau sans nom 27
Tableau 5.1 Paramètres géométriques des fosses (Genivar, 2009) 42
Tableau 5.2 Volume d'eau dans les fosses en septembre 2018 43
Tableau 5.3 Débits de pompage mensuels pour différentes conditions 46
Tableau 5.4 Temps estimé pour le dénoyage des fosses selon différents scénarios 48
Tableau 5.5 Critères de la Directive 019 et CVAC pour une dureté de 18 mg/l 49
Tableau 6.1 Rencontres avec les premières nations 57
Tableau 6.2 Rencontres ciblées sur le projet de dénoyage avec les parties prenantes 59

Tableau 7.1 Détermination de l'importance environnementale de la composante 66
Tableau 7.2 Détermination de la force de l'impact selon la valeur combinée des 4 critères (importance environnementale, perturbation, étendue, durée) 70
Tableau 9.1 Détermination des interactions entre les composantes, les activités en lien avec les enjeux 75
Tableau 9.2 Grille des impacts structurés pour l'enjeu #1 La conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines (quantité et qualité) 80
Tableau 9.3 Grille des impacts structurés pour l'enjeu #2 La préservation de l'intégrité du réseau hydrique et de ses processus 83
Tableau 9.4 Grille des impacts structurés pour l'enjeu #3 La maintien de la quantité d'habitats fauniques et floristiques 87

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Emplacement de la propriété de Troilus Gold 5
Figure 2.2 Localisation des claims de Troilus Gold 8
Figure 3.1 Schéma des forages proposés 10
Figure 4.1 Graphique des températures et précipitations pour les normales climatiques à Chapais 2 15
Figure 4.2 Bassins versants du site minier 16
Figure 4.3 Régime d'écoulement de la rivière Broadback 20
Figure 4.4 Localisation des points d'échantillonage lorsque la mine était en opération 24
Figure 4.5 Localisation des stations d'échantillonnage d'eaux de surface pour l'été et l'automne 2019 26
Figure 4.6 Carte de la végétation le long du ruisseau sans nom 32
Figure 4.7 Tourbière ouverte en bordure du lac A 34
Figure 4.8 Tourbière boisé typique 34
Figure 4.9 Végétation riveraine de l'affluent du lac A en amont de la fosse J4 (aulne rugueux) 35
Figure 4.10 Végétation riveraine de l'affluent du lac A (à mi-chemin entre la fosse J4 et l'embouchure du lac A) composée d'épinettes noires, de mélèzes larcinis, d'aulnes rugueux et de myriques baumier 36
Figure 4.11 Végétation riveraine à l'embouchure du l'affluent du lac A (mélèze, aulne rugueux et myrique baumier) 36
Figure 4.12 Végétation arbustive à dominance d'éricacées sur station sèche en rive sud du lac A 37
Figure 4.13 Localisation des tronçons homogènes (DDM, 2019, annexe D) 39

Figure 5.1 Relation entre le niveau de l'eau et le volume pour les fosses 43
Figure 5.2 Concentrations de différents métaux en relation avec la profondeur dans la fosse J4 50
Figure 5.3 Concentrations de différents métaux en relation avec la profondeur dans la fosse 87 50
Figure 5.4 Localisation de l'usine de traitement (point vert) et du point de rejet (point jaune) 53
Figure 5.5 Localisation de l'usine de traitement (point vert) et du point de rejet (point jaune) et de la conduite de refoulement à partir de la fosse 87 54
Figure 7.1 Distribution de fréquence de la force de l'impact selon la procédure utilisée 69

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Résolution du conseil d'administration désignant madame Jacqueline Leroux comme signataire autorisé par Troilus Gold.

Annexe B Déclaration du demandeur selon l'article 115.8 de la LQE.

Annexe C Wachiih (2018), Caractérisation du l'habitat du poisson – Troilus Gold, 50 pages.

Annexe D Groupe DDM (2019), Détermination des débits propices pour la reproduction des poissons du ruisseau sans nom

Annexe E Informations statistiques de la rivière Broadback

Annexe F Wachiih (2018) Expertise professionnelle en environnement pour le dénoyage des fosses 87 et J4 – Bathymétrie des lacs A et B, 28 pages

Annexe G Résultats de la qualité des eaux de surface (2019)

Annexe H Polygéo (2019) Dénoyage des fosses 87 et J4, Troilus Gold, Photo-interprétation des matériaux de surface et analyse géomorphologique du cours d'eau et des lacs devant recevoir les eaux lors du dénoyage

Annexe I Genivar (2009) Hydrologie et hydrogéologie, 87 pages. Rapport tiré du plan de restauration déposé par Genivar en 2009.

Annexe J Modélisation des débits de dénoyage

Annexe K Wachiih (2019), Qualité de l'eau – Fosses F87 et J-4 – Mine Troilus, 17 pages.

1. IDENTIFICATION ET COORDONNÉES DU DEMANDEUR

Troilus Gold est une compagnie enregistrée en janvier 2018 dont l'objectif est la mise en valeur des ressources sur le site de l'ancienne mine Troilus située au nord de Chibougamau, sur le territoire Eeyou Istchee-Baie James. Récemment, Troilus Gold a racheté les droits sur la propriété de la compagnie First Quantum Minerals, et par conséquent, les obligations de restauration qui lui sont attenantes.

La mine à ciel ouvert Troilus a été en opération de novembre 1996 à avril 2009. La mine a produit plus de deux millions d'onces d'or et près de 70 000 tonnes de cuivre. Après la fin des opérations d'extraction, le concentrateur a continué à traiter du minerai de basse teneur jusqu'en juin 2010.

À la fin des opérations, le site a été restauré de 2011 à 2019. Plusieurs travaux ont été réalisés notamment la mise en végétation des haldes de stériles, la restauration du parc à résidus miniers, le démantèlement des infrastructures, etc. Tous les travaux ont fait l'objet d'autorisations et un suivi post-restauration a été mis en place par Inmet Mining. First Quantum a ensuite fait l'acquisition de la propriété. Le site est maintenant sous la responsabilité de Troilus Gold qui a acquis cette responsabilité en rachetant les droits de propriété de First Quantum en avril 2018.

Un estimé des ressources a été publié en novembre 2018 par la firme RPA (RPA, 2018). Dans cet estimé de ressources, trois secteurs ont été évalués : la zone 87 et les zones J4 et J5. L'estimé a été fait selon un scénario d'exploitation à ciel ouvert et sous-terrain. Le tableau 1.1 résume les données des ressources.

Tableau 1.1 Estimation des ressources minérales (RPA, 2018)

Ressources	Tonnage (Mt)	Au (g/t)	Cu (%)	AuEq (g/t)	Contained Gold (Moz)	Contained Copper (Mlb)	Contained AuEq (Moz)
Indiquées	121,7	0,87	0,086	1,00	3,40	231,8	3,92
Présumées	36,1	0,88	0,083	1,01	1,02	66,2	1,17

Les ressources présentes sont significatives au site Troilus. Selon RPA (2018), la minéralisation d'or est continue et ouverte en profondeur. Par conséquent, dans le cadre des travaux d'exploration avancée, Troilus Gold souhaite avoir de meilleurs accès au gisement afin de poursuivre ses travaux d'exploration à partir des parois et du plancher des fosses. En effet, le gisement d'or et de cuivre montre une continuité en profondeur et vers le nord, dans l'axe des fosses 87 et J4. Le forage à partir de la surface rend difficile l'atteinte des cibles et une plus grande précision est requise pour les étapes subséquentes, qui permettra de mieux définir les ressources.

1.1 Identification du promoteur

Siège social :
Troilus Gold
36 Lombard Street
Toronto (Ontario), M5C 2X3
Tél : 581-481-8557

Bureau de Chibougamau :
Troilus Gold
334, 3ième Rue
Chibougamau (Québec) G8P 1N5
Tél : 418 770-5990

Le demandeur de la demande est Troilus Gold à partir de son bureau à Chibougamau. Madame Jacqueline Leroux est la signataire autorisée à déposer la présente demande. Le formulaire qui l'autorise à le faire est présenté à l'annexe A. Les coordonnées de madame Leroux sont :

Jacqueline.leroux@troilusgold.com
Directrice environnement
418-770-5990

Toute demande d'information supplémentaire et toute question relative à la présente demande doivent être adressées à Madame Leroux.

1.2 Numéro de l'entreprise

Le numéro d'entreprise de Troilus Gold est le 1163428072.

1.3 Consultants impliqués dans l'étude environnementale

La production de l'étude d'impact a été possible grâce à la collaboration de plusieurs experts dans différents domaines. C'est madame Ann Lamontagne de la firme Lamont inc. qui a été responsable de la production du rapport et de la coordination des chapitres. Plus précisément les rôles des consultants sont définis dans les paragraphes suivants.

L'équipe de Troilus Gold a pris en charge le volet des consultations avec la comunauté et plus particulièrement avec les familles dont les aires de trappe se rejoignent sur le site minier. Troilus Gold a aussi pris en charge le volet de la description du projet puisqu'ils seront responsable de la coordination des activités lorsque les permis seront obtenus.

La firme Lamont a coordonné la préparation du document et est responsable de la préparation de l'analyse des impacts par enjeux tel qu'il est attendu dans la modernisation de la loi sur la Qualité de l'environnement (mars 2018). Elle est aussi responsable de la description du milieu physique et de l'évaluation de la modification des composantes du milieu physique.

La firme DDM est responsable d'une partie de la caractérisation des habitats de poisson sur le cours d'eau récepteur ainsi que l'évaluation des modifications des composantes des habitats de poissons. Elle est également responsable de l'estimation des débits maximaux de pompage pour la préservation de l'intégrité des frayères où la collaboration de la firme MH_2O a permis de déterminer le régime hydrique du cours d'eau. Elle est aussi responsable de la production des cartes.

La firme Polygéo a coordonné les études sur le terrain afin de documenter le contexte géomorphologique et l'identification des zones sensibles à l'érosion le long du cours d'eau récepteur. Elle est également responsable de l'évaluation de la sensibilité à l'érosion du ruisseau sous différentes conditions de débits.

Le Groupe Desfor est responsable de la caractérisation de la végétation et des milieux humides tandis que Wachiih, une division de Desfor a caractérisé une partie du ruisseau récepteur de l'effluent proposé. La bathymétrie des lacs A et B a été faite par la firme Wachiih de même que la caractérisation de la qualité de l'eau des fosses.

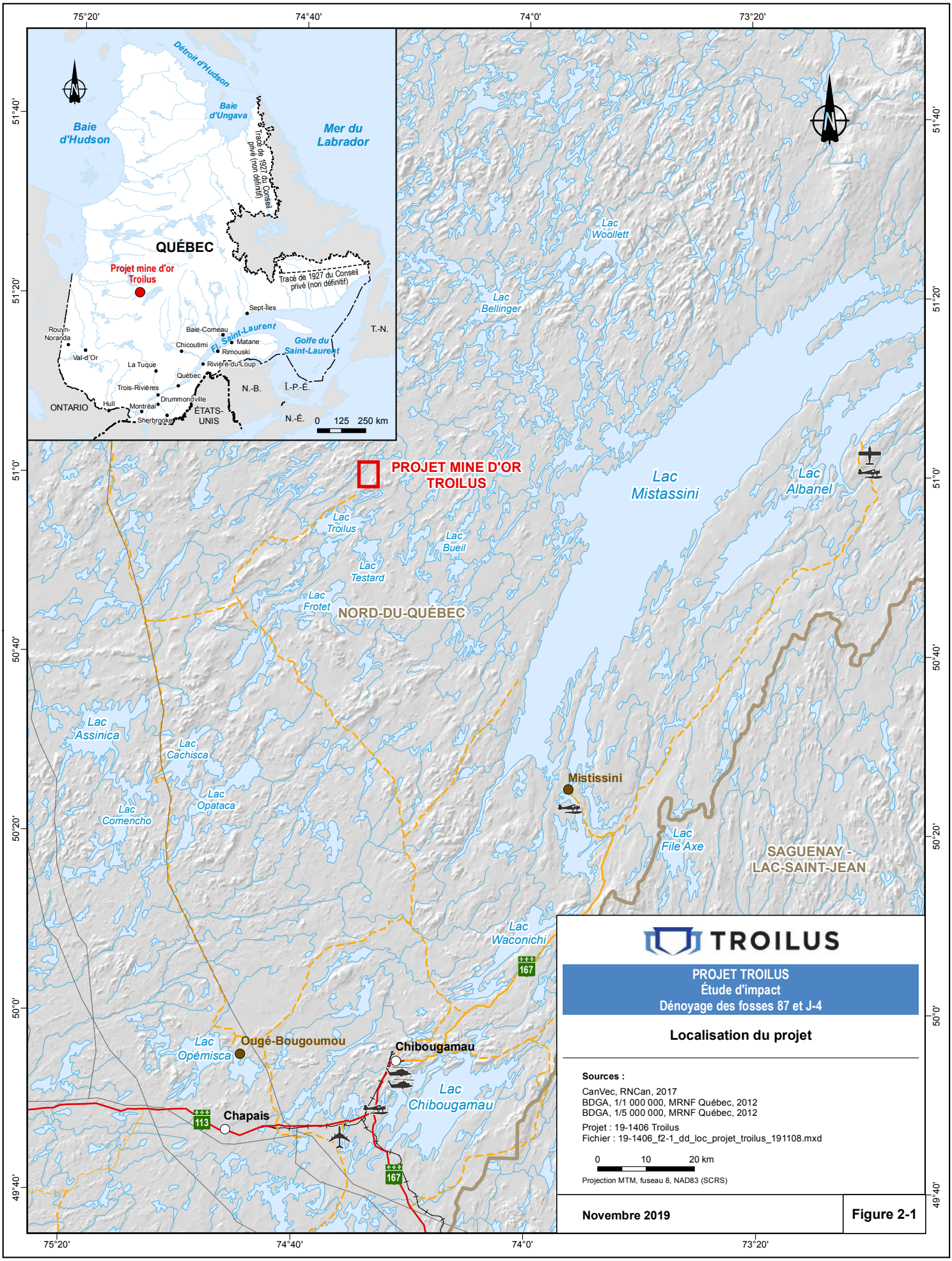
2. LOCALISATION DU PROJET

L'ancienne mine Troïlus, située dans la ceinture de roches vertes Evans-Frotet, est approximativement à une latitude de 51°00′ nord et une longitude de 74°28′ ouest, soit environ 175 km au nord de Chibougamau. La figure 2.1 présente le plan de localisation du site. L'accès au site minier est assuré par un tronçon de route d'environ 44 km de longueur, débutant au PK 108 de la Route du Nord, et orienté en direction nord-est.

L'ancien site minier occupe un terrain, en territoire non organisé, décrit comme le lot 1 du cadastre du Bassin de la Rivière Rupert, circonscription foncière du Lac St-Jean-Ouest.

Le site est situé sur le territoire de la communauté de Mistassini sur des terres de catégorie III. Le projet est inclus dans l'aire de trappe M-34 dont le maitre de trappe est la famille Awashish.

La propriété comprend 83 claims couvrant 3878,60 ha et un bail minier. Ces claims sont situés sur le territoire du Gouvernement régional Eeyou Istchee Baie-James. Tous les claims qui composent la propriété sont des cellules désignées sur carte appelées CDC et sont situés sur les terres de la Couronne, sur une terre de Catégorie III selon la Convention de la Baie James et du nord québécois. La figure 2.2 montre les claims et le bail minier de la propriété et le tableau 2.1 en dresse la liste détaillée.


75°20'
74°40'
74°0'
73°20'
51°40'
51°20'
51°0'
50°40'
50°20'
50°0'
49°40'
Détroit d'Hudson
Baie d'Hudson
Baie d'Ungava
Mer du Labrador
Tracé de 1927 du Conseil privé (non définitif)
QUÉBEC
Projet mine d'or Troilus
Sept-Îles
T.-N.
Rouyn-Noranda
Baie-Comeau
Chicoutimi
Matane
Fl. Saint-Laurent
Golfe du Saint-Laurent
Val-d'Or
Rimouski
La Tuque
Rivière-du-Loup
Québec
Trois-Rivières
N.-B.
Î.-P.-É.
Drummondville
ONTARIO
Hull
Montréal
ÉTATS-UNIS
Sherbrooke
N.-É.
0 125 250 km
PROJET MINE D'OR TROILUS
Lac Woollett
Lac Bellinger
Lac Mistassini
Lac Albanel
Lac Troilus
Lac Bueil
Lac Testard
Lac Frotet
NORD-DU-QUÉBEC
Lac Assinica
Lac Cachisca
Lac Opataca
Lac Comencho
Mistissini
Lac File Axe
SAGUENAY - LAC-SAINT-JEAN
Lac Waconichi
167
Lac Opémisca
Ougé-Bougoumou
Chibougamau
Lac Chibougamau
Chapais
113
TROILUS
PROJET TROILUS
Étude d'impact
Dénoyage des fosses 87 et J-4
Localisation du projet
Sources :
CanVec, RNCan, 2017
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Projet : 19-1406 Troilus
Fichier : 19-1406_f2-1_dd_loc_projet_troilus_191108.mxd
0 10 20 km
Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)
Novembre 2019
Figure 2-1

TROILUS

Tableau 2.1 Liste des claims de la propriété de Troilus Gold

NUMÉRO DU FEUILLET TOPOGRAPHIQUE (1/50 000)	NUMÉRO DU CLAIM	SUPERFICIE (ha)	NUMÉRO DU FEUILLET TOPOGRAPHIQUE (1/50 000)	NUMÉRO DU CLAIM	SUPERFICIE (ha)
SNRC 32J15	1133905	54,22	SNRC 32O01	1133956	25,10
SNRC 32J15	1133906	54,22	SNRC 32O01	1133957	54,15
SNRC 32J15	1133907	54,22	SNRC 32O01	1133958	54,19
SNRC 32J15	1133908	54,22	SNRC 32O01	1133959	54,19
SNRC 32J15	1133909	54,22	SNRC 32O01	1133960	46,18
SNRC 32J15	1133913	54,21	SNRC 32O01	1133961	9,42
SNRC 32J15	1133914	54,21	SNRC 32O01	1133962	25,33
SNRC 32J15	1133915	54,21	SNRC 32O01	1133963	54,15
SNRC 32J15	1133916	54,21	SNRC 32O01	1133964	54,18
SNRC 32J15	1133917	54,21	SNRC 32O01	1133965	54,16
SNRC 32J15	1133918	54,20	SNRC 32O01	1133966	26,66
SNRC 32J15	1133919	54,20	SNRC 32O01	1133967	0,20
SNRC 32J15	1133920	54,20	SNRC 32O01	1133968	13,83
SNRC 32J15	1133921	54,20	SNRC 32O01	1133969	47,87
SNRC 32J15	1133922	54,20	SNRC 32O01	1133970	54,16
SNRC 32J15	1133923	54,19	SNRC 32O01	1133971	54,16
SNRC 32J15	1133924	54,19	SNRC 32O01	1133972	27,32
SNRC 32J15	1133925	54,19	SNRC 32O01	1133973	0,01
SNRC 32J15	1133926	54,19	SNRC 32O01	1133974	4,23
SNRC 32J16	1133929	54,21	SNRC 32O01	1133975	24,44
SNRC 32J16	1133930	54,21	SNRC 32O01	1133976	46,01
SNRC 32J16	1133936	54,20	SNRC 32O01	1133977	54,16
SNRC 32J16	1133937	54,20	SNRC 32O01	1133978	54,16
SNRC 32J16	1133938	54,20	SNRC 32O01	1133979	54,15
SNRC 32J16	1133940	54,20	SNRC 32O01	1133982	54,15
SNRC 32J16	1133941	54,20	SNRC 32O01	1133983	54,15
SNRC 32J16	1133942	54,20	SNRC 32O01	1133984	54,15
SNRC 32J16	1133943	54,19	SNRC 32O01	1133985	54,15
SNRC 32J16	1133944	54,19	SNRC 32O02	1133998	54,18
SNRC 32J16	1133945	54,19	SNRC 32O02	1133999	54,19

NUMÉRO DU FEUILLET TOPOGRAPHIQUE (1/50 000)	NUMÉRO DU CLAIM	SUPERFICIE (ha)	NUMÉRO DU FEUILLET TOPOGRAPHIQUE (1/50 000)	NUMÉRO DU CLAIM	SUPERFICIE (ha)
SNRC 32J16	1133946	54,20	SNRC 32O02	1134000	54,19
SNRC 32J16	1133947	51,28	SNRC 32O02	1134001	54,19
SNRC 32J16	1133948	54,15	SNRC 32O02	1134002	54,18
SNRC 32J16	1133949	54,20	SNRC 32O02	1134003	54,18
SNRC 32J16	1133950	54,20	SNRC 32O02	1134004	54,18
SNRC 32O01	1133951	54,19	SNRC 32O02	1134005	54,18
SNRC 32O01	1133952	54,13	SNRC 32O02	1134006	54,17
SNRC 32O01	1133953	41,82	SNRC 32O02	1134007	54,17
SNRC 32O01	1133954	20,08	SNRC 32O02	1134008	54,17
SNRC 32O01	1133955	1,95	**TOTAL**		**3 878,60**

74°34' 74°32' 74°30' 74°28' 74°26' 74°24'

51°2' 51°1' 50°59' 50°58'

Lac 1A

Lac A

Lac des Grimpereaux

Lac Amont

BM829

CDC1133972 CDC1133973 CDC1133974 CDC1133975 CDC1133966 CDC1133967 CDC1133968 CDC1133961 CDC1133962 CDC1133955 CDC1133954 CDC1133956

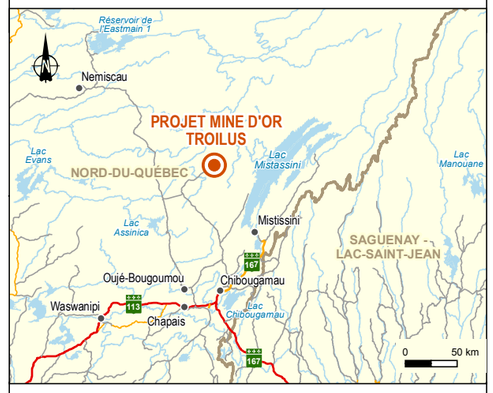
CDC1133979 CDC1133980 CDC1133982 CDC1133983 CDC1133984 CDC1133985 CDC1133970 CDC1133971 CDC1133976 CDC1133977 CDC1133978 CDC1133969 CDC1134006 CDC1134007 CDC1134008 CDC1133965 CDC1134002 CDC1134003 CDC1134004 CDC1134005 CDC1133960 CDC1133963 CDC1133964 CDC1133998 CDC1133999 CDC1134000 CDC1134001 CDC1133951 CDC1133952 CDC1133953 CDC1133957 CDC1133958 CDC1133959 CDC1133923 CDC1133924 CDC1133925 CDC1133926 CDC1133943 CDC1133944 CDC1133945 CDC1133946 CDC1133947 CDC1133948 CDC1133949 CDC1133950 CDC1133918 CDC1133919 CDC1133920 CDC1133921 CDC1133922 CDC1133936 CDC1133937 CDC1133938 CDC1133939 CDC1133940 CDC1133941 CDC1133942 CDC1133913 CDC1133914 CDC1133915 CDC1133916 CDC1133917 CDC1133929 CDC1133930 CDC1133905 CDC1133906 CDC1133907 CDC1133908 CDC1133909

TITRES MINIERS

- Bail minier du projet
- BM829 — Numéro de bail minier
- Claim
- CDC1133964 — Numéro de claim

MILIEUX AQUATIQUES

- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent
- Cours d'eau détourné



TROILUS

PROJET TROILUS
Étude d'impact
Dénoyage des fosses 87 et J-4

Localisation des claims et bail minier de Troilus

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Claims et bail minier : GESTIM (MERN Québec), 2 avril 2019

Projet : 19-1406 Troilus
Fichier : 19-1406_f2-2_dd_claims_troilus_191108.mxd

0 400 800 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019 | **Figure 2-2**

3. ANALYSE DES SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET

3.1 Raison d'être du projet

Dans le cadre des travaux d'exploration, Troilus Gold souhaite avoir un meilleur accès au gisement afin de poursuivre l'évaluation du potentiel aurifère de la propriété. En effet, la découverte d'une nouvelle zone minéralisée en profondeur à l'hiver 2019, le long du mur Est de la fosse J4, permet de croire que cette zone pourrait se poursuivre jusqu'à la surface. Le manque d'information historique ne nous permet pas de faire une évaluation précise du potentiel réel de cette partie de la fosse. Il est nécessaire de mieux connaître le potentiel de ce secteur avant de finaliser le plan d'agrandissement de la fosse J4. La position et l'angle de la zone projetée ne nous permettent pas d'effectuer les forages nécessaires à partir de la surface pour une évaluation adéquate de celle-ci. Cette évaluation doit se faire à partir du mur est de la fosse.

Le dénoyage des fosses J4 et 87 permettra l'installation de foreuses aux diamants sur les bancs pour forer vers l'est (N123°) avec un angle de 45°. Le programme proposé est de 4 trous de forage tel que montré au plan de la figure 3.1. Une campagne d'environ 5000 m pourrait être suffisante mais en fonction des résultats obtenus, il pourrait être requis d'augmenter l'ampleur de la campagne de forage. Des forages pourront aussi être faits à partir du plancher des fosses.

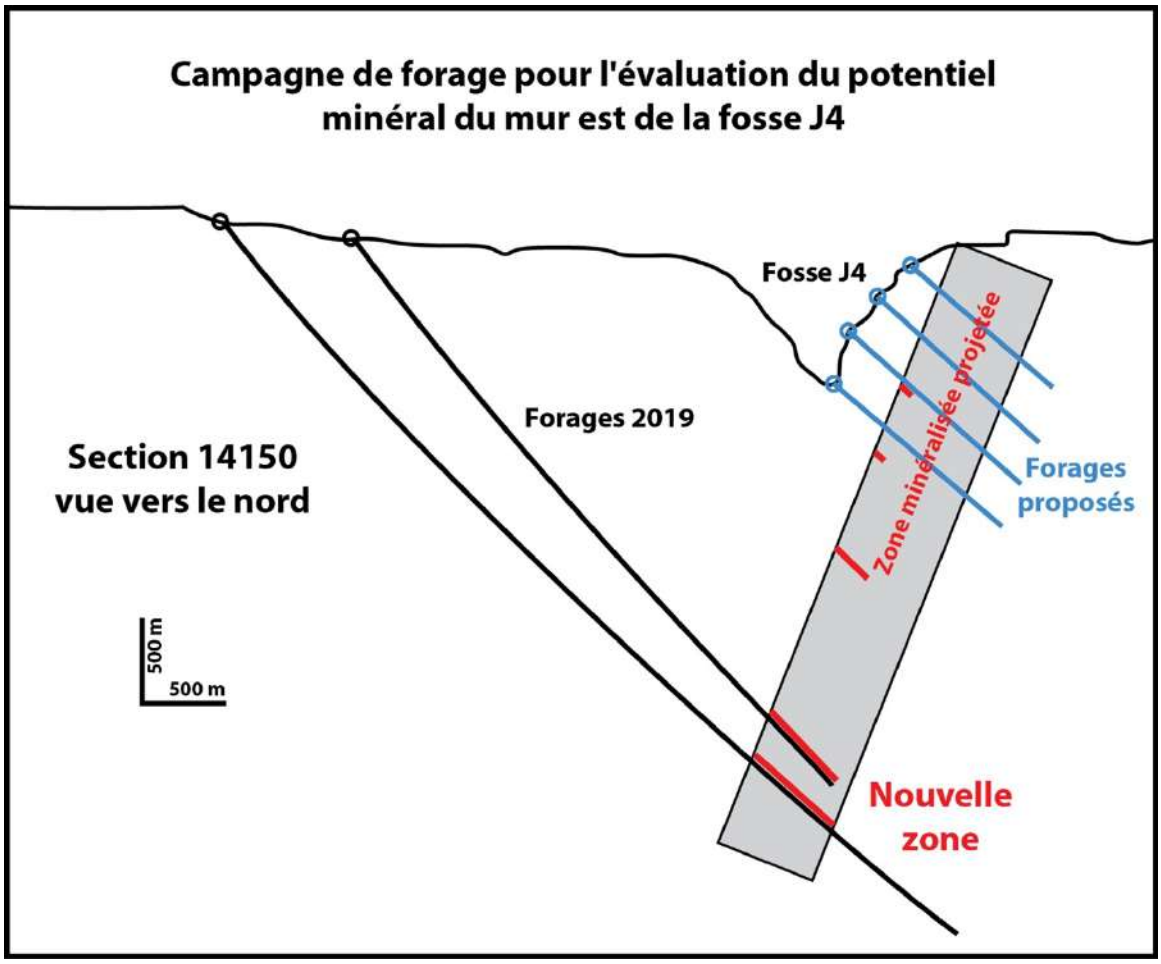


Figure 3.1 Schéma des forages proposés

3.2 Alternatives au dénoyage

L'alternative au dénoyage des fosses serait de réaliser les forages à partir de la surface de l'eau en hiver sur la glace au-dessus des fosses. Pour des raisons évidentes de risques d'accident et de santé et sécurité, cette option n'est pas retenue. La seule façon d'intercepter les zones potentielles le long du mur consiste à forer à partir des bancs du côté est.

3.3 Débits de pompage

Pour le dénoyage des fosses, le débit de pompage a fait l'objet d'une étude d'alternatives. En effet, deux régimes ont été considérés. Un régime à débits variables permettant d'avoir un débit constant dans le ruisseau pendant toute la durée du dénoyage et un régime à débit fixe permettant de représenter les variations de débits saisonnières dans le ruisseau. Une modélisation a été réalisée à certaines sections critiques de sorte à évaluer le débit maximal du ruisseau à ces endroits. Il s'est avéré que c'est la solution qui permet de dénoyer avec un débit de pompage variable qui est la plus

efficace en termes de protection du milieu récepteur. En effet, un débit constant de pompage augmenterait l'intensité des crues au printemps et celles des crues lors d'événements pluvieux extrêmes ce qui est peu souhaitables pour la stabilité du ruisseau et des frayères. Par conséquent, il a été décidé que le pompage se ferait à débit variable de sorte à ne pas dépasser la capacité des habitats à supporter des vitesses d'écoulement et à limiter ainsi les impacts sur les berges. Les débits de pompage et la stratégie sont présentés dans la section sur la description du projet et les modifications des composantes.

3.4 Solutions retenues et étapes subséquentes au dénoyage

Le dénoyage des fosses s'avère la solution la plus sécuritaire pour poursuivre les travaux d'exploration. Une fois que les fosses seront dénoyées, les activités d'exploration pourront débuter.

4. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR

4.1 Description du site visé par le projet

Le site minier a déjà été en exploitation et a fait l'objet d'une étude d'impact en 1993 qui a été soumise au COMEX (Entraco, 1993). Des études sectorielles, plans de restauration, rapports de conception, etc. ont été déposés aux autorités entre 1993 jusqu'à la fermeture du site minier. Certaines informations sur le milieu naturel ont été tirées de ces études alors que d'autres proviennent de données plus récentes. Seules les composantes en lien avec les enjeux ci-dessous sont retenues aux fins d'une description plus exhaustive.

Les enjeux sont :

- La conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines (quantité et qualité);
- La préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus;
- Le maintien de la quantité d'habitats floristiques et fauniques et de leur qualité.

Et ces enjeux touchent les composantes suivantes :

Milieu biophysique :

- Hydrogéologie
- Hydrologie
- Qualité de l'eau de surface
- Sols
- Poissons et son habitat
- Végétation et milieux humides

4.1.1 Milieu physique

Topographie

Le site du projet de Troilus Gold fait partie des basses-terres d'Eastmain, division de l'unité physiographique de la région de James. Le relief est accidenté. Au sud du projet, on retrouve la présence de colline rocheuse alignée dans un axe nord-est/sud-ouest avec une altitude maximale de 520 mètres. Au nord, le secteur est bordé par une crête rocheuses orientée nord-est/sud-ouest avec une altitude maximale de 430 mètres. Entre ces deux reliefs, le secteur forme une vallée dont l'altitude varie entre 365 et 400 mètres avec une topographie ondulée et irrégulière compte tenu de la présence d'affleurements rocheux qui recoupent les dépôts meubles (Geocon, 1993).

Stratigraphie

Le socle rocheux est constitué essentiellement de roches métavolcaniques felsiques et intermédiaires dans la partie sud alors que dans les parties centrale et ouest, on retrouve des roches métavolcaniques intermédiaires à mafiques de type basalte. La partie est est traversée par un pluton granitique. Cette poussée du magma a introduit des dykes dans les fractures des roches métamorphiques et a provoqué une altération des parois rocheuses encaissantes (Geocon, 1993).

Les dépôts meubles qui recouvrent le socle rocheux sur la majeure partie du secteur sont essentiellement quaternaire d'origines glaciaire, fluvio-glaciaire et alluvionnaire. Sur le socle rocheux, on retrouve un till pouvant atteindre 30 m d'épaisseur. Il est composé de blocs, de cailloux, de gravier et de sable avec des proportions variables de silt et d'argiles. Dans la portion centrale, on retrouve surtout une couche de sable et de gravier et les dépôts fluvio-glaciaires généralement lâches et pouvant atteindre 15 m d'épaisseur (Geocon, 1993).

Dans les parties basses, sous les tourbières et autour des lacs, on retrouve des dépôts de sable de l'ordre de 2 mètres d'épaisseur. On peut aussi quelques fois observer des dépôts organiques de quelques mètres d'épaisseur (Geocon, 1993).

Climat

Les données présentées dans cette section proviennent de la station météorologique d'Environnement Canada de Chapais 2 (7091305) (49°47'00"N et 74°51'00"O) dont des données ont été compilées de 1981 à 2010. Cette station est située à environ 120 km du site de Troilus mais il semble qu'elle soit la station la plus proche du site. La station est située à l'altitude 396,20 m.

D'après les normales climatiques de la station de Chapais, le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de -18,9 °C et juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 16,6 °C. Les valeurs de température extrêmes oscillent de -43,3°C à 35°C. Le tableau 4.1, présente les statistiques de température. Il provient du site du MELCC.

TROILUS

Tableau 4.1 Statistiques de température et de précipitations à la station de Chapais[1]

Mois	Température (degré C)			Précipitation		
	Max	Min	Moy	Pluie (mm)	Neige (cm)	Totale (mm)
Janvier	-13,3	-24,2	-18,9	2,4	57,2	59,9
Février	-9,8	-21,7	-15,7	2,7	38,0	41,1
Mars	-3,0	-15,4	-9,2	7,9	37,7	459
Avril	5,5	-5,5	0,0	29,9	25,4	56,1
Mai	14,1	2,0	8,0	72,8	6,6	78,3
Juin	20,2	7,9	14,0	100,1	0,3	100,4
Juillet	22,5	10,6	16,6	129,9	0,0	129,9
Août	20,6	9,6	15,1	107,1	0,0	107,1
Septembre	15,0	5,3	10,2	125,5	0,8	126,4
Octobre	6,9	-0,5	3,2	78,9	20,7	99,6
Novembre	-1,3	-7,9	-4,6	38,4	57,7	95,9
Décembre	-9,1	-17,7	-13,6	5,2	58,1	63,8
ANNUEL	5,7	-4,8	0,4	700,9	302,6	1004,4

En termes de précipitation, il tombe annuellement environ 1004,4 mm par an à Chapais dont 684,5 mm sous forme de pluie. Le graphique de la figure 4.1 montre l'évolution des précipitations et des températures mensuelles.

[1] http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/normales/sommaire.asp?cle=7091305

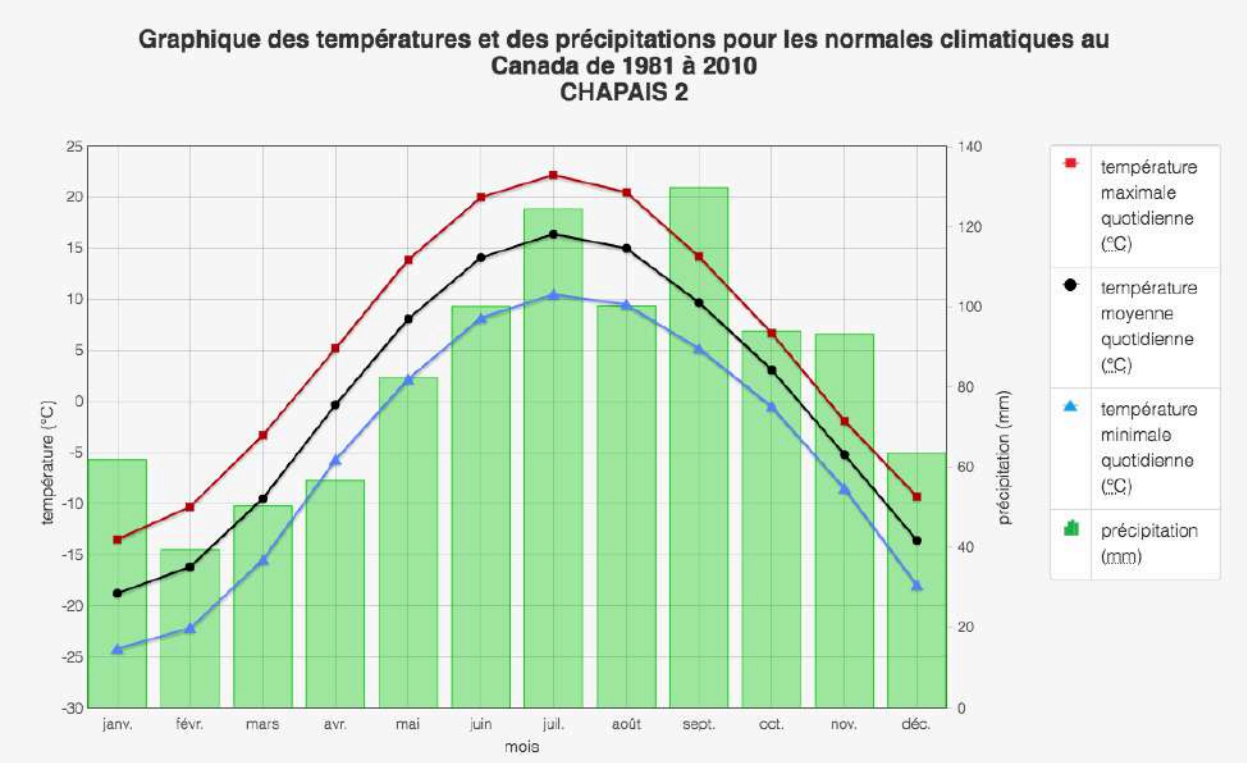


Figure 4.1 Graphique des températures et précipitations pour les normales climatiques à Chapais 2[2]

Hydrographie

Le site minier est inclus dans le bassin versant de la Baie James et dans le sous-bassin du lac Boisfort. Aux alentours du site, on retrouve quelques plans d'eau, quelques cours d'eau qui se drainent tous vers le lac A, soit le premier lac intercepté avant le plus grand lac Boisfort. Le bassin versant à la sortie du lac A qui reçoit les eaux du site de Troilus couvre une superficie d'environ 58 km² (Geocon, 1993). L'exutoire du lac A est en fait l'exutoire du réseau hydrologique de la vallée où est située le projet et la mine Troilus. Le lac A est alimenté par deux affluents qui sont représentés par les bassins BV1 et BV2 de la figure 4.2. L'ensemble du site est situé dans le BV1 qui a une superficie de 39,67 km².

[2] http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?searchType=stnProv&lstProvince=QC&txtCentralLatMin=0&txtCentralLatSec=0&txtCentralLongMin=0&txtCentralLongSec=0&stnID=6026&dispBack=0

74°40' 74°36' 74°32' 74°28' 74°24'

51°2' 51°0' 50°58' 50°56'

Bassin versant de la rivière Rupert

Lac A2

Lac A1

BV-J4

Ancienne fosse J-5

Fosse J-4

Lac A

Halde à mort terrain

Halde à stérile

Halde à stérile

Halde à mort terrain

Halde à stérile

BV2

Fosse 87

BV-F87

Lac des Grimpereaux

Campement

Bâtiments d'exploration

PR-1

Bassin de recirculation

Parc à résidus

Bassin versant de la rivière Broadback

BV1

Lac Amont

Bassin versant de la rivière Broadback

COMPOSANTES DU PROJET

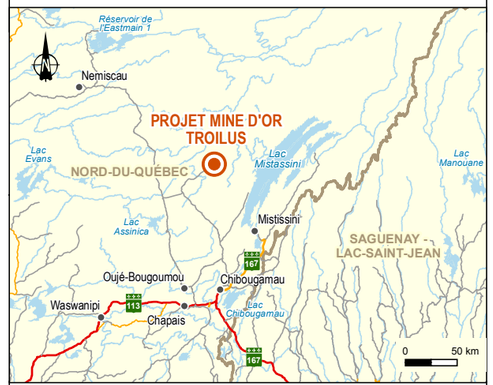
- Fosse
- Halde
- Parc à résidus
- Bassin
- Bâtiment ou campement
- Chemin

EFFLUENT

- Effluent actif

MILIEUX AQUATIQUES

- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent
- Bassin versant
- Sous-bassin versant
- Exutoire du lac A
- BV1
- BV2



TROILUS

PROJET TROILUS
Étude d'impact
Dénoyage des fosses 87 et J-4

Bassins et sous-bassins versants du site minier

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Composantes du projet, Troilus, 2019

Projet : 19-1406 Troilus
Fichier : 19-1406_f4-2_dd_bassin_versant_troilus_191108.mxd

0 650 1 300 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019

Figure 4-2

Les crues printannières ont lieu durant les mois de mai et de juin. Cette période de crue peut représenter 33% de l'écoulement annuel. L'étiage se produit en hiver de janvier à avril et est généralement très sévère. L'écoulement pendant cette période peut représenter moins de 8% de l'écoulement annuel (Entraco, 1993).

Hydrologie

La firme Entraco a déposé une étude d'impact en 1993 (Entraco, 1993). Les données de 1993 permettent d'obtenir un portrait hydrologique avant la construction du site minier tandis que des données sont disponibles dans plusieurs études techniques plus récentes pour mieux comprendre la dynamique de l'hydrologie dans le bassin versant dont la mine fait partie. En 1993, comme le ruisseau sans nom circulait au-dessus des futures fosses, une étude hydrologique avait été réalisée en vue notamment de son déplacement. De plus, il était prévu que l'alimentation en eau au concentrateur serait faite à partir du lac A, le lac situé en aval du projet. Pour estimer les débits à l'exutoire du lac A, les données de la station hydrique sur la rivière Broadback avaient été utilisées (station 080809). À cette station, le bassin versant est de 9 855 km^2. Les débits moyens mensuels avaient donc été estimés à l'exutoire du lac A à partir d'une étude statistique des débits à la station 808089. Des informations sur le régime hydrologique ont été fournies dans cette étude mais aussi à l'annexe 2 du plan de restauration déposé par Genivar en 2009 (Genivar, 2009). Les variations mensuelles du débit sont présentées au tableau 4.2 (adapté de Entraco, 1993 et Genivar, 2009). Bien que ces informations n'incluent pas la présence du site minier, il n'en demeure pas moins que la superficie du bassin versant à l'exutoire du lac A n'a pas changé. Ce sont principalement les conditions des sols (perturbations anthropiques) qui ont changées. L'ordre de grandeur des débits présentés est tout de même acceptable.

Le débit du cours d'eau sans nom a été modifié pendant les années d'opération de la mine à cause de la présence des effluents miniers présents le long de son parcours, ce dernier ayant cependant été modifié puisqu'il circulait naturellement au-dessus des fosses. Conformément à la Directive 019 et au REMM, les débits des effluents étaient mesurés de façon régulière de même que la concentration de différents paramètres.

Tableau 4.2 Débits mensuels moyens à l'exutoire du lac A avant la construction de la mine Troilus (adapté de Entraco, 1993)

Mois	Débit (m^3/j)	Débit (m^3/mois)
Janvier	53 000	1 643 000
Février	40 000	1 120 000
Mars	32 000	992 000
Avril	57 000	1 710 000
Mai	217 000	6 727 000
Juin	173 000	5 190 000
Juillet	127 000	3 937 000
Août	97 000	3 007 000
Septembre	103 000	3 090 000
Octobre	117 000	3 510 000
Novembre	107 000	3 317 000
Décembre	77 000	2 387 000
ANNUEL		**36 630 000**

Le tableau 4.3 présente les débits annuels pour les dernières années d'opération de la mine Troilus soient les années 2006 à 2008 pour tous les effluents miniers. Les effluents PR sont rattachés au parc à résidus. L'effluent PR-1 est la sortie de l'usine Actiflo alors que les effluents PR-2 à PR-7 sont des exfiltrations au pied de la digue retenant les résidus miniers. Les effluents BS-1 et BS-2 sont ceux qui rejetaient les eaux en provenance du dénoyage des fosses et du ruissellement des haldes. Le tableau 4.3 présente les débits annuels rejetés de même que les pointes mensuelles observées pendant les trois années de suivi présentées. Ces données ont été tirées du rapport sur les ESEE préparé par Genivar en 2009.

Tableau 4.3 Débits annuels rejetés entre 2006 et 2008

Effluent	2006 (m^3/an)	2007 (m^3/an)	2008 (m^3/an)	Pointe observée (m^3/d)
BS-1		1 064 820	190 176	7 728 (09/2007)
BS-2	4 031 802	2 934 340	1 516 974	26 371 (06/2006)
PR-1	4 405 498	3 522 084	4 588 780	30 210 (07/2008)
PR-2	445 433	725 512	847 758	2 717 (12/2008)
PR-5	156 744	212 106	217 787	2 206 (08/2007)
PR-6	56 840	66 535	89 563	288 (03/2008)
PR-7	41 167	50 808	50 417	226 (04/2006)
TOTAL ANNUEL	**9 137 486**	**8 576 205**	**7 501 455**	

Depuis l'arrêt des opérations de traitement et de minage, le débit du ruisseau sans nom a encore été influencé par la présence du site en période de post-opération, de restauration et de post-fermeture. En effet, le niveau de l'eau dans la parc à résidus est encore contrôlé par l'opérateur du parc à résidus. Régulièrement, le niveau de l'eau dans le parc est abaissé de sorte à s'assurer d'avoir l'espace disponible pour la crue du printemps à venir. Selon Troilus Gold, un volume d'environ 8 Mm^3 d'eau est pompé en dehors du parc à résidus pendant les mois où il n'y a pas de risque de gel. Pour les fins de la modélisation des débits de dénoyage, ce volume d'eau est modélisé entre les mois de mai à octobre. Ce débit s'ajoute donc au débit de base du ruisseau sans nom pendant le dénoyage.

Lors du dénoyage de la fosse, c'est le ruisseau sans nom qui recevra les eaux de dénoyage. Par conséquent, il a fait l'objet d'une caractérisation détaillée à l'automne 2018 et à l'automne 2019. Les résultats sont présentés dans le rapport de Wachiih (2018) à l'annexe C et dans le rapport de DDM (2019) à l'annexe D.

À défaut de données plus précises, les données provenant de la station de mesure sur la rivière Broadback ont été utilisées pour établir les statistiques de débit du ruisseau sans nom. Ainsi, les informations de débit disponibles depuis 1972 ont été utilisées pour évaluer les débits moyens, minimums et maximums à l'embouchure du lac A. Les données utilisées, tirées du site du CEHQ sont présentées à l'annexe E. Les tableaux 4.4 et 4.5 présentent les informations statistiques mensuelles et les débits spécifiques pour la rivière Broadback. La figure 4.3 montre le régime d'écoulement de la rivière Broadback.

Tableau 4.4 Statistiques des débits mensuels moyens de la rivière Broadback

de la station : 080809
Localisation : À la sortie du lac Quénonisca
Bassin versant à la station : 9 855 km^2
Régime d'écoulement : naturel

Mois	Débits mensuels moyens (m^3/s)	Débits mensuels maximals (m^3/s)	Débits mensuels minimals (m^3/s)
Janvier	97,29	170,6	50,3
Février	72,82	117,1	41,9
Mars	60,13	91,09	37,0
Avril	100,9	620,0	40,5
Mai	377,0	759,8	61,6
Juin	293,6	765,0	79,1
Juillet	220,1	441,8	78,6
Août	183,0	497,2	75,1
Septembre	188,1	451,1	75,3
Octobre	219,4	451,0	106,2
Novembre	202,9	375,3	93,7
Décembre	141,8	258,5	69,5

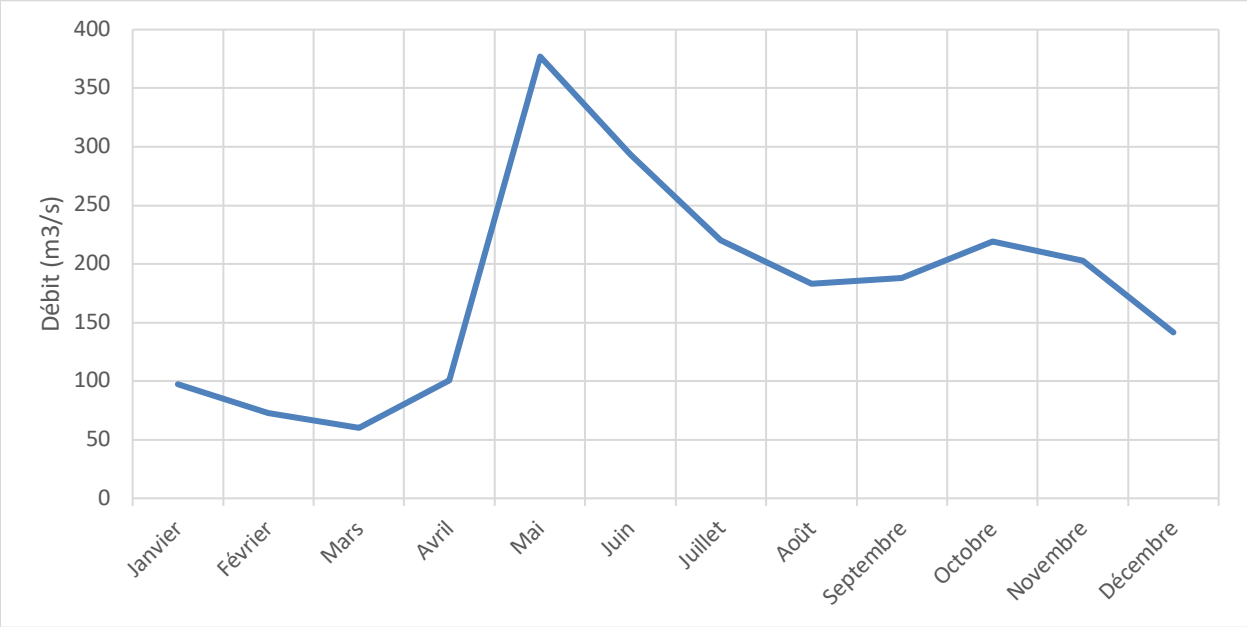


Figure 4.3 Régime d'écoulement de la rivière Broadback

Tableau 4.5 Débits spécifiques associés à la rivière Broadback (bassin versant de 9 855 km²)

Mois	Débits mensuels moyens ($m^3/s/km^2$)	Débits mensuels maximals ($m^3/s/km^2$)	Débits mensuels minimals ($m^3/s/km^2$)
Janvier	0,00987215	0,01731101	0,00510401
Février	0,00738914	0,01188229	0,00425165
Mars	0,00610147	0,00924302	0,00375444
Avril	0,01023846	0,06291223	0,00410959
Mai	0,03825469	0,07709792	0,00625063
Juin	0,02979198	0,07762557	0,00803044
Juillet	0,02233384	0,04483004	0,00797260
Août	0,01856925	0,05045155	0,00762050
Septembre	0,01908676	0,04577372	0,00764079
Octobre	0,02226281	0,04576357	0,01077626
Novembre	0,02058853	0,03808219	0,00950786
Décembre	0,01438864	0,02623034	0,00705226

À partir des débits spécifiques de la rivière Broadback, les débits mensuels moyens, maximaux et minimaux ont été calculés pour le ruisseau sans nom dont le bassin versant est de 39,67 km^2. Les débits sont présentés au tableau 4.6.

En 2009, Genivar a fait une étude hydrologique du site minier dans le cadre de la mise à jour du dernier plan de fermeture. L'étude hydrologique et hydrogéologique, présentée à l'annexe I, a présenté les débits de crue pour les récurrences 2, 10, 25, 50 et 100 ans. Les résultats sont présentés au tableau 4.7. Il est mentionné que le débit associé à la crue d'une récurrence de 2 ans pourrait être utilisé pour déliminer la ligne des hautes eaux. Il serait donc possible que le débit de 4,5 m3/s amène le ruisseau sans nom à la cote correspondant à la ligne des hautes eaux. Des mesures faites sur le terrain en 2019 nous laissent croire que ce débit serait peut-être un peu trop élevé et que dans les faits, la ligne des hautes eaux seraient atteintes à un débit inférieur. La précision des mesures de terrain couplée à l'incertitude des analyses statistiques permettent de croire que le débit de crue de récurrence de 2 ans seraient compris entre des valeurs d'environ 2,3 à 4,5 m^3/s.

Tableau 4.6 Débits calculés pour le ruisseau sans nom

Mois	Débits mensuels moyens (m^3/s)	Débits mensuels maximals (m^3/s)	Débits mensuels minimals (m^3/s)
Janvier	0,392	0,687	0,202
Février	0,293	0,471	0,169
Mars	0,242	0,367	0,149
Avril	0,406	2,496	0,163
Mai	1,518	3,058	0,248
Juin	1,182	3,079	0,319
Juillet	0,886	1,778	0,316
Août	0,737	2,001	0,302
Septembre	0,757	1,816	0,303
Octobre	0,883	1,815	0,427
Novembre	0,817	1,511	0,377
Décembre	0,571	1,041	0,280

Tableau 4.7 Débit de crue associé à différentes périodes de récurrence à l'exutoire du lac A (adapté de Genivar 2009)

Récurrence	Débit de crue (m^3/s)
2 ans	4,5
10 ans	6,2
25 ans	6,8
50 ans	7,4
100 ans	7,8

Débit d'étiage

Les débits d'étiage ont été estimés à partir de la méthode proposée par le CEHQ[3]. Le site Troilus est situé dans le nord du Québec dans la région 08. Ainsi, les équations pour le calcul des débits d'étiage sont les suivantes avec le débit exprimé en l/s et les superficies en km^2 :

Hivernal :

$Q_{2\text{-}7} = 3{,}96\text{x}10^{-5}\ S^2 + 1{,}65S$

$Q_{10\text{-}7} = 4{,}30\text{x}10^{-5}\ S^2 + 0{,}81S$

$Q_{5\text{-}30} = 4{,}10\text{x}10^{-5}\ S^2 + 1{,}10S$

Estival :

$Q_{2\text{-}7} = 1{,}02\text{x}10^{-4}\ S^2 + 4{,}05S$

$Q_{10\text{-}7} = 9{,}99\text{x}10^{-5}\ S^2 + 1{,}79S$

$Q_{5\text{-}30} = 8{,}83\text{x}10^{-5}\ S^2 + 3{,}83S$

Avec S = superficie du bassin versant en m^2 et Q est le débit en m/s.

Les débits d'étiage pour différentes récurrences et conditions sont présentés au tableau 4.8.

[3] MDDELCC, Estimation des débits d'étiage pour le nord du Québec, solution à court terme, janvier 2017, 11 p.

Tableau 4.8 Statistiques des débits d'étiage pour le ruisseau sans nom à l'embouchure du lac A

Récurrence	Débit (l/s)	Débit (m^3/s)
Hivernal		
Q_{2-7}	65,52	0,066
Q_{10-7}	32,30	0,032
Q_{5-30}	43,70	0,044
Estival		
Q_{2-7}	160,70	0,16
Q_{10-7}	71,17	0,07
Q_{5-30}	152,08	0,15

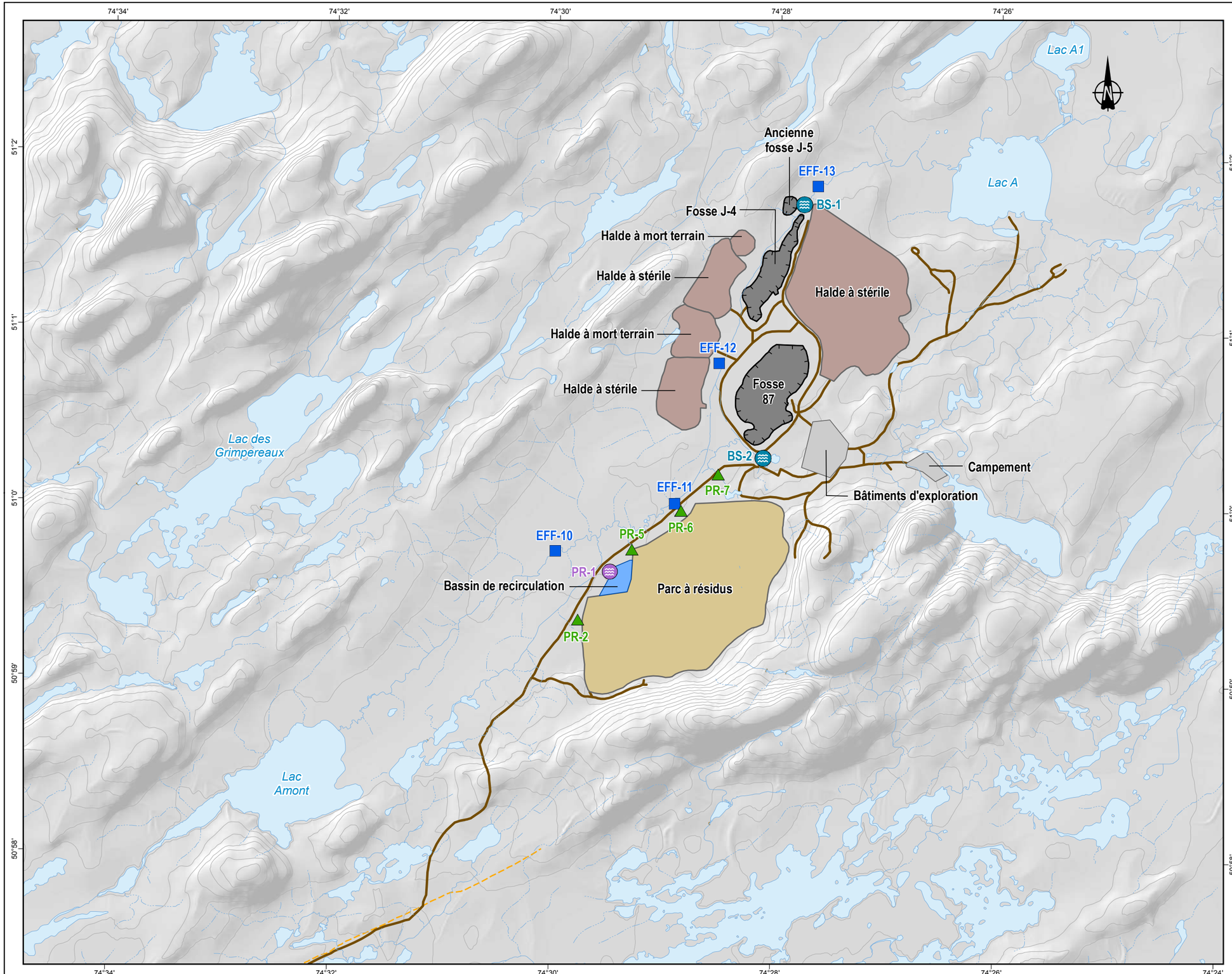
Bathymétrie des lacs

La firme Wachiih a procédé à la bathymétrie des lacs A et B en 2018. Les résultats de la bathymétrie sont présentés dans leur rapport à l'annexe F.

Qualité des eaux de surface

Pendant l'opération, les stations EFF10, EFF11, EFF12 et EFF13 étaient échantillonnées régulièrement dans le cadre des suivis pour les ESEE du Règlement sur les effluents des mines de métaux (REMM) et les suivis provinciaux. Les stations sont situées dans le ruisseau sans nom qui circule sur le site minier entre les lacs Amont et A. Le point EFF-10 est situé en amont du site minier et consitue un point de référence. Le point EFF-11 est situé après le parc à résidus et il permet de mesurer l'effet du rejet des eaux du parc sur le ruisseau. Le point EFF-12 est situé à la hauteur de F87 et permet de mesurer l'effet du parc et du dénoyage des fosses à l'époque. Enfin, le point EFF-13 permet de connaitre les effets de l'ensemble du site minier sur le milieu récepteur. Plusieurs données historiques sont disponibles et sont présentées dans les rapports de Genivar (2009 et 2010). La figure 4.4 montre la localisation des stations d'échantillonnage et des points de rejet lorsque la mine était en opération.

Le suivi de la qualité de l'eau des effluents et sur le ruisseau sans nom ainsi que dans le lac A situé en aval du projet a permis de mettre en évidence d'abord que la mine rencontrait les exigences des critères de rejet de la Directive 019 et du Règlement sur les Effluents des Mines de Métaux pendant les années d'opération. Les mesures de suivi dans le milieu ont permi de constater que les effluents de la mine ont occasionné une augmentation de l'alcalinité, de la dureté, de la conductivités, du pH, et des concentrations en arsenic, azote ammoniacal, cadmium, cuivre, molybdène, nickel, nitrates, radium 226 et zinc (Genivar 2009). Le détail des effets sur le milieu récepteur est présenté dans les rapports sur les ESEE publiés par Genivar en 2009 et 2010.



COMPOSANTES DU PROJET

- Fosse
- Halde
- Parc à résidus
- Bassin
- Bâtiment ou campement
- Chemin

EFFLUENTS

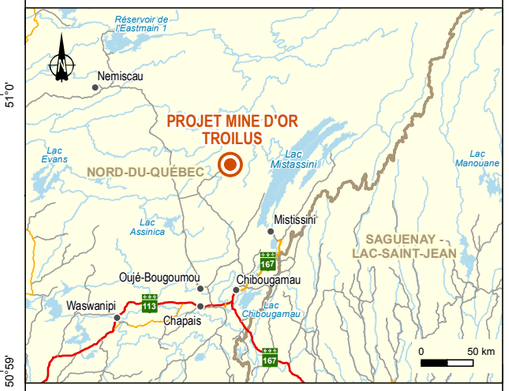
- Effluent actif
- Ancien effluent
- Exfiltration du parc à résidus

STATION D'ÉCHANTILLONNAGE

- Station d'échantillonnage de l'eau

MILIEUX AQUATIQUES

- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent



TROILUS

PROJET TROILUS
Étude d'impact
Dénoyage des fosses 87 et J-4

Localisation des effluents et des stations d'échantillonnage en période d'opération

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Composantes du projet, Troilus, 2019

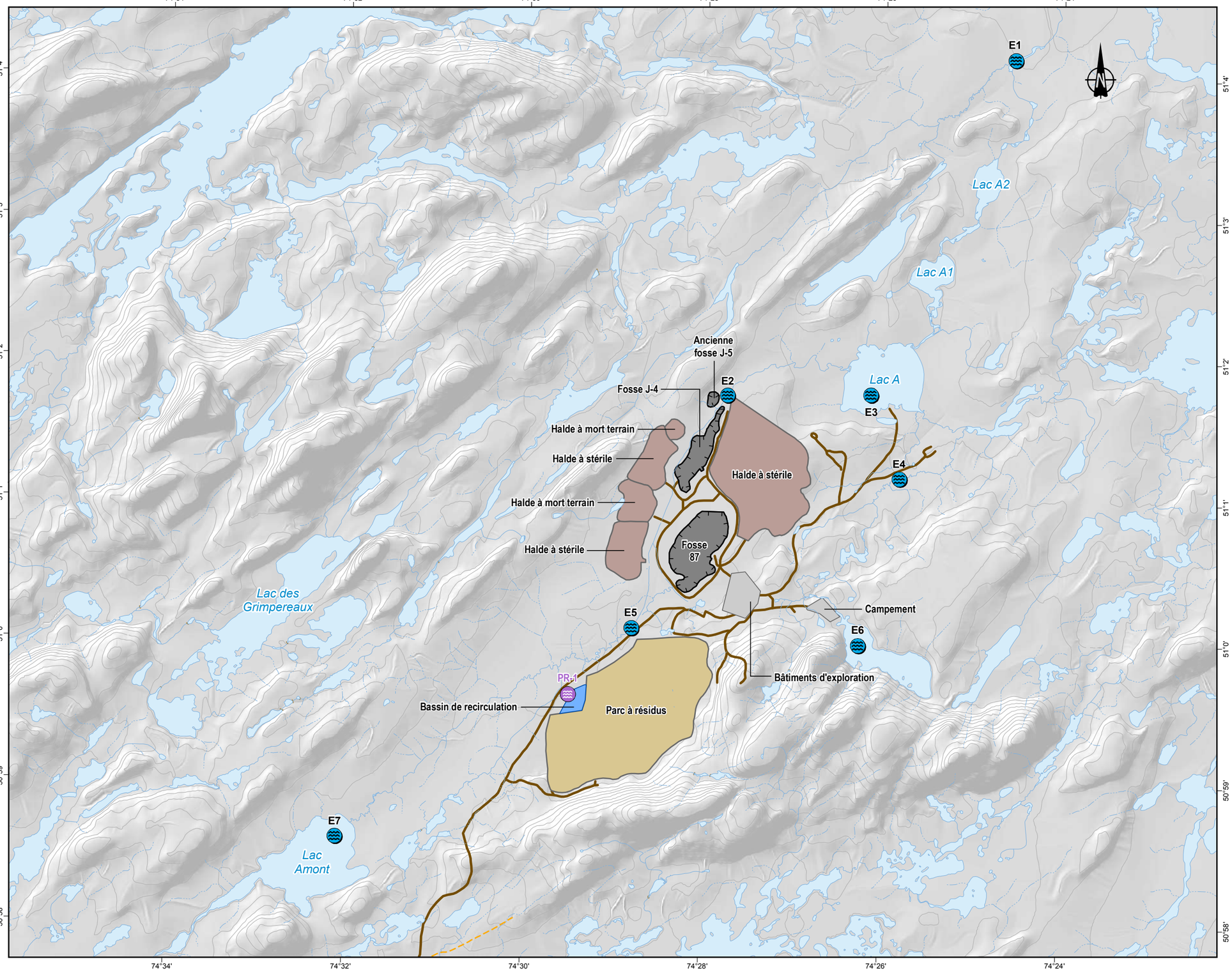
Projet : 19-1406 Troilus
Fichier : 19-1406_f4-4_dd_effluent_station_troilus_191125.mxd

0 400 800 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019 | **Figure 4-4**

Récemment, Troilus a entrepris de faire une étude de caractérisation du site minier afin de définir l'état de référence dans l'éventualité où le site minier serait remis en exploitation. Des échantillonnages ont été réalisés à différents endroits sur la propriété notamment aux points montrés sur la figure 4.5. Ainsi, les points E1 à E7 sont échantillonnés mensuellement et les paramètres analysés ainsi que les résultats sont présentés à l'annexe G. Dans le cas du dénoyage des fosses, c'est le point d'échantillonnage E2 qui est situé le plus près du point de rejet qui sera utilisé pour évaluer les effets de l'ajout des contaminants dans le milieu récepteur.



COMPOSANTES DU PROJET

- Fosse
- Halde
- Parc à résidus
- Bassin
- Bâtiment ou campement
- Chemin

EFFLUENT

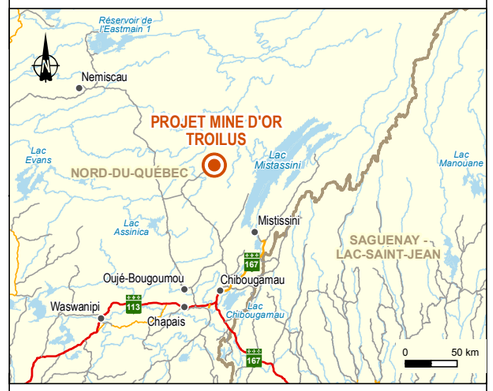
- Effluent actif

QUALITÉ DE L'EAU

- Station d'échantillonnage de l'eau
- E2 — Numéro de la station d'échantillonnage

MILIEUX AQUATIQUES

- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent



TROILUS

PROJET TROILUS
Étude d'impact
Dénoyage des fosses 87 et J-4

Localisation des stations d'échantillonnage d'eau de surface

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Composantes du projet, Troilus, 2019

Projet : 19-1406 Troilus
Fichier : 19-1406_f4-5_dd_station_eau_surface_troilus_191125.mxd

0 500 1 000 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019 | **Figure 4-5**

Les analyses au point E2 permettent de mettre en évidence l'influence du site minier sur la qualité des eaux du ruisseau sans nom. Le tableau 4.9 montre l'évolution des concentrations le long du parcours de l'eau entre le lac Amont et le point le plus éloigné du site (E1). Les concentrations au mois d'août ont été retenues. Les critères CVAC ont été estimés avec une dureté de 18 mg/l, dureté que l'on retrouve au site E2 où les concentrations en paramètres sont les plus élevés.

Certains paramètres n'ont pas été analysés au cours des échantillonnages, notamment le mercure. Une nouvelle campagne d'échantillonnage est prévue pour le début de novembre et cette campagne incluera une mesure des débits en même temps que la prise des échantillons.

Tableau 4.9 Qualité de l'eau à différents endroits le long du ruisseau sans nom

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet chronique)	Résultats analytiques				
			Lac amont	Hauteur du PAR	Aval du site	Lac A	Environ 11 km en aval du site
Échantillon		**CVAC**	**E7**	**E5**	**E2**	**E3**	**E1**
Date			19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13
MÉTAUX							
Aluminium (Al)	µg/l	**87**	85	160	200	88	230
Antimoine (Sb)	µg/l	**240**	0,017	0,052	0,067	0,068	0,047
Argent (Ag)	µg/l	**0,1**	0,0031	0,0053	0,0055	<0,0030	0,017
Arsenic (As)	µg/l	**150**	0,24	0,29	0,3	0,23	0,19
Baryum (Ba)	µg/l	**75**	3	7,4	8,6	7,4	7,9
Béryllium (Be)	µg/l	**0,036**	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	0,023
Bore (B)	µg/l	**5000**	1,6	3,7	5	4,5	2,1
Cadmium (Cd)	µg/l	**0,08**	0,0085	0,019	0,27	0,071	0,048
Calcium (Ca)	µg/l	--	2200	5200	11000	9700	3700
Chrome (Cr) VI	µg/l	**11**	0,22	0,6	0,7	0,35	0,46
Cobalt (Co)	µg/l	**100**	0,05	0,19	2,4	0,36	0,26
Cuivre (Cu)	µg/l	**2,3**	1	2,6	7,5	3,6	2,7
Fer (Fe)	µg/l	**1300**	110	390	450	200	410
Magnésium (Mg)	µg/l	--	160	370	770	670	410
Manganèse (Mn)	µg/l	**450**	5,8	20	41	15	11
Molybdène (Mo)	µg/l	**3200**	0,061	0,37	0,44	0,49	0,1
Nickel (Ni)	µg/l	**13**	0,2	0,69	9,2	3,2	0,92
Plomb (Pb)	µg/l	**0,38**	0,087	0,25	0,26	0,099	0,22

		Critères protection de la vie aquatique (effet chronique)	Résultats analytiques				
			Lac amont	Hauteur du PAR	Aval du site	Lac A	Environ 11 km en aval du site
Échantillon	**Unités**	**CVAC**	**E7**	**E5**	**E2**	**E3**	**E1**
Date			19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13
Potassium (K)	µg/l	--	400	1500	2100	1900	450
Sélénium (Se)	µg/l	**5**	<0,050	<0,050	<0,050	0,067	<0,050
Sodium (Na)	µg/l	--	370	1500	1700	1900	660
Strontium (Sr)	µg/l	**21000**	5,9	16	28	28	16
Uranium (U)	µg/l	**dureté hors limite**	0,018	0,045	0,11	0,15	0,065
Vanadium (V)	µg/l	**12**	0,1	0,33	0,41	0,16	0,37
Zinc (Zn)	µg/l	**28**	1,3	4,4	96	26	11
Dureté totale (CaCO3)	µg/l		5400	15000	30000	27000	11000
CONVENTIONNELS							
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/l	f(pH,T)	0,043	<0,020	<0,020	0,11	0,031
Carbone organique dissous	mg/l	--	8,4	14	21	9,1	18
Conductivité	mS/cm	--	0,013	0,047	0,093	0,085	0,033
Cyanures Totaux	mg/l	0,005	-	<0,0030	<0,0030	<0,0030	-
Fluorure (F)	mg/l	0,2	0,02	0,027	0,032	0,049	0,02
pH	pH	6,5 à 9,0	6,82	6,56	6,48	6,93	5,26
Turbidité	NTU	--	0,7	1,6	2,8	1,4	0,76
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/l	--	3,2	5,3	6,2	7,5	1,4
Chlorures (Cl)	mg/l	230	0,17	0,7	0,61	0,73	0,2
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/l	0,02	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Sulfates	mg/l	500	0,8	11,6	30,9	26,9	10,1
Solides dissous totaux	mg/l	--	41	62	120	63	120
Matières en suspension (MES)	mg/l	--	<0,59	0,97	0,32	<0,74	<0,21

Les CVAC ont été calculés avec une dureté de 18 mg/l

Il est intéressant de remarquer que naturellement, la dureté du milieu est très faible. Le lac Amont présente une dureté de seulement 5,4 mg/l et cette dureté a également été mesurée à d'autres endroits non influencés par la présence de l'ancienne mine et des valeurs aussi faibles que 3,6 mg/l

ont été mesurées dans le lac B et de 5,5 mg/l dans un cours d'eau entre les lacs A et B. Il semble donc évident que la présence du site minier amène des éléments qui augmentent la dureté de l'eau, notamment une concentration des minéraux calciques et magnésiques. La tendance est assez constante pour tous les éléments c'est-à-dire qu'au niveau du site minier, les concentrations augmentent par rapport à la situation en amont mais s'estompent au fur et à mesure que des eaux fraîches alimentent le ruisseau et diluent les apports de contaminants de sorte que rendu au niveau du point de suivi E1, les conditions sont à peu près revenues telles qu'elles le sont au Lac Amont.

Autre point important, la qualité de l'eau au niveau du site minier (point E2) est actuellement affectée par la présence du site et certains critères sont au-delà des critères de qualité des eaux de surface (CVAC) notamment pour l'aluminium, le cadmium, le cuivre et le zinc. Ceci est un paramètre important car il faudra s'assurer que le dénoyage des fosses ne viendra pas contribuer à augmenter la concentration de ces contaminants dans le ruisseau sans nom.

Gémorphologie du ruisseau sans nom et des lacs A, A1 et A2

La firme PolyGéo a été mandatée afin de réaliser la photo-interprétation des matériaux de surface le long des rives du ruisseau sans nom et des trois lacs qui croisent son parcours avant son rejet dans une rivière plus importante à environ 14 km en aval du site minier. Le rapport est fourni à l'annexe H. Ce rapport présente les résultats de façon détaillée et ne seront pas présentés dans cette section pour éviter des répétitions.

Hydrogéologie

Les informations sur l'hydrogéologie ont été tirées de l'annexe 2 du plan de restauration préparé par Genivar en 2009. Le rapport est présenté à l'annexe I. À cette époque, une revue des conditions avant et pendant l'opération a été réalisée dans le but d'estimer le temps de remplissage des fosses à la fin de la période de dénoyage. Seules les informations générales sont présentées ici.

Deux unités géologiques distinctes correspondant à deux unités hydrogéologiques sont observées au site à savoir le till et le roc. Les conductivités hydrauliques des principales sous-unités sont les suivantes (Genivar, 2009) :

- sous-unité du sable, épaisseur moyenne de 4,0 m et conductivité hydraulique médiane de 1,7 x 10^{-5} m/s, épaisseur saturée moyenne nulle près de la fosse 87;
- sous-unité du till, épaisseur moyenne de 6,0 m et conductivité hydraulique médiane de 6,8 x 10^{-6} m/s, épaisseur saturée moyenne de près de 5,0 m près de la fosse 87;
- unité du roc à l'intérieur d'une distance de 1 000 m des murs de la fosse 87 et par association de la fosse J4, conductivité hydraulique médiane de 6,0 x 10^{-7} m/s;
- unité du roc à plus de 1 000 m des fosses, conductivité hydraulique médiane de 3,7 x 10^{-7} m/s.

La piézométrie en avant-projet montrait une direction globale d'écoulement vers le nord suivant le réseau d'écoulement de surface. L'écoulement, dans le secteur des fosses était orienté vers le NE sous un gradient de 0,5 à 1 %. La piézométrie a été suivie en cours de projet dans deux groupes séparés de puits d'observation et puits, soit dans le cadre du suivi environnemental et dans le cadre du suivi des pressions d'eau aux fins d'analyse géomécanique à la fosse 87. Le dénoyage de la fosse 87 semble avoir influencé graduellement la piézométrie de l'aquifère de surface; l'élévation de l'eau dans l'aquifère du roc s'est abaissée de 35 à 100 m selon les endroits pendant l'opération. Ces valeurs ont été observées dans des piézomètres.

4.1.2 Milieu biologique

Seules les composantes qui sont susceptibles de subir des modifications par le dénoyage des fosses ont fait l'objet d'inventaires spécifiques au cours des années 2018 et 2019. Il s'agit de la végétation et des milieux humides puis des poissons et de leurs habitats.

Végétation

La description de la végétation et des milieux humides s'appuie en bonne partie sur les résultats de la photo-interprétation 3D et de l'inventaire floristique qui ont été réalisés par la firme Wachiih dans le secteur d'étude. L'inventaire de la végétation, réalisé dans la semaine du 7 juillet 2019, s'est concentré surtout le long de l'affluent du lac A et en bordure de ce plan d'eau. Les relevés ont porté principalement sur les milieux humides, les milieux riverains, les plantes rares et les espèces exotiques envahissantes.

Les bases de données suivantes ont également été consultées pour compléter l'inventaire préliminaire de la végétation de la zone d'étude :

- Cartographie des milieux humides potentiels (MELCC);
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ);
- Système d'information écoforestière (SIEF – 4e décennal).

Au total, quatre stations d'échantillonnage ont été réalisées dans le secteur d'étude à l'aide de points d'observation les plus représentatifs possibles du milieu dont deux dans la bande riveraine de l'affluent du lac A et deux dans les milieux adjacents à ce plan d'eau (figure 4.6). Dans chaque point d'observation, le recouvrement des espèces des strates arborescente, arbustive, herbacée et muscinale a été respectivement évalué dans des placettes de 400 m^2 (placette circulaire de 11,28 m de rayon), de 100 m^2 (placette circulaire d'un rayon de 5,64 m), de 25 m^2 (quadrat de 5 m x 5 m) et de 1 m^2 (quadrat de 1 m x 1 m) (MDDEP, 2012). Le recouvrement des différents taxons (pourcentages absolus et relatifs) a été noté par strate. Le statut hydrique de chaque espèce a également été indiqué afin de déterminer la dominance des espèces facultatives (FACH) ou obligées (OBL) des milieux

humides comparativement aux espèces jugées non indicatrices (NI) de ces milieux (Bazoge et coll., 2015).

Appartenant à la zone de végétation boréale, et plus particulièrement à la sous-zone de la forêt boréale continue, la zone d'étude fait partie du domaine bioclimatique de la pessière à mousses, sous-domaine de l'Ouest.

74°36' 74°34' 74°32' 74°30' 74°28' 74°26' 74°24' 74°22'

51°4' 51°3' 51°2' 51°1' 51°0' 50°59' 50°58'

Lac A2
Lac A1
Lac A
Lac des Grimpereaux
Lac Amont

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

Station d'inventaire
Station d'inventaire (étude d'impact du dénoyage des fosses)

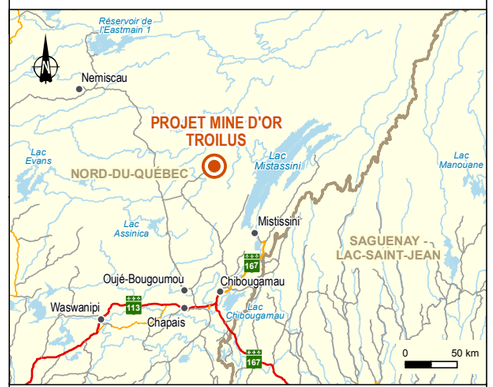
MILIEUX FORESTIERS
- Feuillu jeune
- Feuillu mature
- Résineux jeune
- Résineux mature
- Mélangé jeune
- Mélangé mature
- Régénération

MILIEUX FORESTIERS PERTURBÉS
- Coupe récente

MILIEUX HUMIDES
- Milieu humide (eau peu profonde, marais,marécage arbustif, tourbière boisée, tourbière ouverte, tourbière réticulée)

AUTRE MILIEU
- Anthropique
- Dénudé sec

MILIEUX AQUATIQUES
- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent



TROILUS

PROJET TROILUS
Étude d'impact
Dénoyage des fosses 87 et J-4

Végétation et stations d'inventaire

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Composantes du projet, Troilus, 2019

Projet : 19-1406 Troilus
Fichier : 19-1406_f4-6_dd_vegetation_troilus_191125.mxd

0 550 1 100 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019

Figure 4-6

Milieux humides

Une première validation de la présence de milieux humides dans la zone d'étude a été effectuée à l'aide de photos-aériennes géoréférencées (photo-interprétation 3D) auxquelles ont été combinées les informations de la base de données de la cartographie des milieux humides potentiels du MELCC (2018). La présence de milieux humides a par la suite été validée le long de l'affluent du lac A et en bordure de ce plan d'eau lors des relevés du début juillet 2019. Les milieux humides présents ont été caractérisés et délimités précisément selon les méthodes décrites dans les guides du MELCC (MDDEP, 2012; Bazoge et coll., 2015) et du MERN (MRN, 1994). Ils ont été classés selon les différentes catégories reconnues par le MELCC : étang (eau peu profonde), marais, marécage, tourbière, complexe et mosaïque (Bazoge et coll., 2015).

Les milieux humides ont été documentés par les relevés de végétation dont la méthodologie de cueillette de données a été décrite précédemment ainsi que par la rédaction de fiches de caractérisation comprenant diverses données, telles que le type de sol, la classe de drainage, la présence de mouchetures, l'hydropériodicité, les indices de perturbations, les signes d'utilisation faunique, la présence d'espèces en situation précaire (EMVS) et la présence d'espèces exotiques envahissantes (EEE).

Les milieux humides présents le long de l'affluent du lac A, en bordure de ce plan d'eau, et plus en aval jusqu'à l'exutoire sont essentiellement des étendues de tourbières ouvertes et boisées formant de grands complexes (figure 4.6). Il est à noter qu'aucun milieu humide n'est répertorié dans la bande riveraine de la partie amont (redressée et enrochée) de l'affluent du lac A.

Les principales fonctions écologiques de ces complexes de milieux humides tourbeux, non dégradés, sont la régulation du niveau d'eau (rétention et évaporation d'eau, rechargement de la nappe phréatique), la séquestration du carbone (puits de carbone) et la conservation de la diversité biologique, car les tourbières supportent des communautés végétales spécifiques. Il s'agit aussi d'habitats propices pour la faune et leur frange riveraine constitue un habitat favorable notamment à l'orignal, aux mammifères semi-aquatiques, aux oiseaux des milieux ripariens ainsi qu'à l'herpétofaune.

Tourbières ouvertes

D'importantes superficies de tourbières ouvertes sont présentes dans le pourtour du lac A ainsi qu'en bordure du lac A1 (figure 4.7). Ces tourbières croissent sur des sols organiques de plus de 30 cm d'épaisseur où les conditions de drainage sont très mauvaises (classe 6). Le cortège floristique y est dominé par les espèces suivantes : cassandre caliculé, canneberge commune, thé du Labrador, chicouté, carex oligosperme, linaigrettes, smilacine trifoliée et sphaignes. Quelques tiges dispersées d'épinette noire au stade arbustif y sont également présentes.

Tourbières boisées

Les tourbières boisées se concentrent de part et d'autre de l'affluent du lac A de même qu'en bordure du cours d'eau reliant ce plan d'eau au lac A1 (figure 4.8). Elles reposent sur des sols organiques où les conditions de drainage varient de mauvaise (classe 5) à très mauvaise (classe 6). Dans la partie riveraine de ces tourbières, la strate arborescente est composée d'épinette noire et de mélèze laricin. L'étage arbustif y est dominé par ces deux mêmes espèces, l'aulne rugueux, le myrique baumier et le cassandre caliculé. Les principales espèces de plantes herbacées présentes sont le carex trisperme et la smilacine trifoliée. La strate muscinale y est dominée par les sphaignes.



Figure 4.7 Tourbière ouverte en bordure du lac A



Figure 4.8 Tourbière boisé typique

Milieux riverains

La végétation riveraine de la partie amont (redressée et enrochée) de l'affluent du lac A est arbustive. Elle est constituée principalement d'aulne rugueux d'environ 3 m de hauteur. L'espèce y forme des bandes uniformes et continues d'environ 3,5 m de largeur sur chaque rive. Parmi les autres espèces végétales répertoriées dans la bande riveraine et le littoral de ce tronçon du cours d'eau, il y a notamment le myrique baumier, la spirée à larges feuilles, le lycope d'Amérique, la violette pâle, le jonc épars, le calamagrostide du Canada, la prêle fluviatile et le rubanier flottant.

En aval sur ce tributaire, le long des autres cours d'eau de la zone d'étude et en bordure des lacs A, A1 et A2, les berges se caractérisent généralement par la présence d'un couvert arborescent plus ou moins dense d'épinette noire et de mélèze laricin dans les zones humides tourbeuses. Dans les zones sèches sur dépôts de till, on y trouve plutôt quelques tiges dispersées de pin gris et d'épinette noire. L'étage arbustif dans les bandes riveraines sur station humide est dominé par l'aulne rugueux, le myrique baumier et la spirée à larges feuilles. Sur station sèche, on note la présence surtout d'éricacées (kalmia à feuilles étroites, thé du Labrador et cassandre caliculé). La strate herbacée sur les rives humides comporte principalement des carex, des joncs et du calamagrostide du Canada. Cette strate est généralement absente sur station sèche.



Figure 4.9 Végétation riveraine de l'affluent du lac A en amont de la fosse J4 (aulne rugueux)



Figure 4.10 Végétation riveraine de l'affluent du lac A (à mi-chemin entre la fosse J4 et l'embouchure du lac A) composée d'épinettes noires, de mélèzes larcinis, d'aulnes rugueux et de myriques baumier



Figure 4.11 Végétation riveraine à l'embouchure du l'affluent du lac A (mélèze, aulne rugueux et myrique baumier)



Figure 4.12 Végétation arbustive à dominance d'éricacées sur station sèche en rive sud du lac A

Espèces floristiques à statut précaire

Une demande d'information a été adressée à la direction régionale du MELCC le 15 janvier 2019 afin de valider si des occurrences d'espèces floristiques en situation précaire sont recensées par le CDPNQ dans la zone d'étude. Des validations de la présence des plantes vasculaires figurant sur la liste des EMVS répertoriées par le CDPNQ dans la région ont par la suite été effectuées par recherche active le long de l'affluent du lac A et en bordure de ce plan d'eau lors des relevés de juillet 2019.

Après validation, le MELCC ne répertorie aucune occurrence d'espèce floristique en situation précaire à l'intérieur ou à proximité de la zone d'étude (CDPNQ, 2019). Aucune plante rare n'a été observée lors des inventaires floristiques de juillet 2019.

Espèces végétales exotiques envahissantes

La validation sur le terrain de la présence d'espèces exotiques envahissantes (EEE) a été effectuée simultanément aux autres relevés de végétation en tenant compte de la liste des EEE jugées prioritaires par le MELCC (2019).

Aucune espèce exotique envahissante n'a été observée lors des relevés de juillet 2019.

Ichtyofaune

Selon Genivar (2009), la majorité des habitats de bon potentiel pour l'ichtyofaune se concentrent au nord dans des plans tels que les lacs Domergue, Dompierre, Regnault, Moléon, Chatillon, Lezaï, De Maurès, Testard et Troilus. Les campagnes de suivi des milieux biophysiques et les études de suivi des effets sur l'environnement indiquent qu'on retrouve aussi des habitats de bon potentiel sur ou près de la propriété minière dans les lacs Amont, A et Boisfort. Les résultats des campagnes de pêches 2008 démontrent une forte présence de brochet, dorés, corégone et en moindre proportion de perchaude de lac et d'épinoches. Sur les plans d'eau environnants on retrouve de l'omble fontaine et du touladi. Les maîtres de piégeage pratiquent occasionnellement la pêche dans les lacs A et Amont.

Plus récemment, en 2018, la firme Wachiih a procédé à la caractérisation du ruisseau sans nom à partir du site minier jusqu'à environ 11 km plus en aval. Le rapport sectoriel est fourni à l'annexe C.

Dans ce rapport, les cours d'eau ont été divisés en segments homogènes, soit en segment où l'habitat (faciès d'écoulement et le type de substrat) est relativement uniforme. Lors de la caractérisation, les informations suivantes ont été recueillies : le type (classe) de substrat, et le faciès d'écoulement. Les deux derniers kilomètres du ruisseau ont été caractérisés par la firme DDM. Le rapport est présenté à l'annexe D. On montre à la figure 4.13, la localisation des tronçons homogènes sur tout le parcours du ruisseau.

Les segments ont aussi été caractérisés en termes de fonction d'habitat : alimentation, abri, alevinage et frayère. À l'aide du maître de trappe, Monsieur Kenny Awashish, la connaissance du terrain et le savoir traditionnel ont permis de confirmer et de bonifier les caractérisations menées par Wachiih.

Dans chacun des cours d'eau caractérisés, il y a présence de frayères potentielles ou confirmées. Les frayères sont identifiées à partir de la qualité des substrats uniquement. Des informations quant à la prodonfeur des frayères ou la vitesse d'écoulement de l'eau ne sont pas disponibles alors que ce sont des conditions essentielles afin de définir si le lieu est propice à la reproduction des poissons. Par ailleurs, sur les 14 frayères idenfiées par un substrat (Wachiih) seulement 3 ont été confirmées par le maître de trappe, monsieur Kenny Awashish. Ces habitats sensibles ont été pris en compte dans les scénarios de rejet des eaux de dénoyage.

SH-1 Chenal : Galet - Bloc - Vase
SH-2 Rapide : Bloc - Galet
SH-3 Chenal : Vase - Galet - Bloc - Gravier - Sable
SH-4 Rapide : Galet - Bloc
SH-5 Chenal : Vase - Sable - Gravier
SH-6 Rapide : Galet - Bloc - Sable
SH-7 Chenal : Vase - Sable - Gravier

Voir agrandissement pour localisation des segments homogènes

74°28' 74°26' 74°24'
51°5' 51°4' 51°3' 51°2' 51°1'

m 0 100 200 m

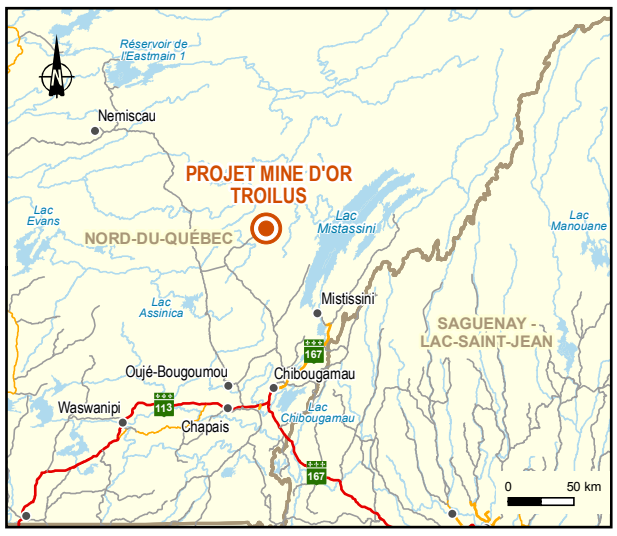
Ruisseau Sans Nom
Fosse J-4
Fosse 87
Lac A2
Lac A1
Lac A

MILIEUX AQUATIQUES

- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent
- PK 2 — Point kilométrique
- Sens d'écoulement

HABITAT DU POISSON

- Cours d'eau caractérisé
- 22 — Section transversale
- SH2 — Limite de segment homogène



[redacted]

PROJET TROILUS
Étude d'impact
Dénoyage des fosses 87 et J-4

Localisation des stations de section transversale et des segment homogènes

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Composantes du projet, Troilus, 2019

Projet : 19-1406 Troilus
Fichier : 19-1406_f4-13_dd_hab_poisson_troilus_191125.mxd

m 0 250 500 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019

Figure 4-13

4.1.3 Milieu humain

Utilisation du territoire (Genivar, 2009)

La zone concernée se situe en grande partie sur des terres du domaine public et en territoire conventionné de la Baie James. Sa gestion est partagée entre le ministère de l'Énergie et des s Ressources naturelles et de la Faune, la municipalité de la le gouvernement Eeyou Istschee Baie-James, la Corporation Nibiischii et la municipalité de Chibougamau et les diverses administrations autochtones concernées.

À l'exception de la partie sud et d'une portion vers l'est qui recoupe les terres de catégorie II de Mistissini, la zone concernée se situe dans deux réserves fauniques, soit celles des lacs Albanel-Mistissini-Waconichi et d'Assinica.

En 2002, la signature de la Paix des Braves vient confirmer la position des Cris et du Québec en regard des réserves fauniques de la région Nord-du-Québec. L'article 17 propose la création d'une corporation conjointe constituée de la Nation Crie de Mistissini et de la Sépaq, qui serait en charge de la gestion et des opérations de la réserve faunique AMW et de ses installations. Ainsi, un partnerariat entre la Nation crie de Mistissini et la Sépaq est signé en 2005 visant la cogestion de la réserve faunique AMW et la création du futur Parc National Albanel-Témiscamie-Otish.

C'est ainsi qu'en avril 2017 la gestion du territoire a enfin été entièrement confiée à la Nation crie de Mistissini via la Corporation Nibiischii. où l'on retrouve une pourvoirie sans droit exclusif opérant sur les lacs Troilus et Frotet. Dans ces réserves, la pêche sportive est strictement réglementée tandis que la chasse est interdite aux non-autochtones. Comme ailleurs dans la zone concernée, les exploitants autochtones y exercent leurs activités traditionnelles de prélèvement faunique en accord avec les dispositions du régime de chasse, de pêche et de piégeage, instauré par la Convention de la Baie-James et Nord québécois.

Plus précisémment, le bail minier de la mine Troilus est sur le territoire de trappe M-34 dont le maître de trappe est la famille Awashish. Ce territoire de trappe s'inscrit dans ceux de la communauté de Mistissini.

Infrastructure de transport (Genivar, 2009)

À la jonction du km 264 de la route 167 Nord, débute la route du Nord. La route d'accès au site débute au km 108 de cette route en gravier. Elle est d'une longueur de 44 km et sa surface de roulement est d'une largeur approximative de 7,5 m, à même une emprise totale de 30 m.

Consultations avec les Cris

Le site minier se situe à environ 195 km du village cri de la Communauté de Mistissini et à moins de 200 km des villes de Chapais et de Chibougamau. La route d'accès et la ligne électrique traversent des territoires bien identifiés à des maîtres de trappe. Troilus Gold a ouvert un bureau local a Mistissini et à Chibougamau pour assurer une communcation fluide entre la compagnie et les parties

prenantes. Troilus Gold tient régulièrement des activités d'information à Mistissini, et avec les représentants élus des communautés locales.

5. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

5.1 Assujettissement

Selon la Loi sur la qualité de l'environnement, article 153, le projet de dénoyage des fosses pouvait entrer dans la catégorie des projets obligatoirement assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts (annexe A, alinéa a). À la suite de l'analyse de la description du projet, le comité d'évaluation (COMEV) a décidé d'assujettir le projet à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. L'étude d'impact est donc transmise au comité d'examen (COMEX).

5.2 Calendrier de réalisation

Les travaux préparatoires requis pour le dénoyage des fosses commenceront dès l'obtention des permis. Les travaux préparatoires devraient durer au maximum 3 mois puis le pompage commencerait à ce moment. Il est prévu qu'un délai d'environ 1 à 2 ans serait requis pour vider les deux fosses au rythme proposé dans ce document.

5.3 Description sommaire du projet

Le projet consiste à vider les fosses 87 et J4 de leur eau et de rejeter l'eau dans le cours d'eau sans nom situé à l'ouest des fosses.

5.3.1 Géométrie des fosses

Les fosses 87 et J4 sont situées à environ 500 m l'une de l'autre. Elles sont toutes les deux de formes allongées et suivent l'axe de la minéralisation soit nord-est/sud-ouest. Les paramètres géométriques sont présentés au tableau 5.1.

Tableau 5.1 Paramètres géométriques des fosses (Genivar, 2009)

	Fosse J4	Fosse 87
Superficie au sol	226 255 m²	558 850 m²
Profondeur maximale	130 m	320 m
Dimension en surface	1 245 m x 305 m	1 150 m x 625 m
Dimension à la base	150 m x 70 m	400 m x 45 m
Hauteur des bancs	10 m	10 m
Angle des murs	52 à 55 degrés	52 à 55 degrés

5.3.2 Volume d'eau dans les fosses

Des relations entre le niveau d'eau dans les fosses et le volume qu'elles contiennent ont été déterminées à partir des données d'arpentage des fosses, (Genivar, 2009). Les équations qui ont

permis d'évaluer le volume de l'eau en fonction du niveau ont été développées à partir des courbes d'emmagasinement. Ces relations pour les deux fosses sont les suivantes (Genivar, 2009) :

Fosse 87 :

$$V = 953h^2 - 251\,552h + 17\,846\,601{,}9$$

Fosse J4 :

$$V = 2\,601{,}3h^2 - 1\,572\,776{,}3h + 237\,819\,018{,}8$$

À partir de ces équations, il est possible d'estimer le volume d'eau actuel en tenant compte de l'élévation de l'eau mesurée en septembre 2018.

Tableau 5.2 Volume d'eau dans les fosses en septembre 2018

	Fosse J4	Fosse 87
Niveau d'eau (m)	360	263
Volume (Mm³)	8,748	17,606

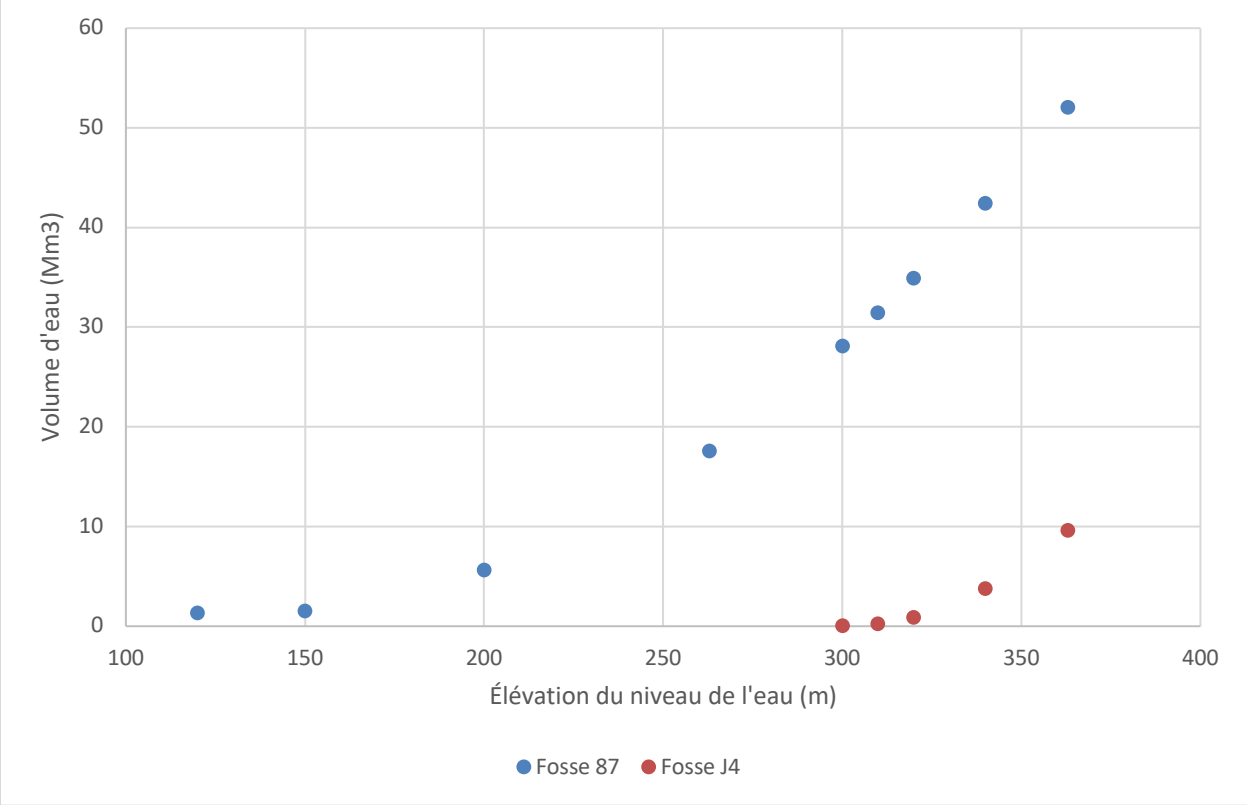


Figure 5.1 Relation entre le niveau de l'eau et le volume pour les fosses

5.3.3 Capacité du ruisseau sans nom

L'approche proposée par Troilus pour le dénoyage est d'optimiser la capacité du ruisseau sans nom à recevoir de l'eau tout en préservant les enjeux présentés dans la demande du MELCC datée du 3 juillet 2019. Pour arriver à déterminer le débit que le ruisseau peut recevoir, des études sur le terrain ont été réalisées pour connaitre les conditions géomorphologiques du ruisseau (annexe H) et une étude hydrologique a été réalisée afin de déterminer la vitesse et le niveau de l'eau à différentes sections du ruisseau en fonction du débit (annexes D et H). Un total de 57 sections ont été relevées et les simulations ont été faites sur toutes les sections. Ces simulations ont été obtenues à partir de données de terrain et de modélisations qui incluent plusieurs hypothèses. Des mesures sur le terrain pendant le dénoyage viendront confirmer les modélisations numériques et le débit de pompage sera ajusté au besoin de sorte à respecter les enjeux soulevés pour le dénoyage.

D'après les résultats obtenus, il a été estimé que le ruisseau sans nom serait capable de faire passer un débit très élevé jusqu'à environ 5 m^3/s avant d'observer des problèmes d'érosion (annexe H). Ce sont les substrats en lien avec les frayères pour l'omble de fontaine qui limitent le débit à cause des vitesses et de la profondeur de l'eau qui seraient atteintes à certains endroits. Le débit serait de l'ordre de 3,5 m^3/s au droit des sections les plus critiques. Lorsque le pompage de l'eau débutera, Troilus surveillera plusieurs secteurs en aval afin de s'assurer de conserver le niveau de l'eau adéquat. Le détail des mesures de suivis proposés est présenté à la section 10.

5.3.4 Détermination du débit de pompage

Les débits de pompage ont été estimés à partir de plusieurs intrants dont la majorité proviennent de modélisation :

- Les précipitations annuelles sont des moyennes estimées à partir de données statistiques de la station de Chapais;
- Le débit d'infiltration des eaux souterraines a été calculé à partir de considérations théoriques et des données de terrain de Genivar (2009);
- Le débit du ruisseau sans nom est extrapolé pour différentes conditions par transposition de bassins versants;
- Le volume d'eau dans les fosses est estimé à partir de courbe d'emmagasinement;
- Les vitesses d'écoulement et les profondeurs d'eau dans le ruisseau sans nom sont estimées à partir d'un modèle qui n'a pas été calibré et qui estime une vitesse moyenne sur une section d'écoulement.

À partir de ces intrants, un bilan d'eau mensuel a été fait en estimant un débit de pompage moyen mensuel qui varie en fonction du débit prévu dans le ruisseau sans nom préalablement fixé entre 2,5 et 3,5 m^3/s.

Les précipitations moyennes annuelles proviennent des données présentées à la section 4.1. Elles correspondent à un volume de 713 310 m^3 par année pour la fosse 87. Ce volume a été réparti sur une période de 6 mois considérant que pendant les autres 6 mois, l'eau est gelée. Le volume est de

322 400 m^3 par an pour la fosse J4 qui capte un bassin versant plus petit. Ce volume a aussi été considéré pour une période de 6 mois.

La démarche pour le calcul de l'infiltration provenant des eaux souterraines est la suivante. Les fosses 87 et J4 ont naturellement été remplies d'eau au cours des dernières années. Ainsi, les fractures étroites présentes dans le massif rocheux se sont donc remplies d'eau au fil des ans. Lorsque le dénoyage de ces deux fosses commencera, l'eau sera pompée, ce qui fera baisser le niveau d'eau dans les fosses. Lorsque cela se produit, l'eau dans la roche fracturée autour des périmètres des fosses s'écoulera et se dirigera dans les fosses pour créer ce qu'on appelle le rabattement de la nappe d'eau souterraine. Par conséquent, le pompage n'impliquera pas uniquement l'eau de la fosse mais également des eaux souterraines environnantes. L'apport d'eaux souterraines peut être important et aura un effet sur le temps pour que les fosses soient complètement asséchées.

Il existera en réalité deux stades d'arrivée des eaux souterraines lorsque l'on dénoiera les fosses . Le premier se produira pendant le pompage. Au fur et à mesure que le niveau d'eau dans la fosse diminuera et que de plus en plus d'eau sera drainée des fractures du massif rocheux en périphérie, des volumes relativement importants d'eau souterraine se dirigeront dans la fosse. Plus tard, lorsque les fosses auront été dénoyées pendant un certain temps, l'afflux d'eaux souterraines diminuera de manière significative pour atteindre un flux beaucoup plus «stable».

La roche entourant les fosses de Troilus est fracturée et présente une porosité effective de 0,015 (Genivar, 2009, annexe I). Cette faible porosité indique que la roche a une conductivité relativement faible, car seules les rares fractures transportent des eaux souterraines. Lorsque le niveau d'eau dans les fosses sera abaissé, les niveaux d'eau souterraine autour de la fosse peuvent diminuer rapidement et cette diminution (rabattement) peut s'étendre sur de longues distances pouvant se mesurer en kilomètres et ce en quelques mois à quelques années (Genivar, 2009, annexe I).

Sur la base de ces informations spécifiques au site, il est possible que les eaux souterraines drainées arrivent rapidement et de façon importantes à mesure que les niveaux d'eau dans les fosses seront abaissés. Afin de ne pas sous-estimer les temps de dénoyage, l'approche présentée dans les paragraphes suivants a été adoptée.

Pour chaque mètre de rabattement de l'eau dans les fosses pendant le dénoyage, on assume que le massif rocheux, autour du périmètre de la fosse, serait entièrement drainés sur une hauteur de 1 m en un mois, sur une distance de 2,5 km du mur de la fosse. En réalité, après une longue période de temps, un niveau d'eau souterraine stable existera entre le fond des fosses asséchées et la limite de l'aire de rabattement. Géométriquement, cela signifie que seulement la moitié de la roche entre ces deux points sera complètement asséchée. À partir de ces hypothèses, les débits d'infiltration ont été simulés selon les niveaux d'eau qui seront atteints pendant le dénoyage.

Le bilan hydrique inclut le déversement de près de 8 Mm^3 d'eau en provenance du parc à résidus. Ce volume est normalement rejeté sur une période de 6 mois entre les mois de juin et octobre.

Considérant tous les intrants, un modèle mathématique a été développé pour simuler différentes conditions de pompage. Ce modèle a été développé à l'aide d'un chiffrier excel et permet d'estimer les temps qu'il faudrait pour dénoyer les fosses selon différentes conditions. Quelques résultats obtenus avec le chiffrier sont présentés à l'annexe J. Il est important de mettre en perspective toutes ces valeurs qui sont basées sur plusieurs hypothèses. Elles permettent cependant de choisir un système de pompage qui répondrait à la gamme de débits qui pourraient être possible de pomper. À titre d'exemple, le tableau 5.3 montre des débits de pompage possibles compte tenus de différentes hypothèses retenues notamment pour les conditions d'écoulement du ruisseau sans nom. Le débit de pompage possible est le même pour les deux fosses puisque le débit est fonction de la capacité du ruisseau sans nom. C'est le temps de dénoyage qui sera plus long pour la fosse 87 puisque cette fosse possède un volume d'eau plus important à pomper. En respectant les débits de pompage du tableau 5.3, on s'assure que le ruisseau sans nom sera à débit constant durant toute la période de dénoyage. Il est important de préciser que ces débits sont présentés à titre indicatif et que ce n'est que sur le terrain qu'il sera possible de connaitre précisément les débits à partir des stations de mesures qui sont proposées. Pour l'estimation de ces débits, on a supposé que le ruisseau pouvait recevoir 3 m^3/s.

Tableau 5.3 Débits de pompage mensuels pour différentes conditions

Mois	Pompage année sèche (m^3/s)	Pompage année moyenne (m^3/s)	Pompage année humide (m^3/s)
Janvier	2,62	2,61	2,51
Février	2,68	2,71	2,65
Mars	2,73	2,76	2,73
Avril	2,26	2,59	2,60
Mai	1,75	0,97	0,29
Juin	2,06	1,30	0,73
Juillet	1,99	1,62	1,06
Août	1,90	1,75	1,52
Septembre	1,86	1,73	1,77
Octobre	1,97	1,60	1,76
Novembre	2,49	2,18	1,93
Décembre	2,36	2,43	2,21

Les débits présentés au tableau 5.3 sont des ordres de grandeur et le débit devra être ajusté plus précisément au moment du début du dénoyage. Troilus Gold va mettre en place des suivis sur le terrain afin de s'assurer de respecter les enjeux définis par le ministère. Par conséquent, plusieurs scénarios sont envisagés en fonction de la réponse du milieu récepteur au surplus d'eau qui sera rejeté. Des exemples de possibilités sont :

- Dénoyer la fosse J4 rapidement (moins de 2-3 mois) avec un fort débit pour éviter des impacts d'une durée plus longue. Le débit devrait toujours permettre de s'assurer que les rives du ruisseau ne subiraient pas d'érosion et que les frayères seraient conservées. À la suite du

dénoyage de J4, une pause de 6 à 8 mois pourrait permettre au milieu récepteur de retrouver des conditions normales et permettre par exemple, à la végétation dans les milieux humides de croitre au-dessus de l'eau;

- Dénoyer les fosses J4 et 87 plus lentement afin d'éviter aux plantes dans les milieux humides d'être entièrement submergées;
- Dénoyer avec un débit moyennement important et éviter le pompage l'hiver si cela devait empêcher le lac A de geler suffisament et affecter les activités traditionnelles sur le lac;
- Éviter le dénoyage entre mai et août pour ne pas affecter la végétation mais dénoyer avec un fort débit entre septembre et décembre pour reprendre l'année suivante.

Ce ne sont que des exemples de scénarios possibles et à ce stade-ci, il est difficile de définir lequel permettrait de concilier la capacité du milieu récepteur à recevoir de l'eau tout en permettant aux utilisateurs du territoire de jouir de leurs activités traditionnelles. Troilus Gold s'engage à dénoyer les fosses dans le plus grand respect des enjeux soulevés et des parties prenantes.

Dès le début du dénoyage, des inspections quotidiennes seront réalisées le long du ruisseau sans nom principalement entre le site minier et le lac A. Le débit sera augmenté progressivement en fonction de la réponse du milieu récepteur. À prime abord, les relevés sur le terrain et la modélisation ont permis de fixer débit maximal de 3,5 m^3/s dans le ruisseau pour éviter les problèmes d'érosion. Avant d'atteindre ce débit dans le cours d'eau, Troilus Gold devra vérifier si le cours d'eau devient trop large et qu'il inonde un trop grand territoire principalement en amont du lac A. Il sera important de réaliser également des mesures de vitesse du courant et de profondeur d'eau à différentes sections afin de calibrer le modèle hydrologique fait par la firme MH_2O (annexe D). Cette calibration permettra d'ajuster le débit dans le ruisseau et de s'assurer de la protection des frayères et de la stabilité des rives. Il est aussi envisagé faire une inspection régulière du ruisseau par drone puisque la navigation sur les 12 km est difficile.

5.3.5 Temps pour le dénoyage des fosses

Le temps pour dénoyer les fosses a été calculé à partir des informations disponibles et à partir de statistiques de précipitations. Le modèle développé tient compte des apport d'eau par infiltration de l'eau souterraine et par les précipitations directes sur la fosse. Le volume des fosses a été estimé à partir des information présentée dans le rapport de Genivar (2009) présenté à l'annexe I.

Tel que mentionné à la section précédente, le pompage de l'eau de la fosse ne se ferait pas à débit constant. Le pompage se ferait de sorte à respecter un débit dans le ruisseau sans nom et à ne jamais le dépasser. Pour ce faire, une station de mesure de débit sera installée dans le ruisseau sans nom en amont du point de rejet des eaux de dénoyage et en aval du point de rejet de l'usine Actiflo. Pour le temps du dénoyage, il a été calculé qu'un débit de l'ordre de 2,5 à 3,5 m^3/s ne devra pas être dépassé afin de préserver l'intégrité du réseau hydrographique et de sorte à préserver un maximum de substrat qui peuvent être utilisé par les poissons en période de reproduction. Les rapports des firmes

PolyGéo (annexe H) et DDM (annexe D) montrent qu'en respectant ces débits, on s'assurerait de ne pas affecter l'intégrité du ruisseau et de ses processus.

Les calculs sont basés sur plusieurs hypothèses qui permettent d'estimer un ordre de grandeur pour le dénoyage des fosses. Il est important de considérer ce temps de dénoyage avec précaution et il pourrait être différent puisque nul ne peut prédire les précipitations annuelles précises au cours des prochaines années. De plus, les calculs ont été faits en supposant un débit dans le ruisseau sans nom en considérant des moyennes mensuelles de la rivière Broadback ramenée sur le ruisseau sans nom. Considérant la différence entre la taille des deux bassins versants, il est fort probable qu'il y ait quelques imprécisions associés avec cette méthode. Ces moyennes sont donc à considérer dans leur contexte mais elles sont suffisamment précises pour donner une bonne idée de ce qui arrivera pendant le dénoyage.

Un chiffrier excel a été utilisé pour modéliser les temps de dénoyage. Les résultats sont montrés à l'annexe J et le tableau 5.4 montre les temps estimé pour trois scénarios de précipitations. Pour ces scénarios, un débit de 3 m^3/s a été simulé dans le ruisseau.

Tableau 5.4 Temps estimé pour le dénoyage des fosses selon différents scénarios

Fosse	Volume d'eau (m^3)	Scénario avec année sèche (mois)	Scénario avec année moyenne (mois)	Scénario avec année humide (mois)
87	17 606 273	6	8	10
J4	8 748 031	2	3	7

On peut donc s'attendre à ce que la fosse J4 se vide sur une période comprise entre 2 et 7 mois alors que la fosse 87 pourrait se vider sur une période comprise entre 6 et 10 mois. Les fosses seront vidées une à la suite de l'autre en commençant par J4. On peut donc estimer que le dénoyage pourrait s'étaler sur une période d'au plus 17 mois tout en considérant les nombreuses hypothèses utilisées dans les estimation. Plusieurs options sont possibles pour le dénoyage et Troilus s'adaptera aux conditions météorologiques, aux conditions du terrain et aux besoins des parties prenantes, tel qu'il le sera démontré à la section 6.0. Par conséquent, le temps de dénoyage pourrait être plus long que 17 mois.

5.3.6 Qualité de l'eau dans les fosses

Des échantillons d'eau ont été prélevés dans les fosses au cours de l'automne 2018 afin de connaitre la concentration des différents paramètres et ce, à différentes profondeurs dans les deux fosses. Le rapport de caractérisation fait par la firme Wachiih est présenté à l'annexe K. Le tableau 5.6 présente les critères de la Directive 019 et les critères de protection de la vie aquatique (CVAC) pour les paramètres suivants : arsenic, cuivre, fer, nickel, plomb, zinc, cyanures, hydrocarbures pétroliers et

matières en suspension. Les graphiques des figures 5.3 et 5.4 présentent les résultats pour les paramètres dont on retrouve des critères dans la directive 019, pour les fosses 87 et J4. Les tableaux de l'annexe K montrent tous les paramètres analysés en relation avec les critères CVAC. Les critères ont été évalués pour une dureté de 18 mg/l qui représente la dureté au point de rejet proposé. Tel qu'il a été montré à la section 4, la dureté varie dans le milieu récepteur et est faible aux endroits qui ne sont pas sous l'influence du site minier.

Les concentrations de tous les paramètres mesurés sont sous les limites de la Directive 019. Trois valeurs extrêmes ont été enlevées des graphiques car elles ne représentaient pas des conditions probables. Cependant, elles respectaient tout de même les critères de la Directive 019. Elles sont présentées dans le rapports de Wachiih à l'annexe K mais elles auraient dû faire l'objet d'une deuxième vérification au laboratoire. Il s'agissait de deux valeurs en fer dans la fosse J4 et une valeur en zinc dans la fosse 87.

Tableau 5.5 Critères de la Directive 019 et CVAC pour une dureté de 18 mg/l

Paramètre	Concentration moyenne mensuelle acceptable (µg/l)	CVAC (µg/l)
Arsenic	200	150
Cuivre	300	2,3
Fer	3 000	1 300
Nickel	500	13
Plomb	200	0,38
Zinc	500	28
Cyanures totaux	1 000	0,005
Hydrocarbures (C_{10}-C_{50})	--	
Matières en suspension	15 000	

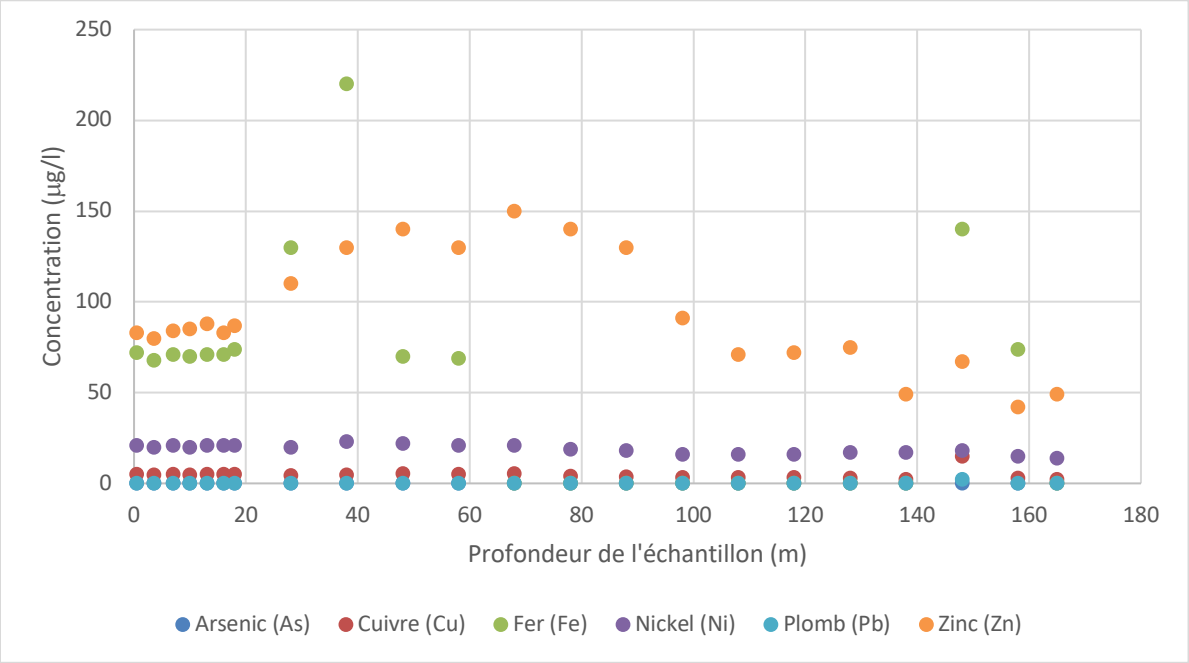


Figure 5.2 Concentrations de différents métaux en relation avec la profondeur dans la fosse J4

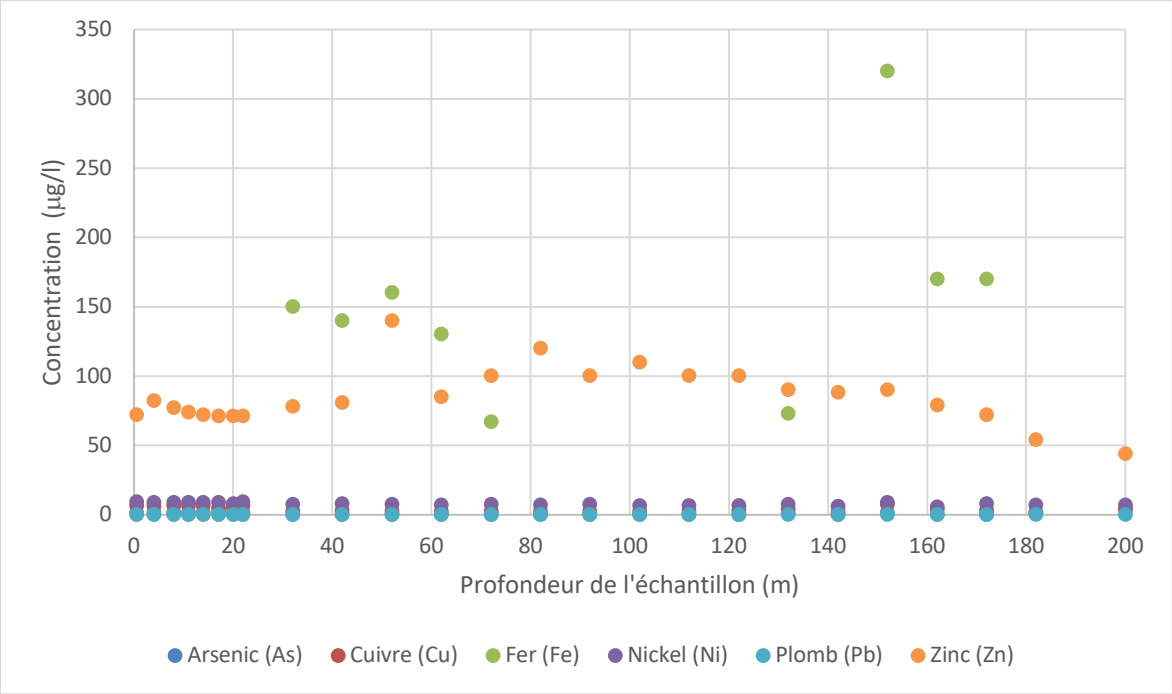


Figure 5.3 Concentrations de différents métaux en relation avec la profondeur dans la fosse 87

5.3.7 Systèmes de pompage, usine de traitement et point de rejet

Les débits de pompage ont été établis en considérant la préservation des enjeux tels que définis dans le chapitre sur les enjeux. Ainsi, il a été établi qu'un débit de l'ordre de 2,5 à 3,5 m^3/s serait le débit maximal dans le ruisseau à respecter vis-à-vis le point de rejet. Les équipements seront montés sur une plateforme de pompage qui sera déplacée d'une fosse à l'autre. La fosse J4 sera vidée en premier, suivie de la fosse 87. Des bobines de câbles d'acier reliées à la plateforme et attachées sur chaque côté de la fosse permettront de maintenir et d'orienter la plateforme dans la position souhaitée.

Un total de six pompes seront installées sur la plateforme. Les pompes seront de type centrifuge. Il y aura une unité de contrôle du débit afin de moduler, selon les autorisations qui auront été obtenues.

Avec les résultats obtenus de l'échantillonnage de la qualité de l'eau des fosses, le traitement de l'eau ne serait pas nécessaire. Cependant, pour parer à toute éventualité, l'usine sera installée et fonctionnelle dès le premier jour de dénoyage.

L'usine de traitement d'eau a été rachetée de la Mine Éléonore, de Newmont-Goldcorp. Il s'agit de l'usine de traitement d'eau qui avait été mise en place pour traiter l'eau de contact de la première halde à stériles. Cette usine comporte 6 conteneurs, dont un conteneur pour l'alimentation électrique, un pour les contrôles, et un pour le laboratoire. Les trois autres assurent le traitement des matières en suspension (MES), l'ajustement du pH, le traitement des métaux et de l'azote ammoniacal. Les conteneurs de traitement contiennent des réservoirs étanches pour les réactifs, des bacs de rétention, des pompes doseuses, etc.

La capacité de traitement de l'usine est d'environ 300 m^3/heure. Les réactifs utilisés, si requis, seraient : de l'hydroxyde sodium, des acides sulfurique et phosphorique, du polymère, de l'oxyde de magnésium et de sulfate ferrique. La quantité à utiliser de ces réactifs sera déterminée si nécessiter de traitement et dépendrait de la concentration des paramètres à traiter.

L'eau traitée, après floculation et précipitation des contaminants, irait dans des géotubes pour retenir les MES et métaux précipités au besoin. S'il y avait des boues de traitement produites à cause du besoin d'utiliser l'usine, ces boues seraient acheminées au parc à résidus.

Au niveau de l'alimentation électrique, un conteneur de distribution électrique (4 600 V) sera conçu pour l'alimentation et le contrôle des pompes des fosses et pour alimenter l'usine de traitement d'eau. Ce conteneur sera d'abord installé à la fosse J4 puis déplacé vers la fosse 87. Au même moment, un second conteneur de distribution électrique sera installé à la fosse J4 pour alimenter une pompe de dénoyage. Une salle électrique (120V/240V) est aussi prévue pour le fonctionnement de l'unité de caractérisation (pH mètre, débitmètre).

À l'exutoire des pompes, sur la rive du ruisseau sans nom, dans la partie qui a été déviée pour l'opération antécédante de la mine, il est prévu de faire l'installation d'un système d'enrochement

pour prévenir l'érosion. Une photo est disponible dans le rapport de Wachiih présenté à l'annexe C (figure 13).

En résumé les équipement requis sont les suivants :

Plateforme/barge de pompage :

- Pompes standards centrifuges de 300 HP (4 à 6);
- Compresseur d'air;
- Équipements électriques;
- Clapets anti-retours;
- Vannes d'isolement;
- Tuyauterie;
- Matériel divers.

Conteneurs pour les pompes de rehaussement :

- Chauffage
- Pompes de 300 HP aux niveaux 68 et 136 mètres dans la fosse J4
- Pompes de 300 HP aux niveaux 68, 136 et 190 mètres dans la fosse 87
- Clapets anti-retour

L'unité de traitement sera localisée à l'ouest de la fosse J4, sur une plateforme en enrochement (point vert sur la figure 5.4). Une conduite amènera l'eau jusqu'au point de décharge (ligne orange) et le point de décharge est indiqué en jaune sur la figure 5.4. Il s'agira d'un enrochement pour préserver les bords du ruisseau. La conduite d'eau sera amenée à environ deux mètres au-dessus du ruisseau et l'écoulement se fera en delta sur un enrochement.

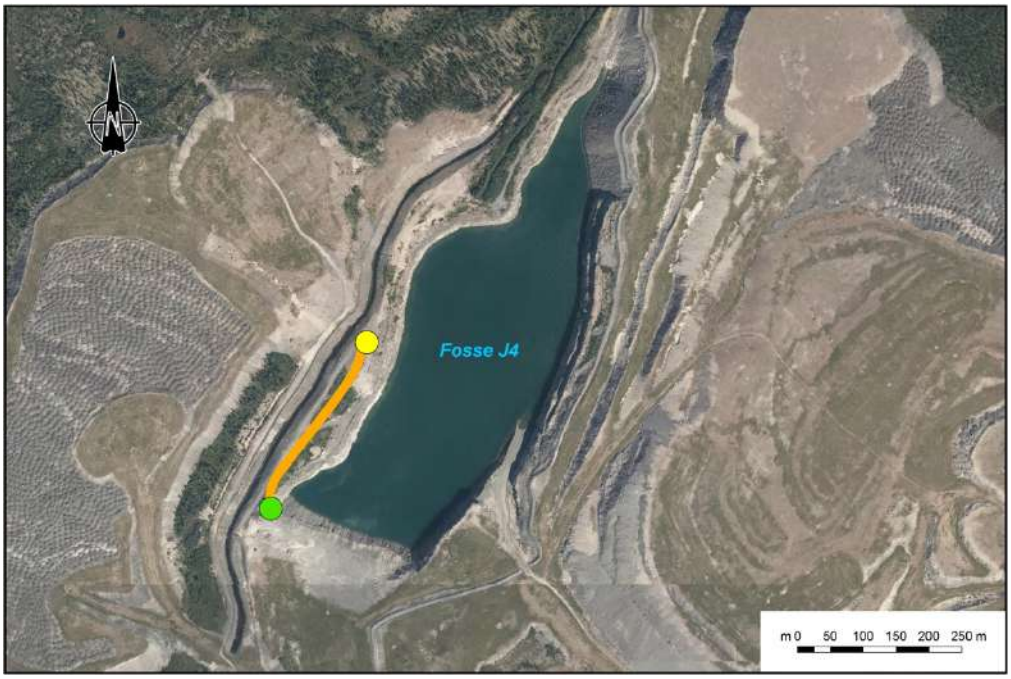


Figure 5.4 Localisation de l'usine de traitement (point vert) et du point de rejet (point jaune)

Pour le dénoyage de la fosse 87, la barge et la conduite seront amenées à la fosse 87. L'unité de traitement d'eau et le point de rejet demeureront au même endroit et l'eau sera pompée avec une conduite montrée en bleu sur la figure 5.5.



Figure 5.5 Localisation de l'usine de traitement (point vert) et du point de rejet (point jaune) et de la conduite de refoulement à partir de la fosse 87

5.4 Gaz à effet de serre

Comme le système de pompage fonctionnera à l'électricité de même que l'usine de traitement des eaux, le dénoyage des fosses ne produira pas de gaz à effet de serre.

6. ACTIVITÉS D'INFORMATION ET DE CONSULTATION DU PUBLIC

6.1 Activités d'information et de consultation réalisées

Plusieurs activités d'information ont été menées auprès des élus, de la communauté de Mistissini en général, et auprès des familles potentiellement impactées et historiquement consultées dans le cadre du projet Troilus, soit les familles Awashish, Neeposh et Petawabano. Les préoccupations soulevées sont dans la section suivante. Le tableau 6.1 présentent les résultats des rencontres générales tenues, dans lesquelles le projet de dénoyage des fosses avait entre autres été discuté.

Tableau 6.1 Rencontres avec les premières nations

Rencontre avec les Premières Nations				
Titre	**Emplacement**	**Date**	**Parties Prenantes**	**Employés de Troilus présents**
Troilus Site Visit October 23, 2018	Troilus mine site.	2018-10-15	Mistissini Cree Council	Blake Hylands Ian Pritchard John Matoush
Follow up on Troilus Site Visit	Mistissini	2018-10-15	Mistissini Cree Council	Blake Hylands Ian Pritchard John Matoush
Environmental Update with Pamela MacLeod - Local Environment Administrator	Mistissini	2018-11-14	Chief Thomas Neeposh Marlene Mackinnon Pamela MacLeod	Blake Hylands Daniel Bergeron Ian Pritchard Jacqueline Leroux John Matoush
Project Update to Chief, Marlene McKinnon and Pamela McLeod	Mistissini	2019-01-15	Chief Thomas Neeposh Marlene Mackinnon Pamela MacLeod	Blake Hylands Daniel Bergeron Ian Pritchard Jacqueline Leroux John Matoush
Project Update to the Awashish Impacted Family	Mistissini	2019-01-15	Charlie Awashish George Awashish	Blake Hylands Daniel Bergeron Ian Pritchard Jacqueline Leroux John Matoush

Rencontre avec les Premières Nations				
Titre	**Emplacement**	**Date**	**Parties Prenantes**	**Employés de Troilus présents**
Impacted family meeting with Hubert Petawabano	Mistissini	2019-01-15	Hubert Petawabano (Coordinator of Land Management and Environment - Nation)	Blake Hylands Daniel Bergeron Ian Pritchard Jacqueline Leroux
Meeting with Tony Petawabano	Chibougamau	2019-01-24	Tony Petawabano	Daniel Bergeron Jacqueline Leroux
Troilus Introduction to Cree Nation Government Environmental and Remedial Works	Montreal	2019-01-30	Isaac Voyageur (Director - Enviornment Department) Lucas Del Vecchio (Environment Department) Pernilla Talec (Environment Department)	Ian Pritchard Jacqueline Leroux John Matoush
PDA Meeting at Troilus site	Troilus mine site	2019-02-26	Anthony MacLeod (Director of Commerce and Industry - GCC(EI)/Cree Nation Government) John Longchap (Director General - Cree Nation of Mistissini)	Daniel Bergeron Jacqueline Leroux
Meeting with James Neeposh	Mistissini	2019-02-27	James Neeposh	John Matoush
Ad hoc meeting at the Band office	Mistissini	2019-02-27	Andrew Coon (Coodinator of Economic Development - Cree Nation of Mistissini)	Ian Pritchard Jacqueline Leroux John Matoush
Adhoc meeting with Jeff Spencer and Richard Shecapio	Mistissini	2019-02-27	Richard Shecapio Jeff Spencer (Compagnie Eskan)	Ian Pritchard Jacqueline Leroux John Matoush
Rencontre Nibiischi Corporation	Troilus Chibougamau office	2019-03-20	G. Longchap and Mireille Gravel - Nibiischii	Daniel Bergeron Jacqueline Leroux Mathieu Michaud
Meeting with George Awashish - Baseline Inventory implication of impacted families	Troilus Site	2019-03-28	George Awashish, Tallyman.	Félix Quessy-Savard Mathieu Michaud

Des rencontres ciblées ont aussi été faites dans le cadre de la présente étude d'impact pour le dénoyage des fosses. Le tableau 6.2 présente les résultats de ces rencontres ciblées.

Tableau 6.2 Rencontres ciblées sur le projet de dénoyage avec les parties prenantes

Titre	Emplacement	Date	Parties Prenantes	Employés de Troilus présents
Présentation et consultation pour le projet de dénoyage	Mistissini	2019-10-10	Thomas Neeposh, Chief of Mistissini Hubert Petawabano, Land and environmental coordinator and Tallyman Tony Petawabano, Tallyman	Jacqueline Leroux Mathieu Michaud John Matoush
Présentation et consultation pour le projet de dénoyage	Site Minier Troilus	2019-10-30	Kenny Awashish, Tallyman	Mathieu Michaud
Présentation et consultation pour le projet de dénoyage	Mistissini	2019-11-01	Pamela McLeod, Local environnement administrator Hubert Petawabano, Land and environmental coordinator and Tallyman James Neeposh, Tallyman Tony Petawabano, Tallyman George Awashish, Tallyman	Mathieu Michaud John Matoush

Les préoccupations et leurs réponses apportées lors de consultation sont décrites ci-bas :

- Questionnement sur le processus d'autorisation du projet de dénoyage.
  - Réponse : Le COMEV a déterminé qu'une étude d'impact sera requise; la compagnie compte déposer cette étude en novembre 2019. Par la suite une autorisation du Ministère de l'environnement régional sera nécessaire avant que le dénoyage débute.
- Questionnement sur le volume d'eau dans chaque fosse et leur capacité.
  - Réponse: Le niveau d'eau dans la fosse 87 est de 200m à 300m, en tenant compte de la forme de la fosse le volume d'eau total approximatif dans la fosse 87 est évalué à 17-18 Mm^3. La fosse 87 est remplie à approximativement 1/3 de sa capacité. Le niveau d'eau dans la fosse J4 est de 180m, en tenant compte de la forme de la fosse le volume d'eau dans la fosse J4 est évalué à 8-9 Mm^3. La fosse J4 a pratiquement atteint son volume maximal.
- Questionnements sur justification du projet de dénoyage.

- Réponse : Le dénoyage est essentiel à l'exploration et à la détermination de la zone minéralisée du côté est de la fosse J4 et 87 ainsi que réduire les coûts et augmenter la précision des forages sous les fosses J4 et 87.

➢ Commentaires sur probabilité que la mine ouvre suivant le dénoyage.
- Réponse : Il reste encore beaucoup d'études à effectuer tel que l'étude de préfaisabilité, l'étude de faisabilité, l'étude d'impact sur les effets sur l'environnement. Jusqu'à présent les résultats des campagnes de forages de 2018 et 2019 sont prometteuses.

➢ Commentaires sur la possibilité d'utiliser une caméra submersible pour observer la charge en contaminants en profondeur dans les fosses.
- Réponse: Les concentrations en contaminants ne peuvent être évaluées de cette manière et de plus la possibilité qu'il y ait une couche d'eau ou des contaminants trouvées en concentration visible à l'œil nu est très faible surtout considérant les résultats obtenus lors de la campagne d'échantillonnage des fosses en profondeur.

➢ Commentaire sur la fréquence de l'échantillonnage des fosses en profondeur.
- Réponse : L'échantillonnage en profondeur a eu lieu une seule fois dans les deux fosses. Les résultats étaient à titre informatif pour la compagnie et les parties prenantes et il n'est pas envisageable d'effectuer une autre campagne de ce genre. L'échantillonnage de l'eau en surface des 2 fosses continuera d'être effectuée tel que décrit dans notre CA global. De plus, l'échantillonnage lors du dénoyage sera effectué quotidiennement à l'interne et hebdomadairement par un laboratoire accrédité.

➢ Commentaire sur la possibilité de suivre le mouvement des poissons.
- Réponse : Beaucoup d'inventaires et de caractérisation concernant les poissons et leurs habitats ont eu lieu sur le site minier. Ces études seront la base de référence pour établir si le poisson est déplacé lors du dénoyage. Le plan de suivi pour le projet de dénoyage n'est pas encore à sa version finale mais il y aura certainement des suivis concernant la quantité et qualité des poissons dans le milieu impacté.

➢ Commentaires sur le changement de l'épaisseur de de la glace sur le Lac A durant le dénoyage
- Réponse : Le débit de dénoyage sera défini selon la capacité du ruisseau et du Lac A à différents temps de l'année. Évidemment il y aura un plus grand débit rentrant dans le Lac A que durant les années post-fermeture alors ceci va certainement influencer l'épaisseur de la glace sur le Lac A surtout près de la rentrée de l'affluent principale.

➢ Commentaires sur les préoccupations liées aux mouvements et activités traditionnelles sur la glace lors du dénoyage
- Réponse : Des mesures de sécurité et un programme de suivi seront mises en place pour identifier les zones à risques sur le Lac A selon le mode de transport et les activités pratiquées; raquettes, motoneige, pêche sur glace. L'information sera distribuée aux parties prenantes sur une base régulière afin d'éliminer tout risque associés aux déplacements sur le Lac A.

Le plan de communication qui a été convenu avec les membres de la communauté de Mistissini est le suivant :

- Un rapport mensuel sur les activités de Troilus Gold, incluant l'activité de dénoyage, sera envoyé aux membres des familles impactés, à des représentants de la Nation Crie de Mistissini, et autres parties prenantes qui désireraient obtenir l'information. Une copie papier sera disponible au conseil de bande et via la poste régulière, au choix des destinataires, car il a été soulevé que certains ainés n'ont pas d'adresse courriel. Ce rapport se veut un point de discussion, et les parties prenantes seront invitées à rejoindre Troilus Gold pour tout questionnement ou commentaire.
- Des activités d'information seront mises en place quelques fois par année, notamment aux assemblées générales annuelles de Mistissini, en février et en août.
- Des rencontres ciblées avec les représentants de la Nation Crie de Mistissini auront lieu, notamment dans le cadre de l'entente de Pré-Développement signée en 2018, environ quatre fois par année.
- Les parties prenantes de Mistissini ont en tout temps accès au bureau de Mistissini, dans lequel travaille M. Matoush, un employé à temps plein de Troilus Gold, pour toute demande d'information, ou pour un échange ou discussion.
- Les parties prenantes ont aussi accès au bureau de Chibougamau pour toute demande d'information, ou pour un échange ou discussion.
- Des rencontres seront organisées avec les communautés de Chibougamau et Chapais pour informer les parties prenantes de l'avancement des activités de Troilus Gold.

Notez que ce plan de communication est évolutif, au fur et à mesure des besoins des parties prenantes et de l'évolutions des activités de Troilus Gold.

7. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES IMPACTS SUR LES ENJEUX

7.1 Approche méthodologique

La méthodologie développée vise à atteindre les objectifs du ministère en traitant les études d'impacts non plus par évaluation des impacts sur les composantes de l'environnement mais plutôt en évaluant comment les modifications des composantes auront des impacts sur les enjeux identifiés pour le projet. Par conséquent, les principales étapes suivantes ont été réalisées :

- Définition de la zone d'étude;
- Identification des enjeux suscités par le projet ;
- Identification des composantes physiques, biologiques et humaines liés aux enjeux ;
- Identification des activités du projet susceptibles de causer des modifications sur les composantes ;
- Description des milieux physique, biologique et humain avant la réalisation du projet
- Détermination des modifications sur les composantes ciblées dues aux activités du projet ;
- Identification des mesures d'atténuation;
- Détermination des impacts sur les enjeux;
- Identification des mesures de compensation si requis;
- Élaboration des programmes de surveillance et de suivi.

7.1.1 Zone d'étude

La zone d'étude a été déterminée en lien avec les activités prévues. Il est prévu de pomper l'eau des fosses et de les vider. Le milieu susceptible d'être affecté est la zone qui sera affectée par le cône de rabattement de la nappe phréatique et le ruisseau sans nom à partir du point de rejet jusqu'à une distance qui a été estimée à environ 12 km en aval du point de rejet, à l'endroit où ce ruisseau rejoint une rivière de plus grande importance. Le cône de rabattement ne devrait pas dépassé un rayon de 2,5 km à partir des parois de la fosse. Cette valeur n'a pas été obtenue par modélisation mais a été mentionné dans le rapport de Genivar (2009).

7.1.2 Identification des enjeux suscités par le projet

Dans la directive transmise à Troilus Gold en juillet 2019, le MELCC a identifié trois enjeux sur lesquels l'étude d'impact devrait porter:

- La conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines (quantité et qualité);
- La préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus;
- Le maintien de la quantité d'habitats floristiques et fauniques et de leur qualité.

Lors des rencontres avec les parties prenantes, notamment les autochtones de Mistissini et les gens des familles impactées, des préoccupations ont été soulevées (section 6) mais aucun enjeu supplémentaires outre que les trois identifiés par le ministère n'est ressorti.

7.1.3 Identification des composantes des milieux physiques, biologiques et humains liées aux enjeux

À partir des enjeux, les composantes des milieux physique, biologique et humain ont été identifiées et les efforts ont été concentrés à documenter l'état actuel de ces composantes pour ensuite être en mesure d'évaluer les changements sur les composantes en lien avec les activités du dénoyage.

Les composantes qui ont été retenues sont :

1) Milieu physique
   a) Régime hydrogéologique
   b) Qualité des eaux souterraines
   c) Régime hydrique
   d) Qualité des eaux de surface
   e) Sols
2) Milieu biologique
   a) Végétation et milieux humides
   b) Poissons et habitats
3) Milieu humain
   a) Occupation du territoire

7.1.4 Identification des activités du projet susceptibles de causer des modifications sur les composantes

Les activités du projet qui sont susceptibles de modifier les composantes identifiées à la section précédente sont :

1. Installation de la barge et des pompes
2. Pompage de l'eau des fosses
3. Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom
4. Maintien des fosses à sec

En lien avec les enjeux, ce sont uniquement les activités de pompage de l'eau des fosses et du rejet dans le ruisseau sans nom qui ont servi à évaluer les modifications sur les composantes. En effet, les autres activités vont se dérouler sur le site qui est déjà affecté soit par les opérations d'exploration ou par les activités minières passées. Leur réalisation n'a alors plus d'impact sur les composantes de l'environnement.

7.1.5 Impacts des modifications des composantes sur les enjeux

Une fois les modifications des composantes évaluées pour chaque activité, il faut les mettre en relation avec l'impact sur les enjeux. Pour ce faire, pour chaque enjeu, une grille d'analyse a été élaborée afin de mettre en évidence les activités du projet et les composantes touchées, toujours en lien avec l'enjeu. La modification de cette composante, toujours en lien avec l'enjeu a été qualifié selon la méthode proposée dans la section 7.2. Les modifications sont évaluées en considérant l'application de mesures d'atténuation.

À la suite de l'évaluation de l'impact de la modification des composantes, des mesures de suivi sont proposées si possible afin de documenter les impacts réels.

7.2 Évaluation de l'impact résiduel de la modification d'une composante sur un enjeu

Après l'application des mesures d'atténuation, l'importance de l'impact résiduel de la modification d'une composante sur l'enjeu doit être évalué afin de déterminer si l'impact est important ou non important en lien avec l'enjeu. L'importance de l'impact est liée aux modifications subies par la composante. Différents critères sont considérés dans l'évaluation qui s'appuie sur une procédure comportant les éléments suivants :

- Valeur écosystémique ;
- Valeur socio-économique ;
- Intensité ou degré de perturbation ;
- Étendue ;
- Durée.

L'importance d'un impact de la modification d'une composante des milieux physique et biologiques dépend de sa valeur (sensibilité, unicité, rareté, réversibilité) dans l'écosystème et de sa valeur sociale, culturelle, économique et esthétique pour les communautés ou les utilisateurs du milieu récepteur. En d'autres termes, si une composante de l'écosystème est valorisée par la population, l'impact risque d'être davantage important pour l'enjeu. Aussi, l'intensité (degré de perturbation), l'étendue (superficie), la durée (temps) et la probabilité que l'impact se produise au cours de la réalisation du projet servent à déterminer l'importance de l'impact. Selon la composante et l'enjeu qui s'y rattache, l'impact est évalué au niveau de la zone d'étude, de la région ou de la province. Si la composante possède ou est protégée par un statut particulier, cet attribut contribue aussi à l'importance de l'impact sur l'enjeu.

Pour les composantes du milieu humain, les préoccupations des communautés autochtones et non autochtones influencent l'évaluation de l'importance de l'impact. Il peut s'agir entre autres des préoccupations au niveau de la santé, de la sécurité ou de la préservation du patrimoine culturel et archéologique.

Un impact peut être positif ou négatif. Si l'enjeu est favorisé par l'impact, ce dernier est considéré positif. En revanche, lorsque l'impact provoque un ou des effets non souhaités sur l'enjeu, l'impact est considéré négatif. Lorsque l'impact n'est ni négatif ou positif, il est considéré neutre.

7.2.1 Importance environnementale de la composante

L'importance environnementale d'une composante est la synthèse des valeurs écosystémique et socioéconomique attribuées à la composante. La valeur écosystémique n'est déterminée habituellement que pour les composantes du milieu biologique alors que la valeur socioéconomique s'applique aux composantes des milieux physique et humain. Pour les composantes du milieu biologique, la valeur socio-économique intègre l'attention des communautés et des autres parties prenantes pour la composante ainsi que celle des gestionnaires et spécialistes. La valeur socioéconomique ne concerne pas à priori le milieu physique mais des situations particulières peuvent en justifier l'utilisation dans l'évaluation de l'importance environnementale d'une composante du milieu physique.

L'importance environnementale de la composante est évaluée selon les critères suivants :

- Fonction dans l'écosystème en lien avec la préservation de son intégrité et sa résilience ;
- Caractère d'unicité ou de rareté ;
- Degré de protection par la législation, la règlementation ou toute forme de directives gouvernementales ;
- Intérêt pour la communauté scientifique ou les communautés locales et régionales ;

La valeur écosystémique d'une composante peut prendre les valeurs qualitatives suivantes :

- Faible : La composante présente une attention mitigée et ne fait pas l'objet de préoccupation quant à sa protection et conservation;
- Moyenne : La composante présente un intérêt pour l'écosystème, sa conservation et protection est préoccupante et consensuelle dans la communauté scientifique mais aucune reconnaissance législative ou réglementaire ne la protège;
- Élevée : La composante joue un rôle important dans l'écosystème et dans la protection de la biodiversité. Il y a consensus quant à sa conservation et protection.

La valeur socioéconomique d'une composante peut prendre les valeurs qualitatives suivantes :

- Faible : Peu ou pas d'importance est accordée à la composante par les communautés locales et la composante ne bénéficie d'aucune protection légale ou réglementaire;

- Moyenne : La composante est appréciée par les communautés locales ou une partie de ces communautés et est utilisée par une partie au moins des communautés mais ne fait pas l'objet d'aucune protection légale ou réglementaire;

- Élevée : La composante est d'une grande importance par les communautés locales parce qu'elle est essentielle pour leur bien-être (eau potable, sites archéologiques, paysage) ou la composante est protégée par des mesures légales et réglementaires comme les habitats fauniques ou le statut des espèces menacées ou vulnérables.

Les évaluations accordées aux valeurs écosystémiques et socio-économique d'une composante biologique (et physique s'il y a lieu) permettent de déterminer son importance environnementale. Les combinaisons des valeurs écosystémique et socioéconomique sont présentées au tableau 9.1. Lorsque l'importance environnementale de la composante est évaluée par la valeur écosystémique ou la valeur socioéconomique seulement, l'importance environnementale de la composante devient alors celle de la valeur utilisée.

Tableau 7.1 Détermination de l'importance environnementale de la composante

Valeur écosystémique	Valeur socio-économique		
	Élevée	**Moyenne**	**Faible**
Élevée	Élevée	Élevée	Moyenne
Moyenne	Élevée	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Faible	Faible

7.2.2 Intensité de l'impact

L'intensité de l'impact illustre le degré de perturbation subi par la composante à cause de la réalisation des activités du projet. De manière générale, le degré de perturbation correspond à l'amplitude des modifications de l'abondance, de la répartition et de l'intégrité de la composante dans l'écosystème (milieux physique et biologique). Les effets directs et indirects des activités peuvent aussi créer des perturbations cumulatives, associatives ou différées. La sensibilité de la composante aux perturbations peut aussi amplifier l'intensité de l'impact comme à titre d'exemple dans des secteurs déjà perturbés par les activités anthropiques. L'importance d'évaluer l'intensité de l'impact en lien avec l'enjeu est capitale. En effet, c'est particulièrement au niveau de l'intensité de l'évaluation de l'impact qu'il est possible de différencier deux notions fondamentales; celle de changement et celle d'impact du changement (Côté et al., 2017). Dans une évaluation d'impact standard, l'évaluation de l'impact s'appuie sur le postulat que toute modification d'une composante de l'environnement constitue un impact (Côté et al, 2017). Or, ce n'est pas toujours vrai. Dans l'étude d'impact amenée par enjeu, on peut évaluer l'impact du changement en lien avec l'enjeu. Par exemple, le fait de rabattre la nappe phréatique d'une valeur de 200 m ne signifie rien en soit s'il n'est pas rapporté à un enjeu. Notons que pour cet exercice, l'intensité de l'impact est évalué après l'application des mesures d'atténuation qui sont présentées par enjeu. Bien qu'il y aura une section spécifique pour les mesures de suivi, les grilles d'évaluation par enjeu abordent la notion du suivi.

L'intensité de l'impact peut prendre les valeurs qualitatives suivantes :

- Faible : Les caractéristiques de la composante sont modifiées mais son abondance et sa répartition ne sont affectés ;
- Moyenne : L'abondance et la répartition de la composante sont modifiées mais les effets sont réversibles et son intégrité n'est pas compromise ;
- Élevée : Les caractéristiques de la composante sont grandement affectées. Son abondance et sa répartition sont modifiées de manière irréversible et son intégrité est incertaine.

7.2.3 Étendue de l'impact

L'étendue de l'impact pour les composantes physiques et biologiques est l'évaluation de la superficie ou de la proportion des populations biologiques affectées par les activités du projet. Pour les composantes du milieu humain, l'étendue de l'impact réfère au nombre de communautés ou à la proportion de personnes touchées par l'effet des activités. L'étendue de l'impact peut prendre les trois valeurs qualitatives suivantes :

- Faible : Une superficie restreinte bien délimitée à l'intérieur de la zone d'étude locale ou une faible partie des populations biologiques ou des communautés sont touchées par l'impact des activités ;
- Moyenne : Une superficie égale ou un peu supérieure à l'empreinte du projet dans la zone d'étude locale ou une partie importante des population biologiques ou des communautés humaines sont touchées l'impact ;
- Élevée : L'ensemble de la zone d'étude locale ou régionale selon les composantes ou une majorité des populations biologiques ou des communautés humaines sont touchés par l'impact.

7.2.4 Durée de l'impact

La durée de l'impact correspond à la période de temps durant laquelle les effets des activités affectent la composante. L'évaluation de la durée tient compte du fait que l'impact peut se prolonger après la fin des activités ou est différé dans le futur.

Les limites des périodes temporelles ont été définies en fonction des différentes phases du projet (mise en place des systèmes, exploitation, fermeture). La durée de l'impact peut prendre les trois valeurs qualitatives suivantes :

- Faible : Les impacts sont temporaires, continues ou non et ne se produisent généralement qu'au cours de la phase de construction mais peuvent se prolonger à l'occasion quelques mois au début ou à la fin de la phase d'exploitation, ou après la phase de fermeture (moins de 1 ans) ;

- Moyenne : Les impacts sont temporaires, continues ou non et se produisent pendant les périodes d'activités (1 à 2 années)
- Élevée : Les impacts durent plusieurs années après la fin des activités du site (plus de 2 années).

7.2.5 Force de l'impact résiduel

La détermination de la force de l'impact résiduel sur la composante intègre la valeur environnementale de la composante, l'intensité, l'étendue et la durée de l'impact. Nous considérons ces quatre critères d'importance égale dans la détermination de la force de l'impact.

Tous les critères prennent les mêmes trois valeurs semi-quantitatives (faible, moyen, élevé). L'interrelation entre les valeurs des 4 critères produit 81 combinaisons possibles puisque $3^4 = 81$ combinaisons. Afin d'apprécier toutes les combinaisons à leur juste valeur et ainsi déterminer la force de l'impact avec une certaine objectivité, un valeur numérique entière a été attribué aux valeurs des critères : faible (0), moyenne (1) et élevée (2). En additionnant les valeurs des 4 critères pour chacune des combinaisons, le total varie entre 0 et 8 et la distribution de fréquence des valeurs totales des 81 combinaisons est la suivante :

Sommation de la valeur numérique des 4 critères	Distribution des fréquence de la valeur totale des 4 critères
0	1
1	4
2	10
3	16
4	19
5	16
6	10
7	4
8	1

En utilisant cette distribution de fréquence, il est possible d'établir une correspondance entre la valeur numérique totale et une valeur qualitative résumant la force de l'impact (figure 7.1). Le résultat crée une distribution équilibrée en cinq catégories (très faible à très élevée) de la force de l'impact. Toutes les combinaisons des 4 critères et la force de l'impact sont ventilées au tableau 7.2.

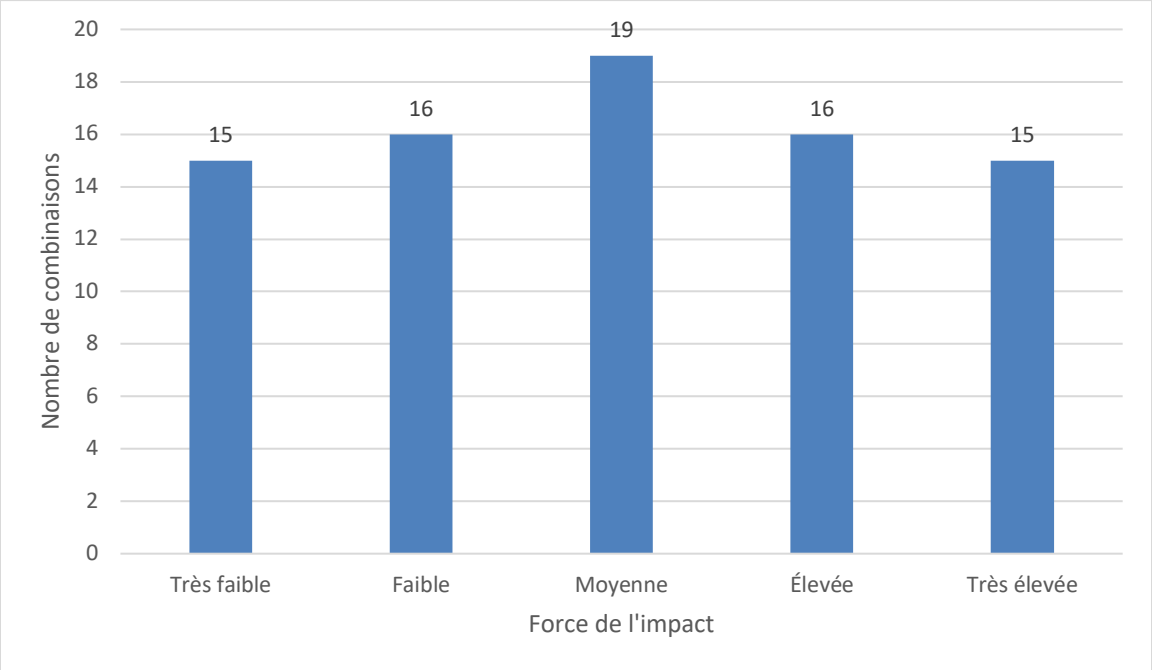


Figure 7.1 Distribution de fréquence de la force de l'impact selon la procédure utilisée

Tableau 7.2 Détermination de la force de l'impact selon la valeur combinée des 4 critères (importance environnementale, perturbation, étendue, durée)

Importance environnementale (valeurs environnementale et socioéconomique)															
Faible					**Moyenne**					**Élevée**					
Intensité	Étendue	Durée		Force de l'impact	Intensité	Étendue	Durée		Force de l'impact	Intensité	Étendue	Durée		Force de l'impact	
Faible (F)	F	F	0	Très faible	Faible (F)	F	F	1	Très faible	Faible (F)	F	F	2	Très faible	
		M	1	Très faible			M	2	Très faible			M	3	Faible	
		E	2	Très faible			E	3	Faible			E	4	Moyenne	
	M	F	1	Très faible		M	F	2	Très faible		M	F	3	Faible	
		M	2	Très faible			M	3	Faible			M	4	Moyenne	
		E	3	Faible			E	4	Moyenne			E	5	Élevée	
	E	F	2	Très faible		E	F	3	Faible		E	F	4	Moyenne	
		M	3	Faible			M	4	Moyenne			M	5	Élevée	
		E	4	Moyenne			E	5	Élevée			E	6	Très élevée	
Moyenne (M)	F	F	1	Très faible	Moyenne (M)	F	F	2	Très faible	Moyenne (M)	F	F	3	Faible	
		M	2	Très faible			M	3	Faible			M	4	Moyenne	
		E	3	Faible			E	4	Moyenne			E	5	Élevée	
	M	F	2	Très faible		M	F	3	Faible		M	F	4	Moyenne	
		M	3	Faible			M	4	Moyenne			M	5	Élevée	
		E	4	Moyenne			E	5	Élevée			E	6	Très élevée	
	E	F	3	Faible		E	F	4	Moyenne		E	F	5	Élevée	
		M	4	Moyenne			M	5	Élevée			M	6	Très élevée	
		E	5	Élevée			E	6	Très élevée			E	7	Très élevée	
Élevée (E)	F	F	2	Très faible	Élevée (E)	F	F	3	Faible	Élevée (E)	F	F	4	Moyenne	
		M	3	Faible			M	4	Moyenne			M	5	Élevée	
		E	4	Moyenne			E	5	Élevée			E	6	Très élevée	
	M	F	3	Faible		M	F	4	Moyenne		M	F	5	Élevée	
		M	4	Moyenne			M	5	Élevée			M	6	Très élevée	
		E	5	Élevée			E	6	Très élevée			E	7	Très élevée	
	E	F	4	Moyenne		E	F	5	Élevée		E	F	6	Très élevée	
		M	5	Élevée			M	6	Très élevée			M	7	Très élevée	
		E	6	Très élevée			E	7	Très élevée			E	8	Très élevée	

8. DÉTERMINATION DES MODIFICATIONS DES COMPOSANTES CIBLÉES DUES AUX ACTIVITÉS DU PROJET

Le dénoyage des fosses va engendrer des modifications sur des composantes des milieux physiques, biologiques et humains. Sur le milieu physique, ce sont les composantes liées à l'hydrogéologie et l'hydrologie, la qualité des eaux de surface et les sols. Sur le milieu biologique, ce sont les composantes liées aux poissons et à son habitat, la végétation et les milieux humides. Pour le milieu humain, l'occupation du territoire pourrait être perturbée pendant les activités de dénoyage. Les sections suivantes reprennent les composantes et les modifications anticipées.

8.1 Milieu physique

Hydrogéologie

Pendant le dénoyage de la fosse, les eaux souterraines au pourtour subiront un rabattement (abaissement du niveau d'eau souterraine) localement. Pendant l'opération de la mine, les niveaux d'eau étaient suivis et on peut anticiper raisonnablement que les mêmes rabattements seront observés lors du dénoyage prévu en 2020. La section 5.3 du rapport de Genivar (2009) présente des informations sur le suivi de la piézométrie pendant l'opération de la mine soit entre 1996 et 2004.

Le suivi de la piézométrie a démontré qu'il existe un faible lien hydraulique entre l'aquifère de surface (mort-terrain et roc fracturé) et le roc sain en profondeur. En effet, avant et pendant l'opération minière, Troilus avait installé plusieurs puits d'observation à différentes profondeurs près de la fosse pour le suivi des pressions interstitielles et à quelques endroits en périphérie du site. Le suivi du niveau de l'eau pendant l'opération montre que dans le roc sain en profondeur, l'effet du dénoyage a pu se faire sentir sur une distance assez importante mais pas au-delà de 2 500 m à partir des fosses. En effet, un piézomètre, situé à environ 2,5 km du site en direction du lac A, a montré qu'à cet endroit, le pompage de l'eau souterraine n'affectait plus le niveau de la nappe phréatique. On peut donc considérer que l'aire d'influence du pompage se situe à l'intérieur de cette distance. Près du parc à résidus, d'autres piézomètres étaient installés à des profondeurs permettant de mesurer la nappe dans le mort-terrain et dans le roc en prodonfeur. Les données ont montré un abaissement important dans le roc sain en profondeur mais beaucoup moindes dans le mort-terrain permettant ainsi de constater le faible lien hydraulique entre les deux aquifères.

Hydrologie

Le dénoyage des fosses aura un impact sur le débit du cours d'eau sans nom et des plan d'eau en aval. Le débit sera augmenté à une valeur d'environ 2,5 à 3,5 m^3/s. À cette valeur, il n'est pas attendu que le ruisseau subisse des problématiques d'érosion que les frayères soient affectés négativement. Le niveau de l'eau montera et la vitesse d'écoulement augmentera. Le fait de pomper un débit variable fait en sorte qu'il n'y aura plus de période d'étiage et qu'au contraire, le ruisseau sera en régime de crue durant toute la durée du pompage.

Plusieurs sections d'écoulement ont été relevés sur le terrain et à partir de données de cartes topographiques. À partir de ces informations, il est possible d'avoir une idée de la largeur de l'écoulement à plusieurs sections. Cette largeur est montrée est montrée sur les sections d'écoulement du rapport en annexe H.

Qualité des eaux de surface

Quant à la qualité des eaux de surface, le dénoyage des fosses apportera des éléments dans le ruisseau sans nom. Comme les concentrations de l'eau dans la fosse sont généralement plus faibles que les concentrations mesurées alors que la mine était en opération, il n'est pas anticipé d'impacts significatifs sur la qualité des eaux de surface. Cependant, un suivi rigoureux de la qualité des eaux sera fait pendant le dénoyage. Un arrêt de pompage dans le cours d'eau récepteur sera fait si la qualité des eaux ne respecte pas les critères de la Directive 019.

Par conséquent, il n'est pas anticipé une modification significative de la qualité de l'eau du ruisseau sans nom pendant le dénoyage des fosses.

Sols

Les activités de dénoyage n'auront que peu d'impact sur les sols. En effet, selon les vitesses calculées à partir des débits dans le ruisseau, il n'est pas attendu d'observer des zones d'érosion. Le rapport présenté à l'annexe H explique la méthodologie qui a été retenue pour définir le potentiel d'érosion des berges et du fond du ruisseau sans nom.

8.2 Milieu biologique

Poissons et son habitat

Le dénoyage des fosses aura pour effet d'augmenter le débit du ruisseau sans nom. Un total de 13 frayères potentielles (dont 3 confirmées) ont été identifiées lors des inventaires de terrain. Ces frayères potentielles ont été identifiées sur la base des substrats qui représentent des conditions essentielles pour la fraie. Les simulations des débits et des vitesses montrent que plus on pompe de l'eau dans le ruisseau et plus la longueur des substrats présents devient intéressantes pour la fraie. Autrement dit, l'augmentation de débit a un effet positif sur les frayères potentielles en augmentant la superficie où les espèces d'eaux vives peuvent frayer.

Le rapport de l'annexe D montre la méthodologie développée pour calculer le gain en frayère potentiel avec l'augmentation du débit. Ce gain a cependant une limite et c'est pour l'omble de fontaine qu'on l'atteint le plus rapidement. Des mesures de suivi dans le ruisseau seront proposés pendant le dénoyage pour s'assurer de conserver un maximum de frayères potentielles.

Végétation

L'augmentation du niveau de l'eau sera fait de manière à ne pas affecter la végétation terrestre. Le cours d'eau sortira du chenal principal pendant le dénoyage pour déborder dans sa plaine inondable. C'est donc plutôt dans des milieux humides qu'on verrait le niveau de l'eau augmenter. Il n'est donc pas souhaitable d'inonder la végétation terrestre et des inspections régulières seront faites pour s'assurer que le débit de pompage permet de préserver la végétation terrestre.

Milieux humides

Le ruisseau sans nom est majoritairement bordé de milieux humides. Pendant le dénoyage, le niveau de l'eau augmentera. Il sera requis d'établir quelques indicateurs de la santé de l'écosystème afin de s'assurer de préserver son intégrité. Des mesures de contrôle du niveau de l'eau seront mises en place dès le début du pompage, par des experts en biologie, afin de s'assurer de conserver les fonctions du milieu et de ne pas submerger la végétation sur une période trop longue.

8.3 Milieu humain

Occupation du territoire

Le site minier Troilus a toujours considéré les territoire de chasse des familles Awashish et Brien (M-34), Petawabano (M-40) et Neeposh (M39-A). À l'intérieur de chacun de ces territoires de chasse, on retrouve des camps qui sont utilisés par les membres des familles à différents moments de l'année (camp principal, camp d'hiver, camp de chasse, etc.). Les activités pratiquées sont la chasse, la pêche et la cueillette de fruits et de plantes.

Mise à part la pêche hivernale sur le Lac A, le dénoyage des fosses ne devrait pas influencer ces activités.

9. DÉTERMINATION DES IMPACTS SUR LES ENJEUX

Les trois enjeux définis par le MELCC sont les suivants :

- La conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines (quantité et qualité);
- La préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus;
- Le maintien de la quantité d'habitats floristiques et fauniques et de leur qualité.

La méthodologie qui est proposée est basée sur l'approche présentée par Côté et al (2017). Pour chaque enjeu soulevé, l'importance de la modification de chaque composante est évalué par rapport à l'enjeu qui s'y rapporte. Pour chaque enjeu, une grille d'évaluation a été développée et tel que présenté par Coté et al. (2017) :

« *La grille identifie la source d'impact, les modifications des composantes des milieux biophysiques et humain touchées, ainsi que les impacts de ces modifications. Cette façon de structurer l'information vise à établir la « **chaine des conséquences** » des activités envisagées en identifiant ses éléments constitutifs au regard de chaque enjeu*. »

Ainsi, pour chacun des trois enjeux, la chaine des conséquences a été élaborée mais toujours en lien avec l'enjeu. L'exercice nous permet de remarquer qu'à partir du moment où tout est mis en place pour préserver la conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraine, les deux enjeux suivants sont automatiquement touchés. En effet, le fait de préserver et de protéger les ressources en eau permet de s'assurer de préserver l'intégrité du réseau hydrographique. Cela permet aussi directement de s'assurer de maintenir les habitats floristiques et fauniques. Les trois enjeux sont donc intimement liés. Ils auraient pu être traités et ramener à un seul tableau mais l'exercice a été fait pour les trois enjeux séparément. Puisque cette méthodologie est relativement nouvelle, il nous semblait préférable de passer au travers l'entièreté du processus.

Les modifications des composantes associés aux activités ont été quantifiés à la section 8. À la suite de l'établissement des chaines de conséquences et la connaissance des modifications des composantes, il faut identifier l'impact des modifications en lien avec l'enjeu ciblé. Pour nommer ou qualifier l'impact des changements sur les enjeux, nous avons utilisé la méthodologie expliquée à la section 9.1.

9.1 Matrice des activités en lien avec les enjeux

Afin de rendre la démarche d'évaluation des impacts par enjeu plus évidente à suivre, la détermination des interactions entre les composantes et les activités est présentées sous forme de tableau en lien avec chaque enjeu. Ainsi, pour les deux activités ciblées, les composantes qui seront modifiées sont identifiées. Dans les grilles d'évaluation des impacts par enjeu, on reprend essentiellement les mêmes informations mais présentées avec plus de détail. Puisqu'à notre connaissance, cette démarche n'a jamais été présentée dans aucune autre étude, il a été jugé requis

de fournir un peu plus de détails sur cette nouvelle façon de présenter l'étude d'impact. Le tableau 9.1 montre donc les interactions entre les actions, les composantes pour chaque enjeu.

Tableau 9.1 Détermination des interactions entre les composantes, les activités en lien avec les enjeux

Composantes		Activités	
		Pompage de l'eau	Rejet de l'eau
Enjeu #1 : Préservation de la quantité et de la qualité des eaux souterraines et de surface			
	Hydrogéologie	X	
	Hydrologie		X
	Qualité des eaux de surface		X
Enjeu #2 : Préservation de l'intégrité du réseau hydrique et de ses processus			
	Hydrologie		X
	Qualité des eaux de surface		X
	Sols		X
Enjeu #3 : Maintien de la qualité et de la quantité des habitats floristiques et fauniques			
	Hydrogéologie	X	
	Hydrologie		X
	Qualité des eaux de surface		X
	Poissons et habitats		X
	Végétation et milieux humides		X

9.2 Enjeu #1 : La conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines (quantité et qualité)

Cet enjeu porte sur la conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines autant en termes de quantité d'eau à préserver qu'en termes de qualité. Il est important de s'assurer que le dénoyage des fosses et le rejet dans l'environnement permettra de conserver l'intégrité de la ressource en eau. Deux activités auront des effets sur des composantes en lien avec l'enjeu. Il s'agit du pompage de l'eau souterraine et du rejet de cette eau dans le ruisseau sans nom. Par conséquent, les composantes modifiées en lien direct avec cet enjeu sont le régime hydrogéologique, le régime hydrologique et la qualité de l'eau du ruisseau sans nom. Ces trois composantes peuvent être modifiées directement par les activités de dénoyage. Outre les modifications directes engendrées par les activités, il importe d'identifier des modifications des composantes qui dépendent des composantes directement modifiées. C'est le cas des composantes liées au sol. Toutes les modifications possibles sont identifiées au tableau 9.3 et décrite dans les paragraphes suivants en lien avec les deux activités identifiées.

9.2.1 Pompage de l'eau dans les fosses

Le pompage de l'eau dans les fosses aura pour conséquence de créer un rabattement de la nappe phréatique. L'aire d'influence du rabbattement sera la même que celle à la fin des opérations (arrêt du maintien à sec des fosses) de la mine Troilus en 2009. Le pompage touchera donc la composante « hydrogéologie » qui est une composante identifiée qui subit des modifications et qui est en lien avec le premier enjeu.

Hydrogéologie

Le pompage de l'eau souterraine aura pour effet d'abaisser le niveau de la nappe phréatique autour des fosses et changera conséquemment le patron d'écoulement des eaux souterraines localement. L'élément de la conservation de la ressource en eau souterraine serait donc touché. La chaine de conséquence est montrée au tableau 9.3.

L'impact de la modification de la composante est ici évalué en lien avec l'enjeu #1. L'importance de la composante a été évalué comme étant MOYENNE. L'importance de la composante est une combinaison de la valeur écosystémique qui a été évaluée à moyenne compte tenu du rôle de l'apport en eau souterraine pour l'alimentation en eau des puits. La valeur socioéconomique a été jugée élevée puisque les eaux souterraines alimentent le puits de la zone industrielle, le puits du camp d'exploration et les puits de deux utilisateurs du territoire près du lac A. Tous ces puits étaient utilisés en opération alors que les fosses étaient dénoyées. Il n'y a pas lieu de croire que le dénoyage des fosses aurait un impact sur la quantité d'eau dans ces puits.

L'intensité de l'impact est jugée FAIBLE sur la composante puisque les effets du pompage sont locaux et ne se font sentir quand dans un secteur qui est déjà affecté par la présence de haldes de stériles et d'un parc à résidus miniers et que par le passé, les puits existants n'étaient pas affectés. Compte tenu de l'aspect local des modifications observées, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée FAIBLE. La durée de l'impact est considérée ÉLEVÉE puisqu'il se fera sentir tant et aussi longtemps que les fosses seront maintenues à sec et l'expérience passée montre qu'il faut environ 10 ans pour retrouver des conditions d'équilibre.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (moyenne), de l'intensité de l'impact (faible), de l'étendue (faible) et de la durée (élevée), la force de l'impact est FAIBLE.

9.2.2 Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom

Cette activité implique le rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom, près de la fosse J4. Une station de mesure de débit sera installée sur le ruisseau sans nom en amont du point de rejet pour permettre de s'assurer de ne jamais dépasser le débit maximum prévu pour préserver l'intégrité du ruisseau, de ses processus et des habitats. De plus, une usine de traitement des eaux sera disponible au besoin pour abaisser les concentrations des paramètres de sorte à permettre de rejeter une qualité de l'eau qui minimisera les effets sur le milieu récepteur.

Le rejet de l'eau dans le ruisseau modifiera deux composantes soient l'hydrologie et la qualité des eaux du ruisseau sans nom. Ces deux composantes sont en lien avec l'enjeu #1. En plus de modifier ces deux composantes, le fait d'avoir une modification du régime hydrique peut engendrer un effet sur la composante des sols.

Hydrologie

L'hydrologie est modifiée pendant le dénoyage puisque le débit sera augmenté de façon à assurer un débit constant dans le ruisseau sans nom. Seul le ruisseau sans nom, qui verra son débit augmenter et le régime hydrique modifié, sera affecté par le rejet de l'eau.

L'importance de la composante est ÉLEVÉE puisque la valeur écosystémique a été évaluée à élevée compte tenu du rôle des cours d'eau et des lacs dans la préservation de la biodiversité. La valeur socioéconomique a été jugée élevée également puisque les eaux de surface sont très importantes pour la communauté locale.

L'intensité de l'impact est jugée FAIBLE sur la composante puisque les effets du rejet sont atténués par le contrôle du débit qui ne dépassera pas la capacité du ruisseau sans nom.

Compte tenu de l'aspect local des modifications observées mais qui pourraient s'étendre sur quelques kilomètres en aval du point de rejet, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée MOYENNE.

La durée de l'impact est considérée FAIBLE puisqu'il se fera sentir seulement pendant le dénoyage qui ne devrait pas durer plus de 1 à 2 ans.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (élevée), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (moyenne) et de la durée (faible), la force de l'impact est FAIBLE.

Sols

Les sols peuvent être affecté par le dénoyage et s'il s'avérait des zones importantes d'érosion le long des berges, les matières en suspension pourraient avoir un effet sur la qualité de l'eau de surface. Seul les berges et le fond du ruisseau sans nom pourrait être affecté.

L'importance de la composante est MOYENNE puisque la valeur écosystémique a été évaluée à moyenne compte tenu du rôle des berges dans la préservation de la biodiversité. La valeur socioéconomique a été jugée moyenne puisque la préservation des berges est essentielle pour conserver un ruisseau en équilibre.

L'intensité de l'impact est jugée FAIBLE sur la composante puisque les effets du rejet sont atténués par le contrôle du débit qui ne dépassera pas la capacité du ruisseau sans nom. L'étude sur la géomorphologie du cours d'eau a permis de bien identifier si des zones sensibles à l'érosion pouvait être affectées. De plus, Troilus Gold fera un suivi pendant le dénoyage sur certaines sections critiques afin de s'assurer d'éviter que le dénoyage n'érode les berges du ruisseau sans nom.

Compte tenu de l'aspect local des modifications observées mais qui pourraient s'étendre sur quelques kilomètres en aval du point de rejet, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée MOYENNE.

La durée de l'impact est considérée FAIBLE puisqu'il se fera sentir seulement pendant le dénoyage qui ne devrait pas durer plus de 1 à 2 ans.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (moyenne), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (moyenne) et de la durée (faible), la force de l'impact est TRÈS FAIBLE.

Qualité des eaux de surface

La qualité de l'eau du ruisseau sans nom sera modifiée par le rejet de l'eau des fosses. La qualité de l'eau dans les fosses respecte les critères de la Directive 019 mais elle excède certains critères de protection de la vie aquatique. La qualité de l'eau du ruisseau sans nom montre aussi quelques dépassements des critères CVAC. Des suivis pendant le dénoyage permettront de mesurer l'effet potentiel du dénoyage mais compte tenu de l'expérience vécue en opération, les suivis en lien avec les ESEE ne montraient pas de problématiques spécifiques. Il n'est pas attendu d'effet significatif du dénoyage sur la qualité des eaux.

L'importance de la composante est ÉLEVÉE puisque la valeur écosystémique a été évaluée à élevée compte tenu de l'importance de la préservation de la qualité des eaux. La valeur socioéconomique a été jugée élevée également puisque les eaux de surface sont très importantes pour la communauté locale.

L'intensité de l'impact est jugée FAIBLE sur la composante puisque les effets du rejet sont atténués par la mise en place d'une usine de traitement des eaux qui sera utilisée sur les concentrations devaient dépasser les critères de la Directive 019. Compte tenu de l'aspect local des modifications observées mais qui pourraient s'étendre sur quelques kilomètres en aval du point de rejet, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée MOYENNE. La durée de l'impact est considérée FAIBLE puisqu'il se fera sentir seulement pendant le dénoyage qui ne devrait pas durer plus de 1 à 2 ans.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (élevée), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (moyenne) et de la durée (faible), la force de l'impact est FAIBLE.

Conclusion

Le tableau 9.3 présente la liste des actions en lien avec les composantes modifiées. Pour chaque composante modifiée, on présente des mesures d'atténuation afin de déterminer si l'action peut avoir un effet résiduel sur l'enjeu. Si l'application des mesures d'atténuation laisse planer un doute quant à son efficacité, on présente alors un suivi. Ainsi, le tableau 9.3 permet de voir que l'enjeu #1 qui est la conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines n'est plus critique après l'application des mesures d'atténuation.

Le dénoyage des fosses sera fait de façon à respecter cet enjeu et à permettre la conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraine.

TROILUS

Tableau 9.2 Grille des impacts structurés pour l'enjeu #1 La conservation et la protection des ressources en eau de surface et souterraines (quantité et qualité)

Action *Source d'impact*	**Composante du milieu physique touchée** *Modification*	**Impact des modifications** *Descripteur*	**Mesures d'atténuation** *Descripteur*	**Impact résiduel** *Descripteur*	**Suivi**
Pompage de l'eau *Baisse du niveau d'eau dans les fosses*	**Hydrogéologie** *Rabattement de la nappe phréatique et Changement de la direction de l'écoulement*	**La fosse agit comme un puits** *Peut influencer le volume d'eau dans des puits*	**Aucune**	**Faible** *Les puits étaient utilisés dans le passé et sans effet du dénoyage*	Suivi du niveau de l'eau dans les puits existants
Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom *Augmentation du débit et des charges en contaminants*	**Hydrologie** *Modification du régime hydrique du ruisseau sans nom*	**Le débit du ruisseau est constant annuellement** *Le volume de pompage est ajusté en fonction des saisons*	**Suivi du débit**	**Faible**	Mesure du débit dans le ruisseau sans nom en amont du point de rejet
	Sols *Érosion des berges et du substrat par l'augmentation de la vitesse de l'eau dans le ruisseau sans nom*	**Déplacement de matériaux meubles** *Si la vitesse de l'eau est trop élevée, l'érosion peut avoir un effet sur les berges (érosion et déposition)*	**Respect de la vitesse maximale** *En fonction des berges et des substrats, des vitesses maximales ont été calculées*	**Très faible**	Mesure de la vitesse de l'eau à certains endroit critiques pendant le dénoyage
	Qualité de l'eau *Augmentation des contaminants*	**Altération de la qualité des eaux de surface** *L'ajout de contaminants pourrait nuire à la qualité des eaux*	**Usine de traitement des eaux**	**Faible**	Suivi de la qualité de l'eau dans le ruisseau sans nom

9.3 Enjeu #2 : La préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus

Le deuxième enjeu porte sur la préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus. Il est donc important de s'assurer que le dénoyage des fosses permettra de conserver le réseau hydrographique et d'éviter des modifications permanentes de certaines composantes qui affecteraient les processus. On entend donc plus particulièrement la préservation des berges du ruisseau et des lacs ainsi que la préservation des habitats et des frayères. La seule action du projet ayant potentiellement une incidence sur des composantes reliées à cet enjeu est le rejet de l'eau pompée dans le ruisseau sans nom. Tout comme pour le premier enjeu, trois composantes sont susceptibles de subir directement des modifications par ces deux activités. Il s'agit de l'hydrologie, des sols et de la qualité de l'eau. Le tableau 9.4 présente la chaine des conséquences. Les paragraphes suivants décrivent plus en détail les informations présentées au tableau 9.4.

9.3.1 Pompage de l'eau dans les fosses

Le pompage de l'eau des fosses ne touche à aucune composante en lien avec et enjeu.

9.3.2 Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom

Cette activité implique le rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom, en aval de la fosse J4. Une station de mesure de débit sera installée sur le ruisseau sans nom en amont du point de rejet de sorte à ne jamais dépasser le débit maximum qui sera précisé au moment du dénoyage à partir d'indicateurs tel que proposé à la section 10. De plus, une usine de traitement des eaux sera en opération de sorte à permettre de rejeter une qualité de l'eau qui minimisera les effets sur le milieu récepteur.

Le rejet de l'eau dans le ruisseau modifiera trois composantes soient l'hydrologie, les sols et la qualité des eaux du ruisseau sans nom. Ces trois composantes sont en lien avec l'enjeu #2.

Hydrologie

L'hydrologie du ruisseau sans nom est modifiée pendant le dénoyage puisque le débit sera augmenté de façon à assurer un débit constant dans le ruisseau sans nom. Le ruisseau, pendant le temps de la durée du dénoyage, ne subira plus de période d'étiage. Donc, on doit évaluer l'impact de ce changement de régime en lien avec l'enjeu #2. Seul le ruisseau sans nom, qui verra son débit augmenter et le régime hydrique modifié, sera affecté par le rejet de l'eau.

L'importance de la composante est ÉLEVÉE tel qu'expliqué à la section 9.2. L'intensité de l'impact est jugée FAIBLE sur la composante puisque les effets de la perte des périodes d'étiage à l'hiver et à l'été n'empêchent pas la préservation de l'intégrité du ruisseau. L'étendue de l'impact sur la composante est jugée MOYENNE et la durée de l'impact est considérée FAIBLE tel qu'expliqué à la section 9.2.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (élevée), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (moyenne) et de la durée (faible), la force de l'impact est FAIBLE.

Sols

Compte tenu qu'il n'y a pas de zone sensible identifiée et que les vitesses de courant respecteront les valeurs établies pour conserver l'intégrité du ruisseau, la modification de cette composante sera très faible et l'impact sur l'enjeu #2 également. Ainsi, l'importance de la composante est MOYENNE, l'intensité de l'impact est jugée FAIBLE, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée MOYENNE et la durée de l'impact est FAIBLE; le tout, tel que démontré à la section 9.2

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (faible), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (moyenne) et de la durée (faible), la force de l'impact est TRÈS FAIBLE.

Qualité des eaux de surface

La qualité de l'eau du ruisseau sans nom sera modifiée par le rejet de l'eau des fosses. Il a été démontré que bien que la qualité de l'eau dans les fosses respecte les critères de la Directive 019, elle excède certains critères de protection de la vie aquatique. La présence de l'usine de traitement permettra de s'assurer de rejeter un débit conforme permettant ainsi d'avoir une intensité d'impact sur le milieu récepteur.

Tel que démontré à la section 9.2, l'importance de la composante est ÉLEVÉE, l'intensité de l'impact est jugée FAIBLE, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée MOYENNE et finalement la durée de l'impact est considérée FAIBLE.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (élevée), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (moyenne) et de la durée (faible), la force de l'impact est FAIBLE.

Conclusion

Le tableau 9.4 présente la liste des actions en lien avec les composantes modifiées directement et indirectement. Pour chaque composante modifiée, on présente des mesures d'atténuation afin de déterminer si l'action peut avoir un effet résiduel sur l'enjeu. Ainsi, le tableau 9.4 permet de mettre en évidence que l'enjeu #2 qui est la préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus n'est plus critique après l'application des mesures d'atténuation.

Le dénoyage des fosses sera fait de façon à respecter cet enjeu et à permettre la préservation de l'intégrité du réseau hydrographique et de ces processus.

TROILUS

Tableau 9.3 Grille des impacts structurés pour l'enjeu #2 La préservation de l'intégrité du réseau hydrique et de ses processus

Action *Source d'impact*	**Composante du milieu physique touchée** *Modification directe*	**Impact des modifications** *Descripteur*	**Mesures d'atténuation** *Descripteur*	**Impact résiduel** *Descripteur*	**Suivi**
Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom *Augmentation du débit et des charges en contaminants*	**Hydrologie** *Modification du régime hydrique du ruisseau sans nom*	**Disparition des étiages** *Les processus associés aux périodes d'étiage vont disparaitre*	**Aucune**	**Faible**	Mesure du débit dans le ruisseau sans nom en amont du point de rejet
	Sols *Augmentation potentielle de l'érosion*	**Érosion et ensablement des berges** *L'augmentation de la vitesse de l'eau peut favoriser l'érosion des berges et le transport de sédiments*	**Limiter la vitesse d'écoulement selon la capacité du ruisseau**	**Très faible**	Suivi de la qualité de l'eau du ruisseau sans nom
	Qualité de l'eau *Augmentation des contaminants*	**Dégradation de la qualité des eaux de surface**	**Mise en place d'une usine de traitement des eaux**	**Faible**	Suivi de la qualité de l'eau du ruisseau sans nom

9.4 Enjeu #3 : Le maintien de la quantité d'habitats floristiques et fauniques et de leur qualité

Le troisième enjeu porte sur le maintien de la quantité d'habitats floristiques et faunique et de leur qualité. Le dénoyage des fosses ne doit pas mettre en péril les composantes de l'environnement qui sont liés aux habitats floristiques et fauniques. Le pompage de l'eau et le rejet dans le ruisseau sans nom sont les deux activités qui sont sources d'impact sur cet enjeu. Cette fois, les composantes liées au milieu biologique seront étudiées en regard des modifications apportés par les sources d'impact. Dans ce cas, les sources d'impact modifient les composantes du milieu physique et c'est la modification des composantes du milieu physique qui pourrait apporter des modifications sur certaines composantes du milieu biologique. La chaine des conséquences est montrée au tableau 9.5.

9.4.1 Pompage de l'eau souterraine

Le pompage de l'eau souterraine ne modifie aucune composante en lien avec cet enjeu.

9.4.2 Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom

Le rejet de l'eau modifiera deux composantes du milieu physique soient l'hydrologie et la qualité de l'eau. Dans les deux cas, on pourrait observer une modification des habitats de poissons et des poissons mais aussi des milieux humides.

Hydrologie

Le fait que le débit va augmenter dans le ruisseau et que le régime hydrique va changer. D'abord, le ruisseau sera en crue durant la durée du dénoyage et ainsi, les périodes d'étiage disparaitront temporairement. Ensuite, le fait d'augmenter le débit a un effet direct sur les vitesses d'écoulement, la profondeur de l'eau et la largeur de l'écoulement. Par conséquent, on observera des effets sur deux composantes en lien avec le troisième enjeu :

Milieux humides : L'augmentation du débit aura pour conséquence d'augmenter le niveau de l'eau dans le ruisseau sans nom et de déborder dans la plaine inondable. Par conséquent, une partie des milieux humides, pourrait se retrouver inondées pendant les mois de dénoyage.

L'importance de la composante est ÉLEVÉE puisque la valeur écosystémique a été évaluée à élevée compte tenu du rôle des milieux humides dans la préservation de la biodiversité. La valeur socioéconomique a été jugée élevée également puisque les milieux humides sont très importants et font partie d'une protection légale.

L'intensité de l'impact est jugée MOYEN sur la composante puisque les effets du rejet seront atténués par le contrôle du débit qui sera fait de sorte à ne pas inonder sur une période de temps trop longue les milieux humides le long du ruisseau sans nom. Compte tenu de l'aspect local des modifications observées mais qui pourraient s'étendre sur quelques kilomètres en aval du point de rejet, l'étendue

de l'impact sur la composante est jugée MOYENNE. La durée de l'impact est considérée FAIBLE puisqu'il se fera sentir seulement pendant le dénoyage qui ne devrait pas durer plus de 1 à 2 ans.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (élevée), de l'intensité de l'impact (moyen) et de l'étendue (moyenne) et de la durée (faible), la force de l'impact est MOYENNE.

Poissons et habitats de poisson : L'augmentation du débit pourrait affecter les habitats de certaines espèces de poissons si les vitesses de courant ou les profondeurs d'eau sont trop importantes. Une étude des vitesses et des profondeurs en fonction du débit a été faite au droit de 57 sections d'écoulement et les résultats ont montré que la quantité de frayères allait augmenter avec l'augmentation du débit dans le cours d'eau jusqu'à un maximum d'environ 3,5 m^3/s pour les frayères d'omble de fontaine. Afin de ne pas avoir de modification de la composante du poisson et de son habitat, les vitesses et les profondeurs d'eau doivent être respectées.

L'importance de la composante est ÉLEVÉE puisque la valeur écosystémique a été évaluée à élevée compte tenu de l'importance de la préservation des poissons et de leurs habitats dans la préservation de la biodiversité. La valeur socioéconomique a été jugée élevée également puisque cette composante est importante pour les communautés locales.

L'intensité de l'impact est jugée FAIBLE sur la composante puisque les effets du rejet vont améliorer la quantité des frayères en augmentant la vitesse et la profondeur de l'eau du ruisseau. Compte tenu de l'aspect positif et local des modifications observées bien qu'elles pourraient s'étendre sur quelques kilomètres en aval du point de rejet, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée FAIBLE. La durée de l'impact est considérée FAIBLE puisqu'il se fera sentir seulement pendant le dénoyage qui ne devrait pas durer plus de 1 à 2 ans.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (élevée), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (faible) et de la durée (faible), la force de l'impact est TRÈS FAIBLE.

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau sera modifiée par le dénoyage de la fosse. Compte tenu que l'eau de la fosse sera traitée au besoin, il n'est pas anticipé de modification significative de cette composante. La faible modification de cette composante pourrait quand même engendrer une modification de la composante du poisson et de son habitat.

Poissons et habitats de poisson : La modification de la qualité de l'eau pourrait avoir des effets sur cette composante. Cependant, les concentrations actuelles dans le ruisseau, auxquelles on ajouterait celle provenant du dénoyage des fosses ne devraient pas produire une augmentation significative.

L'importance de la composante est ÉLEVÉE tel qu'expliqué précédemment. L'intensité de l'impact est jugée FAIBLE sur la composante puisque l'augmentation des concentrations des paramètres seront faible. Compte tenu de l'aspect local des modifications observées, l'étendue de l'impact sur la composante est jugée FAIBLE. La durée de l'impact est considérée FAIBLE puisqu'il se fera sentir seulement pendant le dénoyage qui ne devrait pas durer plus de 1 à 2 ans.

Compte tenu de l'importance environnementale de la composante (élevée), de l'intensité de l'impact (faible) et de l'étendue (faible) et de la durée (faible), la force de l'impact est TRÈS FAIBLE.

Conclusion

Le tableau 9.5 présente la liste des actions en lien avec les composantes modifiées directement et indirectement. Pour chaque composante modifiée, on présente des mesures d'atténuation afin de déterminer si l'action peut avoir un effet résiduel sur l'enjeu. Ainsi, le tableau 9.5 permet de mettre en évidence que l'enjeu #3 qui est le maintien de la quantité d'habitats floristiques et fauniques et de leur qualité n'est plus critique après l'application des mesures d'atténuation.

Le dénoyage des fosses sera fait de façon à respecter cet enjeu et à permettre le maintien de la quantité d'habitats floristiques et fauniques et de leur qualité.

TROILUS

Tableau 9.4 Grille des impacts structurés pour l'enjeu #3 La maintien de la quantité d'habitats fauniques et floristiques

Action *Source d'impact*	**Composante du milieu physique touchée** *Modification directe*	**Composante touchée** *Modification indirecte*	**Impact des modifications** *Descripteur*	**Mesures d'atténuation** *Descripteur*	**Impact résiduel** *Descripteur*	**Suivi**
Rejet de l'eau dans le ruisseau sans nom *Augmentation du débit*	**Hydrologie** *Modification de l'hydrologie du ruisseau sans nom*	**Poissons** *Modification des vitesses et profondeurs d'écoulement*	**Modification des frayères** *Impact positif dans ce cas car la vitesse et la profondeur de l'eau augmente la quantité de frayères potentielles*	**Contrôle du débit**	**Très faible**	Mesures de vitesse et profondeur d'eau à des sections critiques
		Milieux humides *Certains secteurs inondés pendant le dénoyage*	**Modification de la végétation** *Il pourrait y avoir modification de la végétation*	**Contrôle du débit**	**Moyen**	Suivi de la hauteur d'eau dans certains sections
	Qualité de l'eau *Augmentation des concentrations en contaminants*	**Poissons** *Contamination des chairs de poisson*	**Modification de la santé des poissons** *L'accumulation des métaux peut modifier la santé des poissons.*	**Mise en place d'une usine de traitement des eaux**	**Très faible**	Suivi de la qualité de l'eau

10. MESURES D'ATTÉNUATION ET SUIVI

10.1 Mesures d'atténuation

Troilus Gold effectue des travaux d'exploration sur le site depuis déjà deux années. Des procédures ont été mises en place pour la protection de l'environnement. Par exemple, il existe une procédure en cas de déversement, les véhicules sont déjà munis de trousse de nettoyage. Toutes ces procédures ne sont pas rappelées ici. Seules les mesures spécifiques avec les activités de dénoyage sont présentées.

Cette section se veut un rappel des mesures d'atténuation qui vont permettre de conserver et de protéger les ressources en eau de surface et souterraine, de préserver l'intégrité du réseau hydrographique et de ses processus et de maintenir la quantité et la qualité des habitats fauniques et floristiques pendant les opérations de dénoyage des fosses.

1) Mesures du débit en amont du point de rejet sur le ruisseau sans nom et contrôle du pompage pour ne jamais dépasser un débit maximal qui sera normalement compris entre 2,5 et 3,5 m^3/s.

2) Traitement des eaux de la fosse, au besoin, afin d'abaisser les concentrations des contaminants pour respecter les critères de la Directive 019.

3) Alimentation de tous les équipements par de l'électricité pour limiter les risques de déversement de produits pétroliers, l'émission des gaz à effet de serre et le bruit.

4) Mise en place d'un dissipateur d'énergie par enrochement au point de rejet pour diminuer la vitesse au bout de la conduite de pompage et diminuer le potentiel d'érosion.

10.2 Suivis

Le dénoyage des fosses engendrera certaines modifications de quelques composantes. Afin de s'assurer de l'efficacité des mesures de mitigation proposées, des suivis de la qualité des eaux de surface dans le ruisseau sans nom seront réalisés. Également, les piézomètres situés autour du site continueront d'être échantillonnés régulièrement et les niveaux de l'eau seront mesurés.

10.2.1 Débits du ruisseau sans nom

En amont du point de rejet, une station de mesure du débit sera installée afin de s'assurer de respecter la capacité du ruisseau sans nom.

10.2.2 Suivi sur la présence des poissons

Suite aux consultations ciblées, des utilisateurs du territoire ont mentionné des préoccupations au niveau du déplacements des poissons. Un suivi sera fait auprès des utilisateurs du territoire pour s'assurer que les débits de dénoyage ne déplacent pas les populations de poissons pêchées par les utilisateurs du territoire.

10.2.3 Mesure de l'épaisseur de la glace du lac A

Suite aux consultations ciblées, des utilisateurs du territoire ont mentionné des préoccupations au niveau du couvert de glace sur le lac A. Troilus Gold fera un suivi du couvert de glace en mesurant l'épaisseur et en communiquant les résultats aux utilisateurs du territoire qui utilisent le lac A (les membres de la famille Awashish) pour s'assurer de la sécurité de la circulation sur le lac A

Le débit de dénoyage pourra être ajusté au besoin.

10.2.4 Eaux de surface

L'eau de dénoyage sera considérée comme un effluent final. Le pH et le débit seront mesurés en continu, et les autres paramètres seront échantillonnés selon la fréquence prescrite par la Directive 019, et sera intégrée au programme de suivi déjà en place sur le site minier. Au minimum, les paramètres suivants seront analysés : pH, MES, As, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn et toxicité.

10.2.5 Eaux souterraines

Des piézomètres sont déjà installés sur le site et le suivi de la qualité des eaux souterraines se fait depuis plusieurs années. Ce suivi se poursuivra pendant le dénoyage. Le programme de suivi respectera les exigences de la Directive 019 (sections 2.3.2 et 2.3.3) qui dictent notamment les paramètres à analyser, la fréquence des prélèvements, l'utilisation et la sélection du seuil d'alerte.

L'échantillonnage se fera conformément au Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales (cahier 3). Les paramètres à analyser proposés sont les suivants :

- Métaux dissous : arsenic, cuivre, fer, nickel, plomb, zinc, cyanures totaux;
- Hydrocarbures C_{10}-C_{50};
- pH, conductivité électrique (*in situ*);
- Ions majeurs (Ca^{+2}, HCO_3^-, K^+, Mg^{+2}, Na^+, $SO4^{-2}$).

Le suivi se fera selon les modalités demandées par le MELCC aux conditions des autorisations ministérielles.

11. CONCLUSION

Le dénoyage des fosses 87 et J4 permettra à Troilus Gold d'atteindre des cibles de forage pour poursuivre les travaux d'exploration sur sa propriété et confirmer le présence d'une minéralisation présumée le long du mur est des fosses 87 et J4.

Les activités de dénoyage seront faites de façon à assurer la protection de l'environnement et plus particulièrement en lien avec les enjeux définis par le MELCC. Tel qu'il est présenté, les préocupations majeurs du MELCC ont été prises en considération et le projet ne portera pas atteinte au milieu.

12. RÉFÉRENCES

BAZOGE, A., D. LACHANCE ET C. VILLENEUVE. 2015. *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'écologie et de la conservation et Direction des politiques de l'eau. 64 p. + annexes.

CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC (CDPNQ). 2019. *Consultation de la banque de données pour les espèces floristiques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées.* MELCC, Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec. Données numériques.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CEAEQ) 2011. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales (cahier 3).
http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/eaux_soutC3.pdf

CÔTÉ, G., WAAUB, J.P., MARESCHAL, B., 2019, L'évaluation d'impact environnemental et social en péril – La nécessité d'agir, Vertigo, volume 17, issue 3.

ENTRACO. 1993 *Projet Troïlus - Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social*, 253 pages + annexes.

GENIVAR 2009 *Plan de fermeture et de restauration du site Troilus*, 482 pages.

GENIVAR 2009 *Rapport d'interprétation du deuxième cycle des ESEE et du suivi biologique provincial de la mine Troïlus*, 274 pages.

GENIVAR 2010 *Plan d'étude du troisième cycle des ESEE de la mine Troïlus*, 144 pages.

GEOCON 1993 *Étude hydrologique et hydrogéologique – Projet Troïlus*, M-5937, 126 pages.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2018. *Cartographie des milieux humides potentiels.* Direction de l'expertise en biodiversité. Données numériques.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2019. *Sentinelle – Outil de détection des espèces exotiques envahissantes.* Site internet : http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/sentinelle.htm

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (MRN). 1994. *Le point d'observation écologique.* Direction de la gestion des stocks forestiers, Service des inventaires forestiers, MRN. 116 p.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF). 2012. *Système d'information écoforestière (SIEF) – Quatrième programme d'inventaire écoforestier – 1/20 000*. Service des inventaires forestiers. Données numériques.

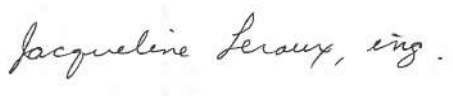
MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2012. *Les milieux humides et l'autorisation environnementale*. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Direction des politiques de l'eau et Pôle d'expertise hydrique et naturel. 41 p. + annexes.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2012. Directive 019 sur l'industrie minière, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 105 p.

TROILUS

13. DÉCLARATION

Je déclare que les documents et renseignements fournis dans ce document sont exacts au meilleur de ma connaissance.



Jacqueline Leroux, ing.
Directrice environnement

TROILUS

ANNEXE A

Résolution de la compagnie autorisant Jacqueline Leroux à signer la demande de certificat d'autorisation

RESOLUTIONS OF THE BOARD OF DIRECTORS OF
TROILUS GOLD CORP.
(the "Corporation")

GRANTING OF AUTHORITY TO MS. JACQUELINE LEROUX AND MR. IAN PRITCHARD

WHEREAS in September 2018, the Corporation designated Ms. Jacqueline Leroux and Mr. Ian Pritchard to manage all matters and sign all required documents, on behalf of the Corporation, relating to article 115.8 of the law relating to the quality of the environment (l'article 115.8 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) pursuant to which Ms. Leroux and Mr. Pritchard have been given the authority to act as the Corporation's authorized representative(s) to the Ministère du Développement durable, de L'environment et de la Lutte contre les changements climatiques (the "Minister") (the "Designation");

AND WHEREAS the Minister requires that the Designation be re-approved on an annual basis;

AND WHEREAS in relation to the authority granted herein, the Corporation will require signatures from both Ms. Leroux and Mr. Pritchard, such signatures not to be given without the prior written approval from the CEO;

AND WHEREAS in connection with the Designation, the Minister requires that the Corporation complete a "Declaration du demandeur ou du titulaire" supported by a resolution of the Corporation's board of directors;

BE IT THEREFORE RESOLVED THAT:

1. the Designation is hereby authorized and re-approved; and

2. any director and/or proper officer of the Corporation be and he is hereby authorized and directed to do all acts and things and to execute and deliver all documents, including without the limitation the "Declaration du demandeur ou du titulaire" substantially in the form circulated to the Board of Directors, or other instruments in writing as he may consider necessary or desirable to carry out the terms of these resolutions.

COUNTERPARTS

BE IT RESOLVED THAT:

1) These resolutions may be signed in two or more counterparts by original, telefacsimile or electronically scanned signature and each such counterpart when taken together shall constitute one and the same resolution and notwithstanding their date of execution shall be deemed to be dated as of the date set forth below.

Dated this 26TH day of September, 2019

ANDREW CHEATLE

PIERRE PETTIGREW

JUSTIN REID

TOM OLESINSKI

JAMIE HORVAT

BRUCE HUMPHREY

DIANE LAI

ANNEXE B

Déclaration du titulaire selon l'article 115.8 de la LQE

Ministère
de l'Environnement
et de la Lutte contre
les changements
climatiques

Québec

« Déclaration du demandeur ou du titulaire » contenant les renseignements exigés en vertu de l'article 115.8 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2)
Personne morale

1. IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

Indiquez le nom figurant sur la déclaration d'immatriculation.

Troilus Gold Corp.
Nom

Indiquez les autres noms utilisés au Québec enregistrés auprès du Registraire des entreprises du Québec.

Autres noms

Indiquez le NEQ.

1163428072
NEQ (Numéro d'entreprise du Québec)

Indiquez les coordonnées complètes du siège social de la personne morale.

36	Lombard Street	Floor 4
No	Rue	Bureau/Appartement

Toronto		M5C 2X3
Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal

Ontario	Canada
Province	Pays

581-481-8557	1100	
No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)

Nombre de personnes (administrateurs, dirigeants et actionnaires) qui ne sont pas visées par la déclaration (ne résidant pas au Canada, ne possédant pas d'établissements au Canada ou personnes morales de droit public)[1] ____

[1] Voir le document intitulé : « Guide explicatif pour remplir la "Déclaration du demandeur ou du titulaire" contenant les renseignements exigés en vertu de l'article 115.8 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) ».

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

2. IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

STATUT ☒ Dirigeant ☒ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☒ M. ☐ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)
Reid	Justin	1973 / 02 / 02

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

No	Rue	Bureau/Appartement
7	Campbell Crt	

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal
Unionville		L3R 2B3

Province	Pays
Ontario	Canada

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)
905-474-2181		

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☒ Autres, précisez : CEO
☐ Secrétaire

IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

STATUT ☐ Dirigeant ☒ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☒ M. ☐ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)
Horvat	Jamie	1970 / 05 / 02

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

No	Rue	Bureau/Appartement
498	Pleasant View Court	

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal
Oakville		L6M 1B4

Province	Pays
Ontario	Canada

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)
905-586-2547		

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☐ Autres, précisez :
☐ Secrétaire

IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

STATUT ☐ Dirigeant ☒ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☒ M. ☐ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)
Humphrey	Bruce	1952 / 01 / 06

No	Rue	Bureau/Appartement
155	William Street	7

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal
Midland		L4R 5N1

Province	Pays
Ontario	

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)
416-505-0177		

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☐ Autres, précisez :
☐ Secrétaire

IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

STATUT ☐ Dirigeant ☒ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☒ M. ☐ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)
Olesinski	Tom	1968 / 05 / 12

No	Rue	Bureau/Appartement
1560	Yew street	

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal
Misissauga		L5H 2B9

Province	Pays
Ontario	Canada

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)
416-355-5020		

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☐ Autres, précisez :
☐ Secrétaire

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

2. IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

STATUT ☐ Dirigeant ☒ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☒ M. ☐ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)
Cheatle	Andrew	1064 / 09 / 26

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

No	Rue	Bureau/Appartement
60	Colborne Street	Suite 706

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal
Toronto		M5E 0B7

Province	Pays
Ontario	Canada

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)
416-861-5903		

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☐ Autres, précisez :
☐ Secrétaire

IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

STATUT ☐ Dirigeant ☒ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☒ M. ☐ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)
Petttigrew	Pierre	1951 / 04 / 18

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

No	Rue	Bureau/Appartement
4107-44	Charles Street West	

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal
Toronto		M4Y 1R8

Province	Pays
Ontario	Canada

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)
416-849-1439		

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☐ Autres, précisez :
☐ Secrétaire

IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

STATUT ☐ Dirigeant ☒ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☐ M. ☒ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)
Lai	Diane	1971 / 12 / 14

No	Rue	Bureau/Appartement
41	Forty Second st.	

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal
Markham		L3P 7K2

Province	Pays
Ontario	Canada

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)
581 481 8557	1302	

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☐ Autres, précisez :
☐ Secrétaire

IDENTIFICATION DES DIRIGEANTS, ADMINISTRATEURS OU ACTIONNAIRES

Indiquez le statut de la personne au sein de la personne morale.

STATUT ☐ Dirigeant ☐ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☐ M. ☐ Mme

Nom	Prénom	Date de naissance (Année / Mois / Jour)

No	Rue	Bureau/Appartement

Indiquez l'adresse personnelle du dirigeant, de l'administrateur ou de l'actionnaire, selon le cas.

Municipalité/Ville	Arrondissement	Code postal

Province	Pays

No de téléphone	Poste	No de télécopieur (facultatif)

Dans le cas d'un dirigeant, indiquez la fonction.

☐ Directeur d'usine ☐ Trésorier
☐ Président ☐ Directeur général
☐ Vice-président ☐ Autres, précisez :
☐ Secrétaire

Veuillez répondre à toutes les questions de cette section.

3. DÉCLARATION OBLIGATOIRE

A Est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 a un lien de dépendance[1], au sens de la Loi sur les impôts (chap. I-3), avec une personne qui exerce une activité similaire, alors qu'une autorisation délivrée en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement ou de ses règlements a été suspendue, révoquée ou a fait l'objet d'une injonction ou d'une ordonnance à cet effet?

Si oui, identifiez la ou les personnes et indiquez la nature des liens de dépendance, ainsi que la nature des activités exercées.

☐ Oui ☒ Non

B Est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 est le prête-nom[1] d'une autre personne?

Si oui, identifiez la personne concernée, de même que la personne pour laquelle elle sert de prête-nom, avec ses coordonnées et sa date de naissance. Indiquez également les motifs qui justifient l'utilisation d'un prête-nom.

☐ Oui ☒ Non

C Au cours des cinq dernières années, est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 a été déclaré coupable :

d'une infraction à une loi fiscale liée à l'exercice d'activités visées par l'autorisation demandée ou détenue?

Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'infraction et la date de la déclaration de culpabilité et décrivez sommairement les activités à l'occasion desquelles l'infraction a été commise.

☐ Oui ☒ Non

d'un acte criminel lié à l'exercice d'activités visées par l'autorisation demandée ou détenue?

Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'acte criminel et la date de la déclaration de culpabilité et décrivez sommairement les activités à l'occasion desquelles l'acte criminel a été commis.

☐ Oui ☒ Non

d'un acte criminel prévu aux articles 467.11 à 467.13 du Code criminel (Lois révisées du Canada, 1985, chapitre C-46)?

Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'acte criminel et la date de la déclaration de culpabilité.

☐ Oui ☒ Non

D Au cours des deux dernières années, est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 a été déclaré coupable d'une infraction à la Loi sur la qualité de l'environnement ou à l'un de ses règlements?

☐ Oui ☒ Non

---

[1] Voir le document intitulé : « Guide explicatif pour remplir la "Déclaration du demandeur ou du titulaire" contenant les renseignements exigés en vertu de l'article 115.8 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) ».

Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'infraction et la date de la déclaration de culpabilité.

E **Au cours des cinq dernières années, est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 a été déclaré coupable d'une infraction à la Loi sur la qualité de l'environnement ou à l'un de ses règlements, dont le montant minimal de l'amende était de 10 000 $ pour une personne physique et de 30 000 $ pour une personne morale (article 115.32 de la Loi sur la qualité de l'environnement)?**
Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'infraction et la date de la déclaration de culpabilité.

☐ Oui ☒ Non

F **Est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 est en défaut de respecter une ordonnance ou une injonction rendue en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement?**
Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez l'objet et la date de l'injonction ou de l'ordonnance.

☐ Oui ☒ Non

G **Est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 est en défaut de payer un montant dû en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement, de toute autre loi dont le ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques est chargé de l'application ou de tout règlement édicté en vertu de celles-ci, y compris le défaut de payer une amende ou une sanction administrative pécuniaire?**
Si oui, identifiez la ou les personnes et précisez les motifs et le montant de la dette.

☐ Oui ☒ Non

H **Est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 a été un dirigeant, administrateur ou actionnaire d'une autre personne morale ayant :**

été déclarée coupable, au cours des deux dernières années, d'une infraction à la Loi sur la qualité de l'environnement ou à l'un de ses règlements?
Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'infraction et la date de la déclaration de culpabilité.

☐ Oui ☒ Non

été déclarée coupable, au cours des cinq dernières années, d'une infraction à la Loi sur la qualité de l'environnement ou à l'un de ses règlements, dont le montant minimal de l'amende était de 10 000 $ dans le cas d'une personne physique et de 30 000 $ dans le cas d'une personne morale?
Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'infraction et la date de la déclaration de culpabilité.

☐ Oui ☒ Non

été déclarée coupable, au cours des cinq dernières années, d'une infraction à une loi fiscale liée à l'exercice d'activités visées par l'autorisation demandée ou détenue?
Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'infraction, ainsi que la date de la déclaration de culpabilité, et décrivez sommairement les activités à l'occasion desquelles l'infraction fiscale a été commise.

☐ Oui ☒ Non

été déclarée coupable, au cours des cinq dernières années, d'un acte criminel lié à l'exercice d'activités visées par l'autorisation demandée ou détenue?
Si oui, identifiez la ou les personnes, indiquez la nature de l'acte criminel, ainsi que la date de la déclaration de culpabilité, et décrivez sommairement les activités à l'occasion desquelles l'acte criminel a été commis.

☐ Oui ☒ Non

été déclarée coupable, au cours des cinq dernières années, d'un acte criminel prévu aux articles 467.11 à 467.13 du Code criminel?
Si oui, identifiez la ou les personnes et indiquez la nature de l'acte criminel et la date de la déclaration de culpabilité.

☐ Oui ☒ Non

I **Est-ce que la personne morale identifiée à la section 1 ou l'un de ses dirigeants, administrateurs ou actionnaires identifié à la section 2 a conclu un contrat de prêt d'argent[1] pour le financement d'activités visées par l'autorisation demandée ou détenue?**

☐ Oui ☒ Non

Si oui, est-ce que ce prêteur d'argent ou, s'il s'agit d'une personne morale, celle-ci ou l'un de ses administrateurs, dirigeants ou actionnaires a, au cours des cinq dernières années :

été déclaré coupable d'une infraction à une loi fiscale liée à l'exercice d'activités visées par l'autorisation demandée ou détenue?
Si oui, identifiez la ou les personnes et indiquez la nature de l'infraction, ainsi que la date de la déclaration de culpabilité, et décrivez sommairement les activités à l'occasion desquelles l'infraction a été commise.

☐ Oui ☒ Non

été déclaré coupable d'un acte criminel lié à l'exercice d'activités visées par l'autorisation demandée ou détenue?
Si oui, identifiez la ou les personnes et indiquez la nature de l'acte criminel, ainsi que la date de la déclaration de culpabilité, et décrivez sommairement les activités à l'occasion desquelles l'infraction a été commise.

☐ Oui ☒ Non

été déclaré coupable d'un acte criminel prévu aux articles 467.11 à 467.13 du Code criminel (Lois révisées du Canada, 1985, chap. C-46)?
Si oui, identifiez la ou les personnes et indiquez la nature de l'acte criminel, ainsi que la date de la déclaration de culpabilité.

☐ Oui ☒ Non

[1] Voir le document intitulé : « Guide explicatif pour remplir la "Déclaration du demandeur ou du titulaire" contenant les renseignements exigés en vertu de l'article 115.8 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) ».

Si la case « Oui » a été cochée pour l'une des quatre questions précédentes et que le prêteur d'argent est une personne physique, indiquez ses coordonnées personnelles.

Si, pour les quatre questions précédentes, la case « Oui » a été cochée et que le prêteur d'argent est une personne morale, indiquez ses coordonnées.

Nom | Prénom | Année | Mois | Jour — Date de naissance

No | Rue | Bureau/Appartement

Municipalité/Ville | Arrondissement | Code postal

Province | Pays

Nom

NEQ (Numéro d'entreprise du Québec)

No | Rue | Bureau/Appartement

Municipalité/Ville | Arrondissement | Code postal

Province | Pays

STATUT ☐ Dirigeant ☐ Administrateur ☐ Actionnaire

IDENTIFICATION ☐ M. ☐ Mme

Indiquez les coordonnées personnelles de chacun des administrateurs, dirigeants et actionnaires de la personne morale agissant comme le prêteur d'argent. Si le nombre de cases est insuffisant, faites des copies.

Nom | Prénom | Année | Mois | Jour — Date de naissance

No | Rue | Bureau/Appartement

Municipalité/Ville | Arrondissement | Code postal

Province | Pays

4. DÉCLARATION FORMELLE POUR UNE PERSONNE MORALE

Je déclare que les renseignements fournis dans la présente déclaration sont exacts et complets et qu'ils correspondent à ceux recueillis pour chacune des personnes visées par la déclaration.

Leroux	Jacqueline
Nom	Prénom

Jacqueline Leroux.	2019	11	15
Signature	Année	Mois	Jour

Le signataire doit être désigné par une résolution du conseil d'administration de la personne morale.

☒ Résolution du conseil d'administration ci-jointe mandatant le signataire.

Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques peut, en tout temps, vérifier et obtenir les renseignements nécessaires à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement.

Prenez note que le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques peut refuser de délivrer ou de renouveler un certificat d'autorisation, le modifier, le suspendre ou le révoquer si le demandeur ou le titulaire a produit une déclaration, un document ou un renseignement faux ou s'il a dénaturé un fait important pour la délivrance, le maintien ou le renouvellement du certificat d'autorisation (article 115.5 3° de la Loi sur la qualité de l'environnement). De plus, la production d'une déclaration fausse ou trompeuse peut donner lieu à une poursuite pénale.

RESOLUTIONS OF THE BOARD OF DIRECTORS OF
TROILUS GOLD CORP.
(the "Corporation")

GRANTING OF AUTHORITY TO MS. JACQUELINE LEROUX AND MR. IAN PRITCHARD

WHEREAS in September 2018, the Corporation designated Ms. Jacqueline Leroux and Mr. Ian Pritchard to manage all matters and sign all required documents, on behalf of the Corporation, relating to article 115.8 of the law relating to the quality of the environment (l'article 115.8 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) pursuant to which Ms. Leroux and Mr. Pritchard have been given the authority to act as the Corporation's authorized representative(s) to the Ministère du Développement durable, de L'environment et de la Lutte contre les changements climatiques (the "Minister") (the "Designation");

AND WHEREAS the Minister requires that the Designation be re-approved on an annual basis;

AND WHEREAS in relation to the authority granted herein, the Corporation will require signatures from both Ms. Leroux and Mr. Pritchard, such signatures not to be given without the prior written approval from the CEO;

AND WHEREAS in connection with the Designation, the Minister requires that the Corporation complete a "Declaration du demandeur ou du titulaire" supported by a resolution of the Corporation's board of directors;

BE IT THEREFORE RESOLVED THAT:

1. the Designation is hereby authorized and re-approved; and

2. any director and/or proper officer of the Corporation be and he is hereby authorized and directed to do all acts and things and to execute and deliver all documents, including without the limitation the "Declaration du demandeur ou du titulaire" substantially in the form circulated to the Board of Directors, or other instruments in writing as he may consider necessary or desirable to carry out the terms of these resolutions.

COUNTERPARTS

BE IT RESOLVED THAT:

1) These resolutions may be signed in two or more counterparts by original, telefacsimile or electronically scanned signature and each such counterpart when taken together shall constitute one and the same resolution and notwithstanding their date of execution shall be deemed to be dated as of the date set forth below.

Dated this 26TH day of September, 2019

ANDREW CHEATLE

PIERRE PETTIGREW

JUSTIN REID

TOM OLESINSKI

JAMIE HORVAT

BRUCE HUMPHREY

DIANE LAI

ANNEXE C

Wachiih (2018), Caractérisation du l'habitat du poisson – Troilus Gold, 50 pages.

Version finale

Caractérisation de l'habitat du poisson

Troilus Gold



Préparé par
Sébastien Amodeo

Révisé par
Yanick Plourde

Janvier 2019

Wachiih

Table des matières

Équipe de réalisation 2
1. Introduction 3
1.1 Zone d'étude 3
2. Méthodologie 5
3. Résultats 6
3.1 Lac A, A1 et A2 : segments 1 à 11 6
3.2 Lac B vers Lac A : segments 30 à 58 10
3.3 Ruisseau sans nom : segments 12 à 29 14
3.4 Frayères potentielles 18
3.5 Conclusion 18

Liste des annexes

Annexe A – Formulaire de caractérisation de l'habitat du poisson
Annexe B – Index photographique des segments

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Troilus Gold

Jacqueline Leroux	Directrice Environnement
Mathieu Michaud	Coordonnateur Environnement
Félix Quessy-Savard	Technicien en environnement

Wachiih

Directeur de projet	Yanick Plourde, M.Sc.
Chargé de projet	Sébastien Amodeo, M.Sc.
Technicienne de terrain	Janie Martel
Assistants de terrain	Kenny Awashish
	Brent Longchap
Cartographie	Janie Martel
	Sébastien Rioux
Édition	Mélanie Beaudoin

1. INTRODUCTION

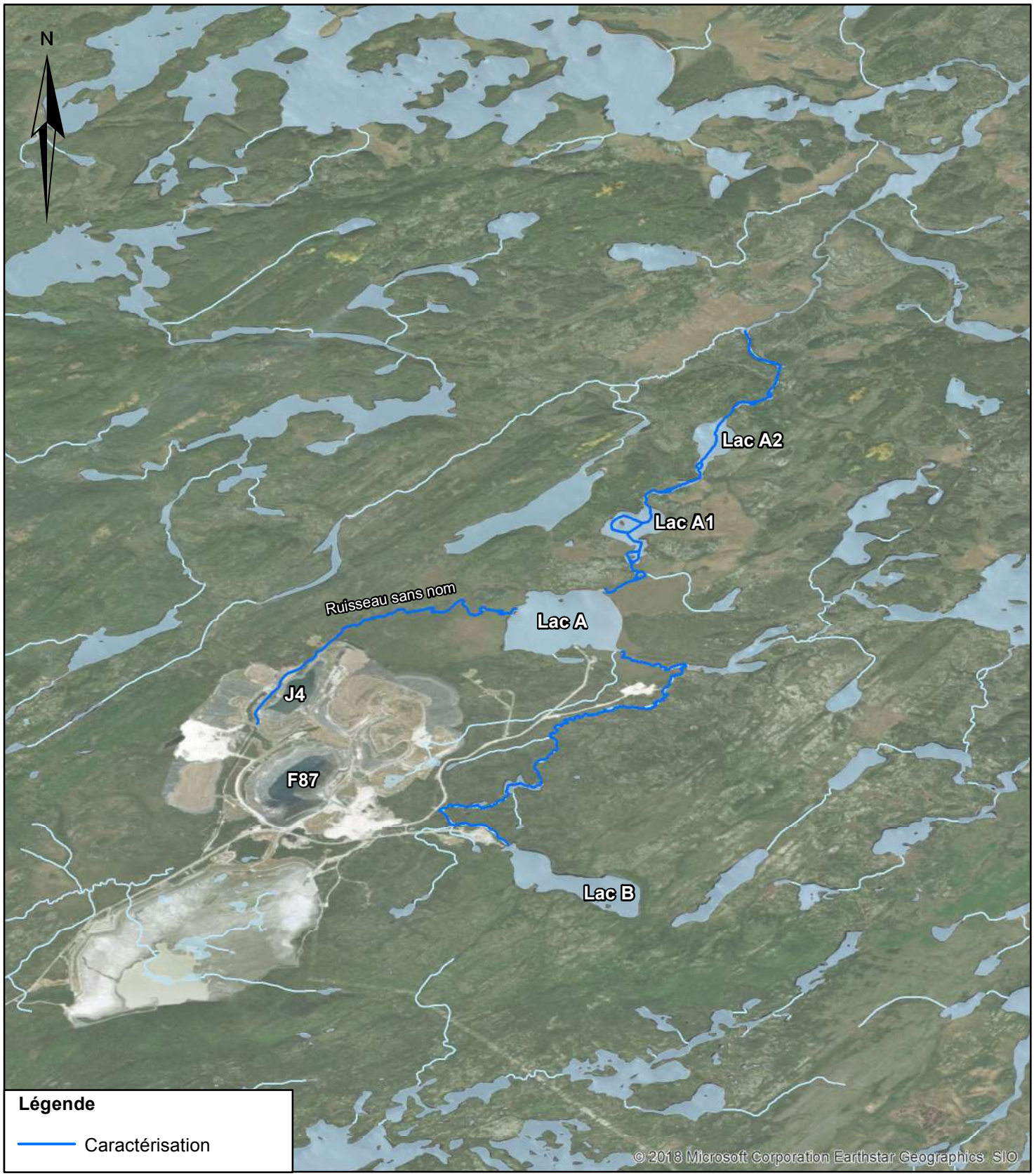
Troilus Gold est une société d'exploration minière établie à Toronto qui se concentre sur les projets d'exploration au stade avancé et la mise en valeur précoce, ainsi que sur l'expansion éventuelle des ressources minérales et la réouverture de l'ancienne mine d'or et de cuivre Troilus. Le site minier de Troilus, d'une superficie de 4 700 ha, se trouve au nord-est du district minier de Val d'Or, dans la ceinture de roches vertes Frotet-Evans, à environ 170 km au nord de Chibougamau. Entre 1997 et 2010, Inmet Mining Corporation a exploité la mine à ciel ouvert de Troilus. Cette dernière a produit plus de 2 millions d'onces d'or et près de 70 000 tonnes de cuivre. Troilus Gold estime que les zones au-dessous et autour des anciennes fosses contiennent plusieurs millions d´onces d´or, ce qui pourrait justifier sa réouverture. Cette réouverture, le cas échéant, nécessiterait le dénoyage des fosses F-87 et J-4. À cet égard, les lacs A et B sont considérés comme exutoires potentiels.

Wachiih, une compagnie autochtone de Mistissini et associée au Groupe Desfor, a été mandatée par Troilus Gold pour documenter la demande de certificat d'autorisation à déposer au MDDELCC pour le dénoyage des fosses à partir de l'été 2019. Les données recueillies permettront aussi d'identifier, en amont du projet, des contraintes ou de fortes résistances environnementales qui pourraient compromettre le développement du projet ou encore occasionner des coûts et des délais importants pour obtenir les autorisations gouvernementales nécessaires.

Ce rapport présente les résultats de la caractérisation de l'habitat du poisson réalisé en octobre 2018 dans les exutoires potentiels pour le dénoyage des fosses.

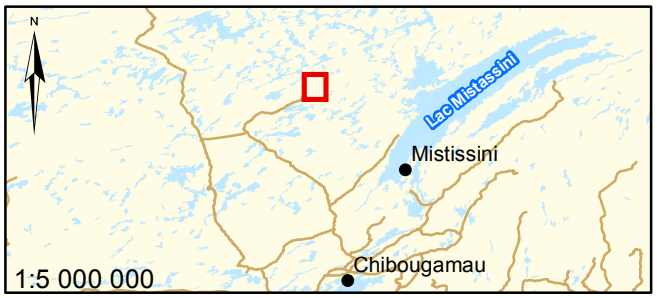
1.1 Zone d'étude

La carte 1 présente la zone d'étude où la caractérisation de l'habitat du poisson a été effectuée.



Légende

Caractérisation



750 375 0 750 Mètres 1:75 000

CLIENT
TROILUS GOLD

CONSULTANT
Wachiih

FICHIER
141018001_C1_zone_etude

TITRE
LOCALISATION DU SITE

NOTES
Source: Inventaire terrain Wachiih 2018
Projet interne 141018001
Système de coordonnées géographiques: GCS_WGS_1984
Orthophoto: Bing map

DATE
Décembre 2018

Carte 1

2. MÉTHODOLOGIE

La campagne de terrain a été réalisée du 17 au 21 octobre 2018 par Janie Martel, technicienne en écologie appliquée, accompagnée d'un aide-terrain de la communauté de Mistissini, Brent Longchap. Kenny Awashish, le maître de trappe du territoire (« tallyman »), a également partagé ses connaissances du territoire lors de la prise de données relatives à la caractérisation des cours d'eau.

L'habitat du poisson a été caractérisé à bord d'un canot en navigant les cours d'eau concernés par l'étude, à l'exception d'une portion du ruisseau sans nom qui a été parcourue à pied. Les cours d'eau ont été divisés en segments homogènes, soit en segment où l'habitat (faciès d'écoulement et le type de substrat) est relativement uniforme. Lors de la caractérisation, les informations suivantes ont été recueillies : le type (classe) de substrat (tableau 1) et le faciès d'écoulement (tableau 2).

Tableau 1. Types (classe) de substrat

Classe	Code	Diamètre (mm)
Roc	R	Roche mère
Gros bloc	B^x	> 1 000
Bloc	B	250 à 1 000
Galet	G	80 à 250
Caillou	C	40 à 80
Gravier	V	5 à 40
Sable	S	0,125 à 5
Limon	L	0,125 à 0,0039
Argile	A	< 0,0039

Tableau 2. Types de faciès d'écoulement

Type	Code	Description
Chute	CT	Segment d'un cours d'eau où le lit présente une dénivellation brusque. Ce dernier est alors constitué de roche en place avec quelquefois de très gros blocs. Il s'agit d'obstacles à la migration des poissons migrateurs souvent infranchissables.
Cascade	CA	Rupture de pente en forme d'escalier, où dominent les blocs et le roc comme composantes du lit. Ce type d'obstacle est habituellement franchissable quoiqu'il puisse être, à certains endroits, insurmontable par les poissons migrateurs.
Rapide	RA	Légère rupture de pente où le courant est rapide et la surface de l'eau est brisée par la présence de matériaux grossiers qui affleurent. La granulométrie du lit s'échelonne généralement des galets aux gros blocs.
Seuil	SE	Secteur peu profond constituant un haut-fond ou une légère rupture de pente du lit du cours d'eau. L'écoulement y est assez rapide et la granulométrie se situe habituellement dans la gamme des graviers, cailloux et galets.
Chenal	CH	Segment où la profondeur d'eau, d'environ 1 m et plus, est constante. Le courant varie de modéré à lent et la surface de l'eau demeure lisse. La granulométrie des matériaux varie du sable au galet.
Bassin	BA	Zone d'eau profonde localisée souvent au pied d'un obstacle et correspondant la plupart du temps à un élargissement du cours d'eau. Le courant est lent, favorisant la sédimentation.
Lac	LA	Section lentique du cours d'eau.
Confluent	CO	Lieu où se rejoignent plusieurs cours d'eau. Le confluent peut être confus, marécageux, constitué de bras multiples, et il peut être difficile de discerner quelle est la branche mère et quel est l'affluent.

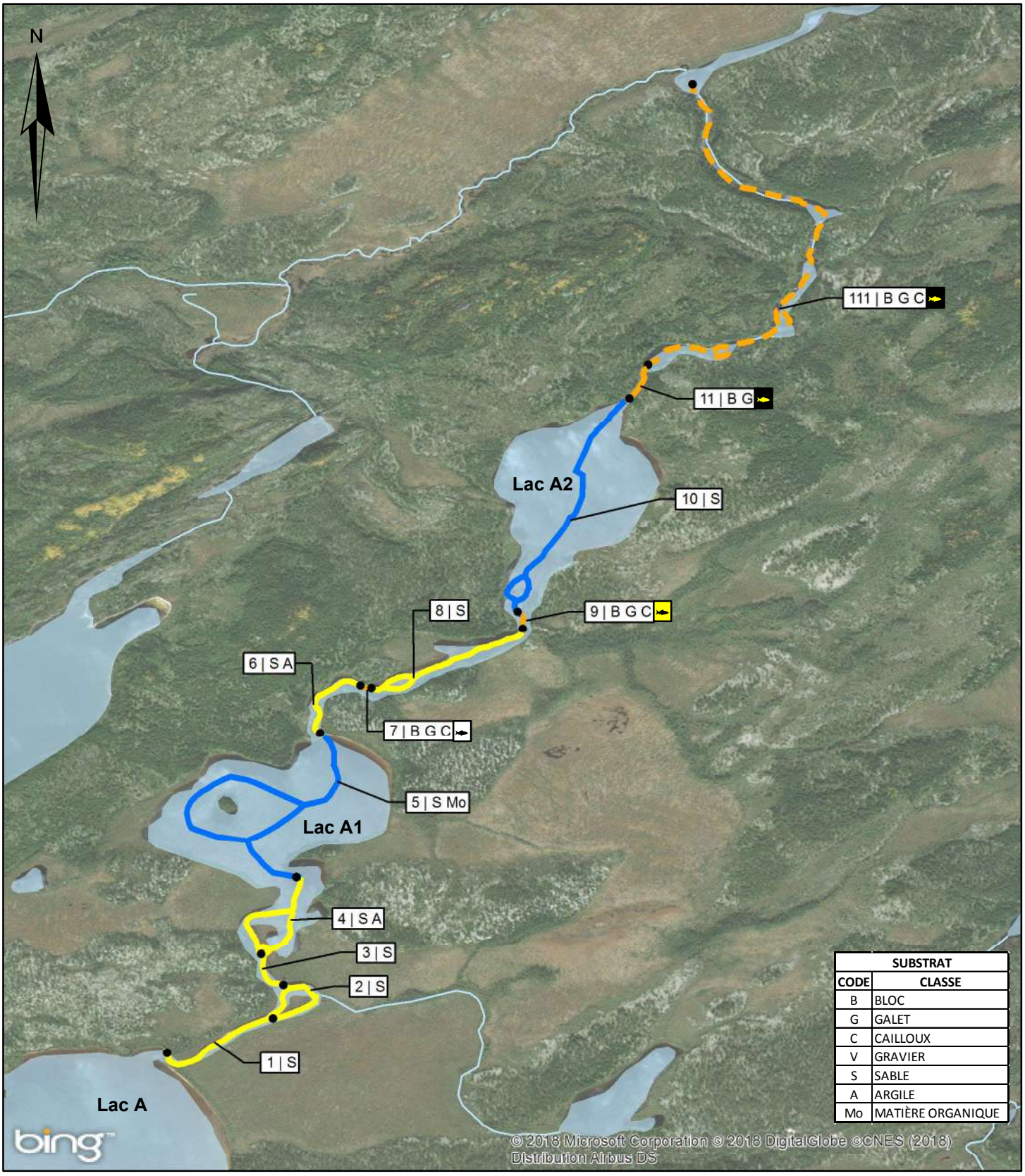
Outre ces informations, les données répertoriées dans le formulaire en annexe 1 ont aussi été recueillies. Finalement, la largeur des cours d'eau à la ligne naturelle des hautes eaux, ainsi que la présence d'habitats sensibles comme des frayères potentielles à omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), à doré jaune (*Sander vitreus)* et à meunier (*Catostomus sp),* ont aussi été répertoriées. Les coordonnées GPS des segments homogènes inventoriés ont été notées et des photos représentatives du milieu ont été prises, notamment pour des éléments importants comme la présence de frayères.

3. RÉSULTATS

L'information recueillie lors de la campagne de caractérisation réalisée du 17 au 21 octobre 2018 est décrite dans les prochaines sections. Un index photographique des segments se trouve en annexe B.

3.1 Lac A, A1 et A2 : segments 1 à 11

L'émissaire du Lac A (carte 2) débute par un chenal sablonneux d'une largeur moyenne de 10 m à la ligne des hautes eaux (segment 1), puis se rétrécit à environ 5 m jusqu'à une petite île (segment 2).



SUBSTRAT	
CODE	CLASSE
B	BLOC
G	GALET
C	CAILLOUX
V	GRAVIER
S	SABLE
A	ARGILE
Mo	MATIÈRE ORGANIQUE

LÉGENDE

- Chenal
- Lac
- Rapide
- Rapide / Savoir traditionnel

1|GBC
- Granulométrie
- Numéro de segment homogène

- Frayère potentielle DORÉ/MEUNIER
- Frayère confirmée MEUNIER
- Frayère confirmée DORÉ

200 100 0 200 Mètres 1:20 000

CLIENT
TROILUS GOLD

CONSULTANT
Wachiih

FICHIER
141018001_C2_LacA_A1_A2

TITRE
CARACTÉRISATION SECTEUR LAC A, A1 ET A2

NOTES
Source: Inventaire terrain Wachiih 2018
Projet interne 141018001
Système de coordonnées géographiques: GCS_WGS_1984
Orthophoto: Bing map

DATE
Décembre 2018

Carte 2

Le cours d'eau reprend un parcours sinueux en rive gauche (segment 3) avant de se diviser entre des îles (segment 4) formant un bassin de sable et d'argile de 100 m de largeur ayant une sortie vers le Lac A1 en rive droite (segment 5). L'émissaire du Lac A1 commence par un chenal d'une largeur de 10 m (segment 6) et rétrécit un peu au niveau d'un rapide formé de blocs, de galets et de cailloux (segment 7). Selon Kenny Awashish, ce rapide est utilisé pour la fraie du meunier (*Catostomus sp*). Selon lui, du doré jaune (*Sander vitreus*) se trouve dans le bassin en aval. Puis le cours d'eau s'étend sur 30 m de largeur (segment 8) avant de rétrécir au niveau d'un second rapide comportant une frayère à doré jaune (segment 9) et rejoint le Lac A2 (segment 10). En raison des conditions hivernales déjà présentes, la caractérisation n'a pas pu se faire au-delà de l'émissaire du Lac A2 où l'on retrouve un long rapide d'une largeur de 8 m composé de blocs et de galets (segment 11). Le rapide se prolonge au-delà de cette zone (segment 111, non-caractérisé), Il y aurait possiblement, selon M. Awashish, des frayères à doré et à meunier dans ce tronçon de rivière.

Le tableau 3 résume les observations effectuées aux lacs A, A1 et A2.

Tableau 3. Caractérisation des lacs A, A1, A2 (segments 1-11)

# segment	Coordonnées GPS		Type d'écoulement	Faciès	Granulométrie	Largeur moyenne (m)	Profondeur moyenne (m)	Pente du lit	Fonction habitat	Herbier submergé/émergé	Rives	Commentaires
1	-74,427949	51,035533	Permanent	Chenal	Sable	10	0,7	Faible	Alimentation		Étendue, arbustive, arborescente	Savoir traditionnel; présence brochet
2	-74,424412	51,036638	Permanent	Chenal	Sable	5	0,7	Faible	Alimentation		Étendue, arbustive, arborescente	ile Savoir traditionnel; présence brochet
3	-74,423792	51,037693	Permanent	Chenal	Sable	4	0,7	Faible	Alimentation		Étendue, arbustive, arborescente	Savoir traditionnel; présence brochet
4	-74,424584	51,038700	Permanent	Chenal	Sable; argile	100	0,7	Faible	Alimentation		Étendue, arbustive, arborescente	iles, Savoir traditionnel; présence brochet
5	-74,423316	51,041411	Permanent	Lac		500	7	Faible	Alimentation		Étendue, arbustive, arborescente	Lac A1 Savoir trad; CACA CACO SAVI COCL SAFO
6	-74,422545	51,046186	Permanent	Chenal	Sable; argile	10	4	Faible	Alimentation		Étendue, arbustive, arborescente	Savoir trad; CACA CACO SAVI COCL SAFO
7	-74,421415	51,047941	Permanent	Rapide	Bloc; galet; cailloux	6	0,5	Moyenne	Fraie confirmée meunier		Étendue, arbustive, arborescente	Savoir traditionnel;
8	-74,421092	51,047814	Permanent	Chenal	Sable	30	0,6	Faible	Alimentation; Alevinage	Émergent	Étendue, arbustive, arborescente	Savoir trad; CACA CACO SAVI COCL SAFO
9	-74,415819	51,049680	Permanent	Rapide	Bloc; galet; cailloux	7	0,7	Moyenne	Fraie confirmée doré		Étendue, arbustive, arborescente	Savoir traditionnel;
10	-74,415899	51,050323	Permanent	Lac	Sable	400	6	Faible	Alimentation		Étendue, arbustive, arborescente	Lac A2 Savoir trad; SAVI COCL SAFO
11	-74,412360	51,057517	Permanent	Rapide	Bloc; galet	10	1,2	Forte	Fraie potentielle doré, meunier		Étendue, arborescente, arbustive	
111	-74,454565	51,032703	Permanent	Rapide	Bloc; galet; cailloux				Fraie potentielle doré, meunier			Savoir traditionnel, non validé au terrain

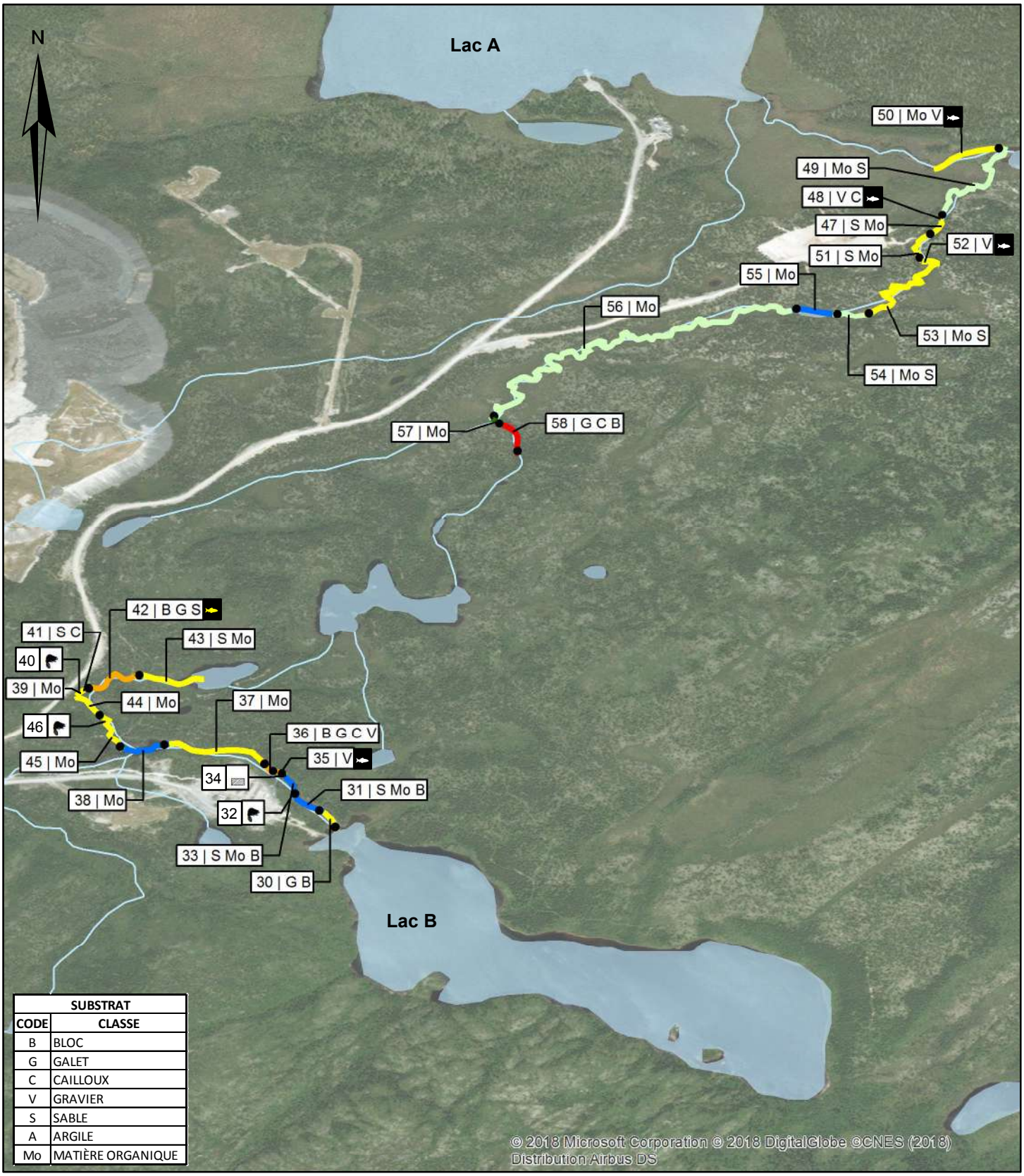
3.2 Lac B vers Lac A : segments 30 à 58

L'entrée de l'émissaire du Lac B (carte 3) est un chenal d'une largeur moyenne de 15 m recouvert de blocs et de galets (segment 30), suivi de deux bassins sur un lit de sable et de blocs (segments 31 et 32) séparés par un ancien barrage de castors. À la sortie du deuxième bassin, le cours d'eau est obstrué par des blocs de ciment et autres débris ligneux et métalliques puis dévale une pente forte sous la forme d'un rapide avec un lit de gravier routier en premier lieu (segment 35), suivi d'un segment à forte pente (36) au substrat de blocs, de galets, de cailloux et de gravier. En rive gauche, un tuyau de PVC dévie 50 % du débit d'eau en provenance du 2^{e} bassin (segment 32) jusqu'à la moitié de la cascade (limite des segments 35 et 36). À la base de la cascade, débute un long chenal de 30 m de largeur dont les rives ont une pente de 45 degrés (segment 37) jusqu'à un gros bassin de 100 m de diamètre. Le déversoir de ce bassin est obstrué par un ancien barrage de castor et débute par un circuit divisé en plusieurs petits embranchements (segment 46) qui convergent sous la forme d'un chenal unique ayant pour substrat de la matière organique (segment 45). Dans cette portion, le cours d'eau est bordé d'arbustes et est couvert de débris ligneux à plusieurs endroits.

Par la suite, le cours d'eau se divise à nouveau dû à la présence d'un troisième barrage de castor en aval (segment 44) avant de retrouver un faciès en chenal de 8 m de largeur avec une granulométrie de sable et de gravier (segment 41). À cet endroit, le cours d'eau passe près d'une route. Puis, une série de petits rapides s'enchainent (segment 42) avant de ralentir dans un chenal menant à un petit lac sans nom (segment 43). Celui-ci est suivi d'un lac plus grand (zone non caractérisée). L'exutoire de ce lac se caractérise par une série de petits rapides formant une cascade dont le substrat est composé de cailloux et de galets (segment 58). Après la cascade, le cours d'eau se disperse et fait place à plusieurs rigoles s'étendant sur 50 m de largeur (segment 57), puis celles-ci se rassemblent dans un méandre calme (segment 56). Celui-ci se transforme en bassin (segment 55), puis retrouve la forme d'un méandre d'une largeur de 15 m (segment 54) qui se rétrécit finalement en chenal d'une largeur de 3 m (segments 53 et 51). Majoritairement composé de matière organique, ce chenal est recouvert de gravier sur une portion de 2-3 m (segment 52). Le chenal entre ensuite sous un couvert boisé (segment 47) et croise un pont sous lequel repose un substrat de gravier qui s'étend sur quelque mètres représentant un potentiel de fraie pour l'omble de fontaine (segment 48). Le chenal poursuit son chemin en méandre dans un milieu plus ouvert jusqu'au Lac A (segment 49). Le lit du méandre, composé de matière organique, est mélangé à du gravier par endroits (segment 50).

Une partie du cours d'eau n'a pu être caractérisée (entre les segments 43 et 58, voir la carte 4), l'accès étant trop difficile (milieu humide) et compliqué par la venue hâtive de l'hiver. De même, la portion entre le segment 50 et le lac A n'était pas accessible à pied, et il a été impossible de s'y rendre en embarcation, le lac A étant déjà gelé.

Le tableau 4 résume les observations effectuées entre les lacs A et B.



SUBSTRAT	
CODE	CLASSE
B	BLOC
G	GALET
C	CAILLOUX
V	GRAVIER
S	SABLE
A	ARGILE
Mo	MATIÈRE ORGANIQUE

LÉGENDE

- Bassin
- Cascade
- Chenal
- Confluent
- Méandre
- Rapide
- Frayère potentielle DORÉ/MEUNIER
- Frayère potentielle OMBLE DE FONTAINE
- Débris de ciment
- Barrage de castor
- 1|GBC — Granulométrie / Numéro de segment homogène

200 100 0 200 Mètres 1:20 000

CLIENT
TROILUS GOLD

CONSULTANT
Wachiih

FICHIER
141018001_C3_LacB_LacA

TITRE
CARACTÉRISATION SECTEUR ENTRE LAC B & LAC A

NOTES
Source: Inventaire terrain Wachiih 2018
Projet interne 141018001
Système de coordonnées géographiques: GCS_WGS_1984
Orthophoto: Bing map

DATE
Décembre 2018

Carte 3

Tableau 4. Caractérisation entre lacs A et B (segments 30-58)

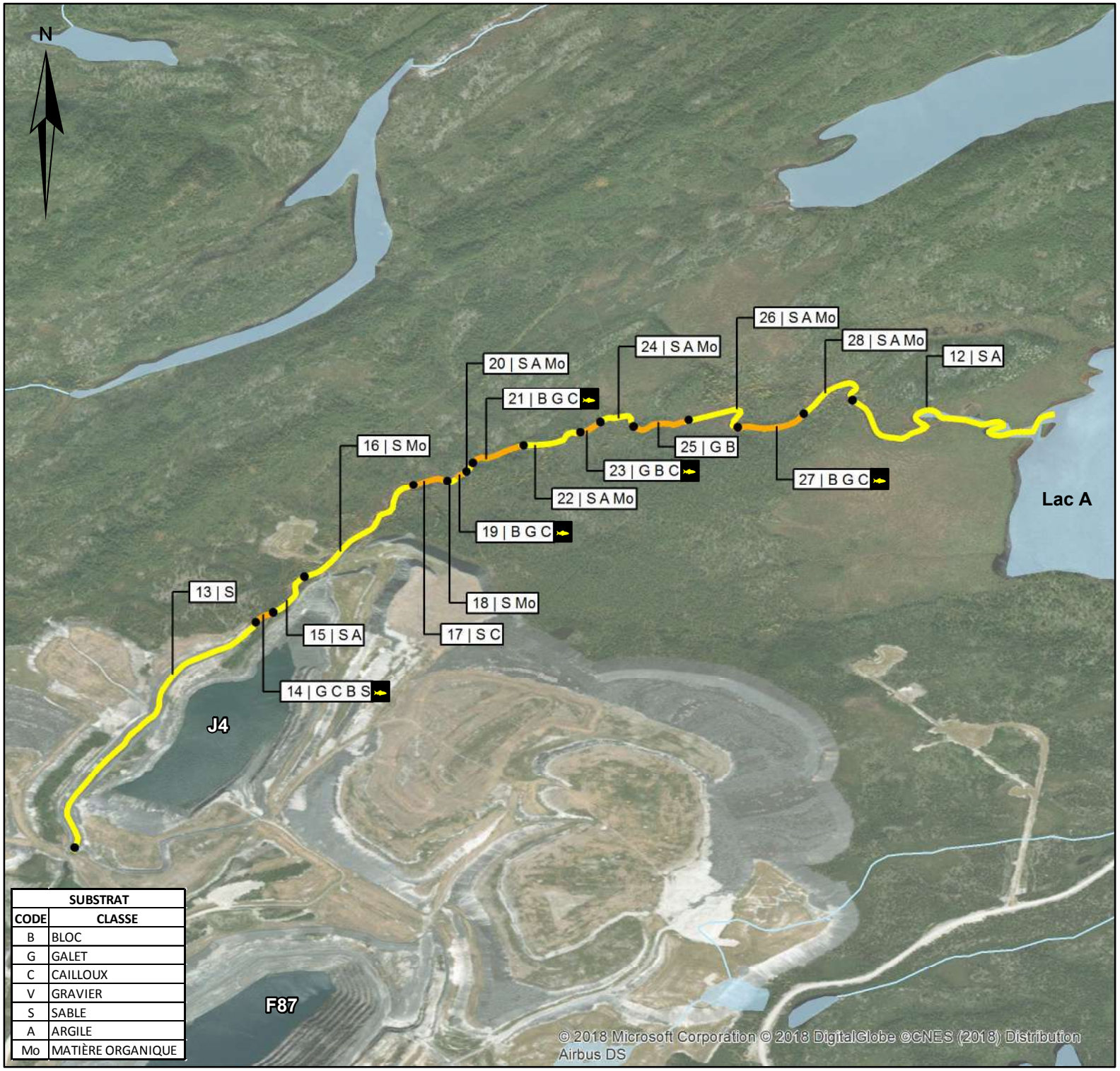
# segment	Coordonnées GPS		Type d'écoulement	Faciès	Granulométrie	Largeur moyenne (m)	Profondeur moyenne (m)	Pente du lit	Fonction habitat	Herbier submergé/émergé	Obstacle	Rives	Commentaires
30	-74,444684	51,007980	Permanent	Chenal	Galet; bloc	15	0,7	Faible	Abri; alimentation			Étendue; arborescente; arbustive	
31	-74,420073	51,025195	Permanent	Bassin	Sable; matière organique; bloc	20	0,7	Faible	Alimentation; alevinage			Étendue; arborescent; arbustive	
32	-74,441728	51,004026									Barrage de castor		vieux
33	-74,427949	51,035533	Permanent	Bassin	Sable; matière organique; bloc	20	0,7	Faible	Alimentation; alevinage; abri	Émergent		Étendue; arborescent; arbustive	
34	-74,441952	51,004701									Débris		Blocs de ciments, tuyau de métal, planche
35	-74,424412	51,036638	Permanent	Rapide	Gravier (partiel)	3	0,2	Forte	Fraie potentielle omble de fontaine			Étendue; arbustive	Gravier route; sortie d'eau tuyau pvc segment 36,
36	-74,423792	51,037693	Permanent	Rapide	Bloc; galet; cailloux; gravier	5	0,5	Forte	Fraie potentielle Doré et meunier			Étendue, arbustive	
37	-74,424584	51,038700	Permanent	Chenal	Matière organique	30	1	Faible	Alimentation; alevinage	Submergé		Entre étendue et encaissée; arbustive; arborescente	Rive 45 degrés
38	-74,423316	51,041411	Permanent	Bassin	Matière organique	100	0	Faible	Abri; alimentation; alevinage	Submergé		Entre étendue et encaissée; arbustive; arborescente	Rive 35 degrés
39	-74,422545	51,046186	Permanent	Chenal	Matière organique	30	0,8	Faible	Abri; alimentation; alevinage	Émergente		Étendue; arbustive; arborescente	Plusieurs chenaux; barrage de castor
40	-74,4489	51,007538									Barrage de castor		Vieux
41	-74,421415	51,047941	Permanent	Chenal	Sable; cailloux	8	0,5	Faible	abri; alimentation			Étendue; arbustive; arborescente	
42	-74,421092	51,047814	Permanent	Rapide	Bloc; galet, sable	5	0,7	Forte	Fraie potentielle Doré, meunier			Étendue; arborescente	Cascade
43	-74,415819	51,049680	Permanent	Chenal	Sable; matière organique	15	0,5	Faible	Alimentation; alevinage; abri	Submergé		Étendue; arbustive	
44	-74,448092	51,006685	Permanent	Chenal	Matière organique	30	0,8	Faible	Abri; alevinage; alimentation			Étendue; arbustive	Plusieurs chenaux; barrage de castor
45	-74,447428	51,005567	Permanent	Chenal	Matière organique	10	0,5	Faible	Alimentation; alevinage; abri	Submergé		Étendue; arbustive; arborescente	Barrage castor à la fin
46	-74,448039	51,006564									Barrage de castor		Vieux
47	-74,446047	51,033636	Permanent	Chenal	Sable; matière organique	7	0,5	Faible	Alimentation; alevinage	Submergée		Étendue; arbustive; arborescente	

48	-74,468621	51,020838	Permanent	Chenal	Gravier; cailloux	10	0,5	Faible	Fraie potentielle omble de fontaine			Étendue; arbustive; arborescente	
49	-74,466393	51,025244	Permanent	méandre	Matière organique; sable	10	1	Faible	Alimentation; alevinage			Étendue; arbustive; arborescente	
50	-74,466165	51,025452	Permanent	Chenal	Gravier recouvert de Matière organique	15	1,5	Faible	Fraie potentielle omble de fontaine	Émergente		Étendue: herbacée; arborescente	Gravier très sale
51	-74,464511	51,027497	Permanent	Chenal	Sable; matière organique	10	0,5	Faible	Alimentation; alevinage	Submergée		Étendue: herbacée; arborescente	Continuité segment 47
52	-74,460865	51,030607	Permanent	Chenal	Gravier	10	0,7	Faible	Fraie potentielle omble de fontaine			Étendue: herbacée; arborescente	3m x4m de gravier
53	-74,459720	51,030842	Permanent	Chenal	Matière organique; sable	7	1,5	Faible	Alimentation; alevinage	Submergée		Étendue: herbacée; arborescente	
54	-74,459277	51,030898	Permanent	Méandre	Matière organique; sable	15	1,5	Faible	Alimentation; alevinage	Émergente; submergée		Étendue: herbacée; arborescente	
55	-74,459086	51,031053	Permanent	Bassin	Matière organique	30	0	Faible	Alimentation; alevinage; abri	Submergée ; Émergente		Étendue; arborescente; arbustive	Étendue droite; 45 degrés gauche
56	-74,458798	51,031300	Permanent	Méandre	Matière organique	20	1,5	Faible	Alimentation; alevinage; abri	Émergente		Étendue: herbacée; arborescente	
57	-74,457178	51,031965	Permanent	Milieu humide	Matière organique	30	0,7	Faible	Alimentation; alevinage; abri			Étendue; herbacée; arbustive	Se sépare en plusieurs cours d'eau sans courant

3.3 Ruisseau sans nom : segments 12 à 29

Le ruisseau sans nom (carte 4), tributaire du lac A, débute avec une zone naturelle au sud-ouest de la zone minière et est alimenté par le ruissellement de l'eau des montagnes au sud de son bassin versant. Il longe ensuite les fosses F87 et J4. Cette portion du cours d'eau a été déviée de son lit naturel pour lui faire contourner la zone d'exploitation minière. À cet endroit, les rives sont stabilisées en enrochement (section 13). La rivière reprend son apparence naturelle à l'extrémité nord de la fosse J4, débutant avec un petit rapide d'une largeur de 5 m à la ligne des hautes eaux et d'une profondeur moyenne de 0,70 m (segment 14). La rivière se transforme en chenal calme entrecoupé de deux petits rapides (segments 17 et 19), puis de quatre longs rapides (segments 21, 23, 25, 27). Après le premier long rapide (segment 21), le cours d'eau s'élargit à 15 m sur une distance de 20 m puis retrouve sa largeur moyenne de 5 m. À la fin du dernier rapide (segment 27), une île divise la rivière en deux chenaux créant un élargissement notable de 20 m à la ligne des hautes eaux. Le courant principal passe sur la rive gauche. La rivière reprend sa forme de chenal (segment 28) avant de se transformer en méandre jusqu'au lac A (segment 12).

Le tableau 5 résume les observations effectuées au ruisseau sans nom.



SUBSTRAT	
CODE	CLASSE
B	BLOC
G	GALET
C	CAILLOUX
V	GRAVIER
S	SABLE
A	ARGILE
Mo	MATIÈRE ORGANIQUE

LÉGENDE

- Chenal
- Rapide
- 1|GBC — Granulométrie / Numéro de segment homogène
- Frayère potentielle DORÉ/MEUNIER

200 100 0 200 Mètres

1:20 000

CLIENT
TROILUS GOLD

CONSULTANT
Wachiih

TITRE
CARACTÉRISATION SECTEUR RUISSEAU SANS NOM

FICHIER
141018001_C4_ruisseau_sans_nom

NOTES
Source: Inventaire terrain Wachiih 2018
Projet interne 141018001
Système de coordonnées géographiques: GCS_WGS_1984
Orthophoto: Bing map

DATE
Décembre 2018

Carte 4

Tableau 5. Caractérisation du ruisseau sans nom tributaire du lac A (segments 12-29)

# segment	Coordonnées GPS		Type d'écoulement	Faciès	Granulométrie	Largeur moyenne (m)	Profondeur moyenne (m)	Pente du lit	Fonction habitat	Herbier submergé/émergé	Rives	Commentaires
12	-74,446047	51,033636	Permanent	Chenal	Sable; argile	10	1,2	Faible	Alevinage		Étendue, arbustive, arborescente	Savoir traditionnel; brochet
13	-74,468621	51,020838	Permanent	Chenal	Sable	5	0,7	Moyenne	Alevinage		Enrochement	Chenal artificiel, stabilisation en enrochement
14	-74,466393	51,025244	Permanent	Rapide	Galet; cailloux; bloc; sable	5	0,7	Moyenne	Fraie potentielle doré, meunier		Arbustive, arborescente	Début de la portion naturelle du cours d'eau
15	-74,466165	51,025452	Permanent	Chenal	Sable; argile	7	0,8	Faible	Alimentation; alevinage; abri	Émergent	Étendue, arbustive, arborescente	
16	-74,464511	51,027497	Permanent	Chenal	Sable; matière organique	6	1,2	Faible	Alimentation; alevinage; abri	Émergent	Étendue, arbustive, arborescente	
17	-74,460865	51,030607	Permanent	Rapide	Sable; cailloux	6	0,6	Faible			Étendue; arbustive	
18	-74,459720	51,030842	Permanent	Chenal	Sable; matière organique	6	1,2	Faible	Alimentation; alevinage; abri		Étendue; arbustive	
19	-74,459277	51,030898	Permanent	Rapide	Bloc; galet; cailloux	6	0,5	Moyenne	Fraie potentielle doré, meunier		Étendue; arbustive	
20	-74,459086	51,031053	Permanent	Chenal	Sable; argile; matière organique	6	1	Faible	Alimentation; alevinage; abri		Étendue; arbustive; arborescente	
21	-74,458798	51,031300	Permanent	Rapide	Bloc; galet; cailloux	6	0,5	Moyenne	Fraie potentielle doré, meunier		Étendue; arborescente; arbustive	
22	-74,457178	51,031965	Permanent	Chenal	Sable; argile; matière organique	6	1	Faible	Alimentation; alevinage		Étendue; arborescente; arbustive	
23	-74,455247	51,032419	Permanent	Rapide	Galet; bloc; cailloux	6	0,7	Moyenne	Fraie potentielle doré, meunier		Étendue; arborescente; arbustive	
24	-74,454565	51,032703	Permanent	Chenal	Sable; argile; matière organique	6	1	Faible	Alimentation; alevinage		Étendue; arborescente; arbustive	
25	-74,453414	51,032758	Permanent	Rapide	Galet; bloc	6	0,8	Moyenne			Étendue; arborescente; arbustive	

26	-74,451619	51,032808	Permanent	Chenal	Sable; argile; matière organique	7	1	Faible	Alevinage; alimentation		Étendue; arbustive; arborescente	
27	-74,449961	51,032615	Permanent	Rapide	Bloc; galet; cailloux	10	0,5	Forte	Fraie potentielle doré, meunier		Étendue; arborescente; arbustive	
28	-74,447701	51,032957	Permanent	Chenal	Sable; argile; matière organique	8	1	Faible	Alevinage; alimentation		Étendue; arborescente; arbustive	

3.4 Frayères potentielles

Au total, 14 frayères potentielles à doré jaune, à meunier et à omble de fontaine sont indiquées au tableau 6. De ce nombre, le savoir traditionnel révèle que trois d'entre elles seraient utilisées par le doré ou le meunier pour la fraie.

Tableau 6. Frayères potentielles

Secteur	# segment	Coordonnées X	Coordonnées Y	Substrat	Superficie (m^2)	Espèce
Lac A, A1, A2	7*	-74,421415	51,047941	BGC	30	Meunier
	9*	-74,415819	51,049680	BGC	60	Doré
	11	-74,412360	51,057517	BG	120	Doré / meunier
	111*	-74,454565	51,032703	BGC		Doré / meunier
Ruisseau sans nom	14	-74,466393	51,025244	GCBS	25	Doré / meunier
	19	-74,459277	51,030898	BGC	30	Doré / meunier
	21	-74,458798	51,031300	BGC	60	Doré / meunier
	23	-74,455247	51,032419	GBC	30	Doré / meunier
	27	-74,449961	51,032615	BGC	200	Doré / meunier
Entre Lac B et Lac A	35	-74,424412	51,036638	V	10	Omble de fontaine
	42	-74,421092	51,047814	BGS	250	Doré / meunier
	52	-74,460865	51,030607	V	3	Omble de fontaine
	48	-74,468621	51,020838	VC	50	Omble de fontaine
	50**	-74,466165	51,025452	MoV	150	Omble de fontaine

* : Savoir traditionnel

** : À cet endroit, le gravier était partiellement recouvert de matière organique, ce qui n'en fait pas un endroit optimal pour la fraie

3.5 Conclusion

Dans chaque cours d'eau caractérisé, il y a présence de frayères potentielles et/ou confirmées. Ces habitats sensibles devront être pris en compte dans les scénarios de rejet des eaux de dénoyage pour éviter que les hausses de débits n'affectent leur intégrité physique ou qu'elles ne perturbent les activités de fraie printanière du doré jaune et du meunier noir (mai-juin).

Annexe A – Formulaire de caractérisation de l'habitat du poisson

Formulaire de caractérisation de l'habitat du poisson

Nom du projet: _____

Date: _____ **No de projet:** _____

Nom du cours d'eau: _____ **Condition:** 1: Crue - 2: étiage, 3: débit moyen ☐

# segm.	Coord. GPS		Type écoul.[7]	Faciès[1]	Granulo[2]	Larg. moy./ LNHE	Prof. Moy./ Max.	Pente du lit (Fa, M, Fo)	Fonction[3] habitat	Herbier[5] Sub./Ém.	Obstacle[4]	Rives[6]	Photo
	Début	Fin											

1: Ch: Chenal, Ba: Bassin, Fo: fosse, Ra: rapide, Se: seuil, Me: méandre, Ca: cascade, Ct: chute **2**: MO: mat. Org., A: argile: L: limon: S: sable: V: gravier, C: cailloux, G: galet, B: bloc

3: Al.: Alimentation, Ale: Alevinage, F: fraie, A: abri **4**: Fr: franchissable, Fr?: franchissable avec réserve, Inf.: infranchissable, Inf?: infranchissable avec réserve

5: Submergée, Émergente **6**: E: Signe d'érosion, Rec: rives encaissées, Rét: rives étendues, VS: vég. En surplomb, Herb. Rive herbaçée, Ar.: arbustive, Arb: arborescente

7: P: permanent, I: intermittant, S: souterrain

Commentaires:

Croquis (si requis seulement) ou suite des commentaires

# segment: _____	# segment: _____
# segment: _____	# segment: _____

Annexe B – Index photographique



Figure 1. Segment 1



Figure 2. Segment 2



Figure 3. Segment 3



Figure 4. Segment 4



Figure 5. Segment 5



Figure 6. Segment 6



Figure 7. Segment 7



Figure 8. Segment 8



Figure 9. Segment 9



Figure 10. Segment 10



Figure 11. Segment 11



Figure 12. Segment 12



Figure 13. Segment 13



Figure 14. Segment 14



Figure 15. Segment 15



Figure 16. Segment 16



Figure 17. Segment 17



Figure 18. Segment 18



Figure 19. Segment 19



Figure 20. Segment 21



Figure 21. Segment 22



Figure 22. Segment 23



Figure 23. Segment 24



Figure 24. Segment 25



Figure 25. Segment 26

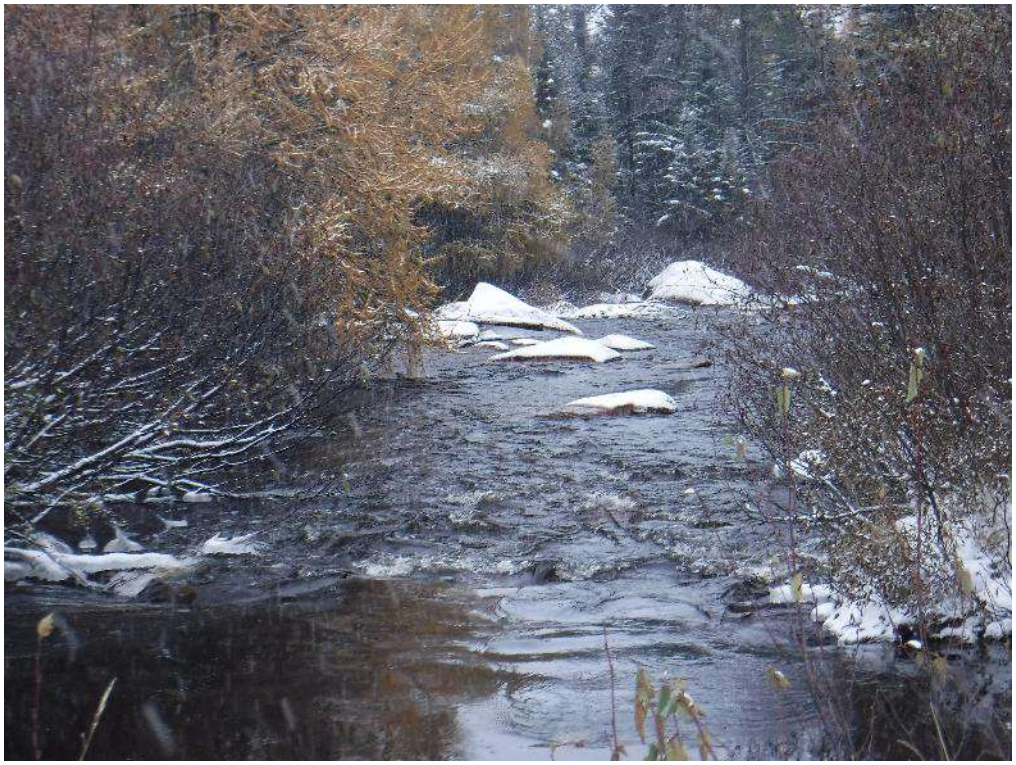


Figure 26. Segment 27



Figure 27. Segment 28



Figure 28. Segment 30



Figure 29. Segment 31

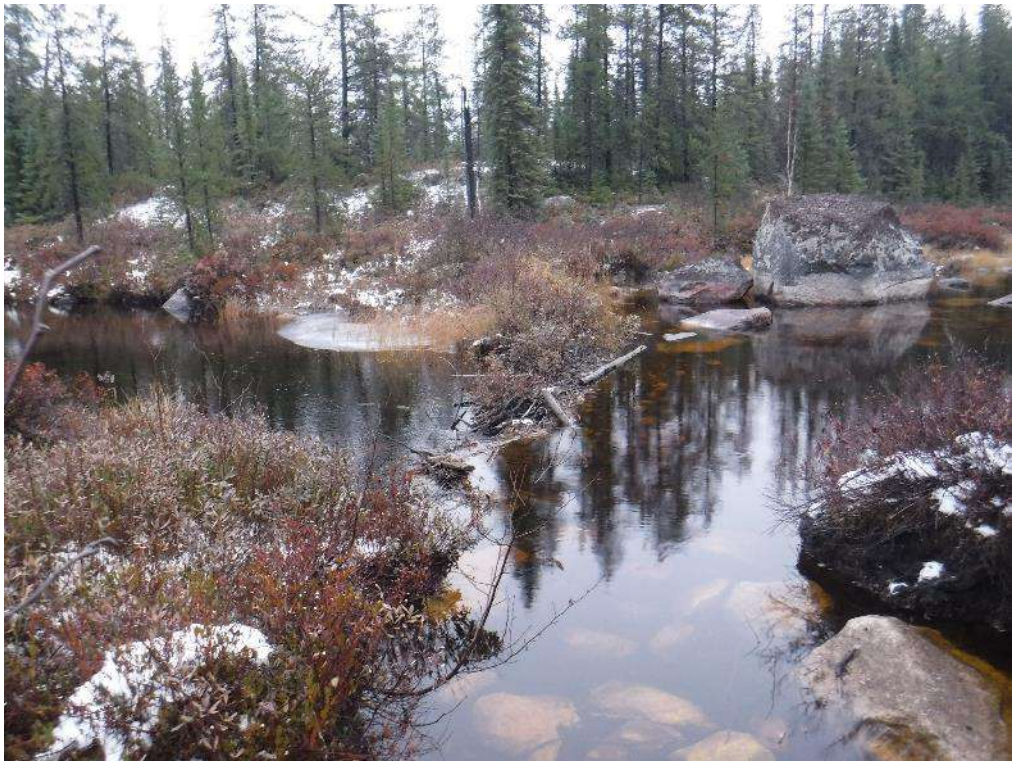


Figure 30. Segment 32



Figure 31. Segment 33



Figure 32. Segment 34



Figure 33. Segment 35



Figure 34. Segment 36



Figure 35. Segment 37



Figure 36. Segment 38



Figure 37. Segment 41



Figure 38. Segment 42



Figure 39. Segment 43



Figure 40. Segment 44



Figure 41. Segment 45



Figure 42. Segment 46



Figure 43. Segment 47



Figure 44. Segment 48



Figure 45. Segment 49



Figure 46. Segment 50



Figure 47. Segment 51



Figure 48. Segment 52



Figure 49. Segment 53



Figure 50. Segment 54



Figure 51. Segment 55



Figure 52. Segment 56



Figure 53. Segment 57



Figure 54. Segment 58

ANNEXE D

Groupe DDM (2019), Détermination des débits propices pour la reproduction des poissons du ruisseau sans nom

TROILUS

Détermination des débits propices pour la reproduction des poissons dans le ruisseau Sans Nom

Novembre 2019







GROUPE DDM

groupe-ddm.com

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Troilus Gold

Directrice – Environnement :	Jacqueline Leroux, ingénieure
Coordonnateur en environnement :	Mathieu Michaud

LAMONT Expert-conseil

Présidente :	Ann Lamontagne, **ing., Ph.D.**

Groupe DDM

Directeur de projet :	Bernard Massé, ing. f.
Chargé de projet :	Claude Lemieux, B. Sc.
Équipe de terrain :	Patrice Bégin, biologiste, B. Sc. Gabriel Leblanc, technicien en géologie (Troilus) Rémi Bergevin, manœuvre (Troilus)
Cartographie :	Denis Sundström, cartographe géomaticien
Édition :	Josée Trudel, réviseure

MH_20

Responsable :	Louis-André Rinfret, ing.

Référence à citer :

GROUPE DDM, 2019. *Détermination des débits propices pour la reproduction des poissons du ruisseau sans nom.* Rapport présenté à Troilus Gold, 16 p. et annexes. *Référence interne : 19-1406.*

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 3
1.1 Contexte et objectifs 3
1.2 Zone d'étude 3
2. MÉTHODE 4
2.1 Revue des données 4
2.2 Caractérisation des segments homogènes 4
2.3 Détermination des débits propices au maintien des fonctions d'habitats de reproduction 9
2.3.1 Identification des espèces cibles et des périodes biologiques critiques 9
2.3.1.1 Fraies printanière et automnale 10
2.3.1.2 Alimentation estivale et période hivernale 10
2.3.2 Démarche pour l'évaluation des débits 10
2.3.2.1 Relevés de terrain 11
2.3.3 Modélisation hydrodynamique 12
2.3.4 Modélisation biologique 12
2.3.5 Traitement des données et interprétation des résultats 13
3. RÉSULTATS 13
3.1 Habitats de fraie des espèces cibles 13
3.2 Débit estimé au moment des observations 14
3.3 Évaluation de la superficie des segments de reproduction en fonction des débits 14
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 15
RÉFÉRENCES 16

CARTE

Carte 1 Localisation d'étude et des stations de section transversale 5
Carte 2 Localisation des stations de section transversale et des segments homogènes 7

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Chronologie de la reproduction des espèces cibles 10
Tableau 2 Superficie des segments de reproduction (m^2) des espèces cibles à différents débits dans le ruisseau Sans Nom 14

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Vue en profil des sections transversales

Annexe 2 Cartes des segments homogènes de Wachiih (2019)

Annexe 3 Rapport de la modélisation hydrodynamique (Rinfret, 2019)

Annexe 4 Données brutes des relevés de terrain

Annexe 5 Caractéristiques des segments cibles et superficie à différents débits

Annexe 6 Répertoire photographique

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectifs

Troilus Gold veut procéder à la mise en valeur des ressources sur le site de l'ancienne mine Troilus située au nord de Chibougamau, sur le territoire Eeyou Istchee-Baie James. En 2018, Troilus Gold a racheté les droits sur la propriété de la compagnie First Quantum Minerals.

Le site de l'ancienne mine Troilus a été restauré au cours des années 2011 à 2018. Troilus Gold désire poursuivre des travaux d'exploration à partir des fosses 87 et J4 qui devront alors être dénoyées. Le ruisseau Sans Nom, lequel longe les fosses, est ciblé comme milieu récepteur des eaux de dénoyage.

Le dénoyage des fosses est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement et le milieu social. Une caractérisation des habitats et des populations de poissons a été réalisée en prévision du dénoyage des fosses (Wachiih, 2019). Les travaux ont porté sur le ruisseau Sans Nom sur une portion du cours d'eau d'environ 10 km, incluant les lacs A, A1 et A2. Les deux derniers kilomètres du ruisseau Sans Nom n'ont pas été couverts lors de ces travaux.

Afin de compléter la description des habitats du poisson et de documenter cette composante dans l'étude d'impact, Troilus Gold a mandaté le Groupe DDM pour vérifier les conditions d'écoulement sur les habitats de reproduction dans le ruisseau Sans Nom en fonction de différents débits. Plus spécifiquement, les travaux ont consisté à :

- Effectuer une revue des données de Wachiih;
- Compléter la caractérisation des habitats du poisson dans le ruisseau dans les deux derniers kilomètres;
- Évaluer les conditions d'écoulement de l'eau dans le ruisseau à différents débits;
- Déterminer si les conditions des débits sont propices pour la reproduction d'espèces de poissons cibles.

1.2 Zone d'étude

La zone d'étude comprend le ruisseau Sans Nom, à l'ouest des fosses 87 et J4, jusqu'à sa confluence avec la rivière située à 13,7 km en aval (nom inconnu, se jetant dans le lac Boisfort). La carte 1 illustre la localisation du ruisseau et des points kilométriques (PK) pour repérage le long de son cours (PK 0 à 13,5). Les lacs A, A1 et A2 sont exclus de la zone d'étude en raison de leurs caractéristiques physiques d'écoulement (lentique).

2. MÉTHODE

Cette section présente d'abord les données qui ont servies à cibler les travaux de terrain requis pour compléter la caractérisation des habitats dans les deux derniers kilomètres du ruisseau. Ensuite, la méthode pour la détermination des débits est exposée.

Les travaux de terrain dans le cadre de cette étude ont été effectués du 17 au 21 septembre 2019. Toutes les données récoltées sont été géoréférencées et intégrées dans un système d'information géographique (SIG ; ArcGIS, version 10.4.1) en format *shapefile*. Les données de caractérisation sont illustrées sur fond de carte par imagerie (photo aérienne géoréférencée ou orthophoto).

2.1 Revue des données

Des données de caractérisation des poissons et de leur habitat ont été récoltées entre les PK 2,5 et 13,5 dans le cadre de l'étude réalisée par Wachiih. La première étape a consisté à analyser les informations contenues dans l'étude de Wachiih afin d'identifier les données pertinentes pour notre mandat et d'identifier les données complémentaires à recueillir sur le terrain entre les PK 0 et 2,5.

Les données considérées dans le cadre de cette étude sont :

- La liste des espèces pour leur reproduction soit:
  - Espèces d'eaux vives : meuniers rouge (Catostomus catostomus), meunier noir (Catostomus commersonii), doré jaune (Sander vitreus), grand corégone (Coregonus clupeaformis), cisco de lac (Coregonus artedi), omble de fontaine (Salvelinus fontinalis);
  - Espèces d'eaux calmes : grand brochet (Esox lucius), perchaude (Perca flavescens);
- Les segments homogènes : faciès d'écoulement et granulométrie du substrat;
- Les fonctions d'habitat.

Les sections suivantes expliquent les méthodes utilisées pour la caractérisation complémentaire et la détermination des débits propices pour le maintien des habitats de reproduction des poissons.

2.2 Caractérisation des segments homogènes

La segmentation homogène complémentaire de l'écoulement de l'eau dans le ruisseau Sans Nom a été réalisée des PK 0 à 2,5 le 18 septembre 2019. Le ruisseau Sans Nom des PK 0 à PK 2.5 a été divisé en segments homogènes en fonction du faciès d'écoulement. Le faciès d'écoulement d'un cours d'eau, lequel est intimement lié au débit (Service de la faune aquatique, 2011), est noté de façon systématique et aide à comprendre l'assemblage des habitats du poisson. Les différents faciès d'écoulement sont les suivants : bassin, seuil, chenal, rapide, méandre, chute, cascade, lac.

La carte 2 illustre l'emplacement des segments homogènes entre les PK 0 à 2,5.

74°28' 74°26' 74°24'

51°5' 51°4' 51°3' 51°2' 51°1'

PK 0
PK 0,5
PK 1,0
PK 1,5
PK 2,0
PK 2,5
PK 3,0
PK 3,5
PK 4,0
PK 4,5
PK 5,0
PK 5,5
PK 6,0
PK 6,5
PK 7,0
PK 7,5
PK 8,0
PK 8,5
PK 9,0
PK 9,5
PK 10,0
PK 10,5
PK 11,0
PK 11,5
PK 12,0
PK 12,5
PK 13,0
PK 13,5

Ruisseau Sans Nom
Ruisseau Sans Nom
Lac A2
Lac A1
Lac A
Fosse J-4
Fosse 87

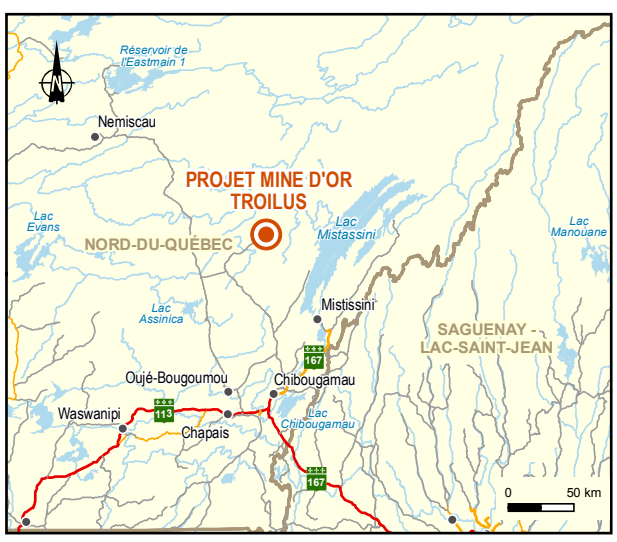
74°28' 74°26' 74°24'

MILIEUX AQUATIQUES

- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent
- PK 2 Point kilométrique
- Sens d'écoulement

HABITAT DU POISSON

- Cours d'eau caractérisé



TROILUS

PROJET TROILUS
Caractérisation complémentaire de l'habitat du poisson

Localisation de la zone d'étude et des points kilométriques

Sources :

BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Composantes du projet, Troilus, 2019

Projet : Troilus
Fichier : 19_1406_c1_dd_loc_hab_poisson_191112.mxd

m 0 250 500 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019 | **Carte 1**

SH-1 Chenal : Galet - Bloc - Vase
SH-2 Rapide : Bloc - Galet
SH-3 Chenal : Vase - Galet - Bloc - Gravier - Sable
SH-4 Rapide : Galet - Bloc
SH-5 Chenal : Vase - Sable - Gravier
SH-6 Rapide : Galet - Bloc - Sable
SH-7 Chenal : Vase - Sable - Gravier

Voir agrandissement pour localisation des segments homogènes

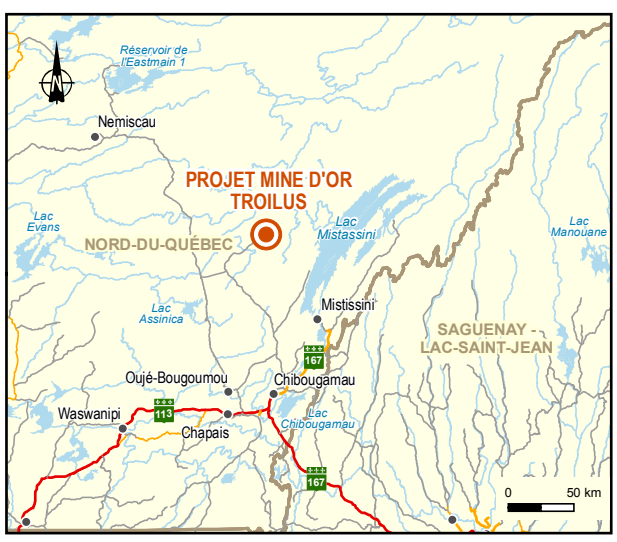
m 0 100 200 m

MILIEUX AQUATIQUES

- Plan d'eau
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent
- PK 2 — Point kilométrique
- Sens d'écoulement

HABITAT DU POISSON

- Cours d'eau caractérisé
- 22 — Section transversale
- SH2 — Limite de segment homogène



TROILUS

PROJET TROILUS
Caractérisation complémentaire de l'habitat du poisson

Localisation des stations de section transversale et des segment homogènes

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2012
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2012
Composantes du projet, Troilus, 2019

Projet : Troilus
Fichier : 19_1406_c2_dd_hab_poisson_191112.mxd

m 0 250 500 m

Projection MTM, fuseau 8, NAD83 (SCRS)

Novembre 2019 | **Carte 2**

Le substrat du ruisseau constitue l'un des éléments permettant de caractériser les habitats aquatiques. Pour uniformiser la prise de données sur le substrat, l'échelle granulométrique standard de Boudreault (1984)[1] a été utilisée. Lors de la prise de données, les classes de granulométrie en ordre décroissant de dominance ont été déterminées.

2.3 Détermination des débits propices au maintien des fonctions d'habitats de reproduction

Compte tenu de la topographie et de la morphologie, le ruisseau Sans Nom présente des caractéristiques d'écoulement sensibles aux variations de débit : la vitesse du courant et les profondeurs peuvent varier considérablement selon que le débit augmente ou diminue.

Afin de préserver la reproduction des poissons dans le ruisseau, la détermination des débits pour maintenir cette fonction d'habitat a été réalisée en suivant les étapes suivantes :

- Identifier les périodes biologiques critiques des espèces cibles sur lesquelles l'accent doit être mis;
- Choisir une approche méthodologique adéquate pour évaluer les débits ;
- Recueillir les données physiques requises pour appliquer l'approche méthodologique;
- Déterminer des débits et les conditions d'écoulement pour des espèces cibles.

2.3.1 Identification des espèces cibles et des périodes biologiques critiques

Le calendrier biologique de la communauté de poissons a été établi à partir des informations disponibles dans la littérature. On reconnaît précisément trois périodes d'activité biologique. Il y a d'abord la période de fraie printanière, pendant laquelle se reproduisent le doré jaune et les meuniers rouge et noir, suivie de la période estivale alors que les espèces sont dans leur phase d'alimentation. Finalement, la période automnale couvre la fraie de l'omble de fontaine et du grand corégone. Pour les fins de détermination de débits, ces espèces ont été ciblées pour chacune de ces périodes en raison de leur intérêt pour la pêche (autochtone) et de leur vulnérabilité à une modification du débit.

Le cisco de lac n'est pas ciblé dans le cadre de cette étude car cette espèce, dans le Québec septentrional, fraye dans des habitats aux caractéristiques physiques très variables (substrat de sable à bloc; profondeur de 1 à 5 m; vitesse du courant de faible à élevée; Genivar, 2003).

En ce qui concerne le grand brochet et la perchaude, ces espèces utilisent les eaux calmes pour se reproduire (lacs, et sections d'écoulement de vitesse inférieure à 0,1 m/s).

[1] Classes granulométriques de Boudreault, 1984 : bloc : > 250 mm; galet : 80 à 250 mm; caillou : 40 à 80 mm; gravier : 5 à 40 mm; sable : < 5 mm; Vase : matière organique, limon, argile.

2.3.1.1 Fraies printanière et automnale

Les espèces ciblées au printemps sont le doré jaune et les meuniers. Les activités de reproduction de ces espèces de poissons en rivière se déroulent dans les aires d'eaux vives. Les espèces ciblées pour la fraie automnale sont l'omble de fontaine et le grand corégone. Ces espèces ont des exigences particulières pour la reproduction, car elles recherchent une combinaison de vitesses d'écoulement, de profondeurs et de substrats qui assure le développement de leurs œufs. La chronologie de la reproduction de ces espèces est résumée au tableau 1.

Tableau 1 Chronologie de la reproduction des espèces cibles

Espèce	Phase et durée de la reproduction[1]	Source
Doré jaune et meuniers noir et rouge	Fraie : 10 juin au 5 juillet (9 à 14°C) Incubation : 10 juin au 10 juillet Larvaire : 25 juin au 15 juillet	Auer, 1982; Magnan et coll., 1998; Hazel et Fortin, 1986
Omble de fontaine	Fraie : 1er au 20 octobre (8 à 5°C) Incubation : 1er octobre au 5 mai Larvaire : 15 mars au 15 juin	Auer, 1982; Crisp, 1981
Grand corégone	Fraie : 16 au 31 octobre (7 à 4°C) Incubation : 16 octobre au 29 mai Larvaire : 25 mai au 5 juin	Auer, 1982

[1] Date estimée à partir de la température de l'eau pour la région

2.3.1.2 Alimentation estivale et période hivernale

L'alimentation des espèces a lieu dans des tronçons à écoulement plus lent (lentique). En hiver, les poissons sont peu actifs et se concentrent aussi dans les zones à écoulement plus faible. Comme ce type de tronçon est abondant dans le ruisseau Sans Nom (chenal, bassin, lacs), la recherche de ce type d'écoulement lentique n'est pas comme une activité biologique sensible dans le cadre de cette étude.

2.3.2 Démarche pour l'évaluation des débits

Pour évaluer les débits afin de protéger les habitats de reproduction dans le ruisseau Sans Nom, une modélisation hydraulique unidimensionnelle a été réalisée en utilisant le logiciel HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Centers River Analysis System;* U.S. Army Corps of Engineers*)*. Ce logiciel de modélisation hydraulique est destiné à simuler l'écoulement, notamment dans les cours d'eau pour analyser les débits.

Le domaine modélisé s'étend sur environ 12 km entre le site minier et la confluence avec la rivière en aval qui se jette dans le lac Boisfort. Les profondeurs du ruisseau ont été mesurées au terrain sur des sections transversales et couvrent le domaine modélisé (carte 2;). Cette méthode permet de représenter et de prévoir les écoulements dans les eaux vives du ruisseau.

La modélisation permet de calculer des vitesses moyennes à partir d'un profil et d'un débit. Ces informations permettent d'établir, pour une espèce donnée, une relation entre le débit et la disponibilité d'habitat propices pour la reproduction.

2.3.2.1 Relevés de terrain

Les travaux de terrain ont été réalisés du 17 au 21 septembre 2019 par Patrice Bégin sous la supervision de Claude Lemieux de la firme DDM. Pour les relevés et la logistique, M. Bégin a été assisté du personnel de Troilus, soit messieurs Mathieu Michaud, Gabriel Leblanc et Rémi Bergevin. Certaines portions de l'aire d'étude s'avérant difficiles d'accès, Troilus a mis à la disposition de l'équipe un hélicoptère durant trois jours. Les relevés suivants ont été effectués :

- Relevés topographiques;
- Segments homogènes de rapides;
- Vitesse du courant.

Relevés topographiques

Au total, 44 sections transversales (perpendiculaires au sens de l'écoulement) ont été mesurées afin de caractériser la morphologie du ruisseau. Sur ces sections, les données prises sont :

- Faciès d'écoulement;
- Substrat dominant;
- Largeur du cours d'eau à l'aide d'un ruban à mesurer ou d'un télémètre:
  - Eau du jour;
  - À la ligne des hautes eaux (LHE);
  - Au haut de talus;
- Pente des talus à l'aide d'un clinomètre;
- Profondeur de l'eau sur la section à l'aide d'une règle graduée.

La LHE a été délimitée selon la méthode simplifiée préconisée par le MELCC (MDELCC, 2015). Sa localisation a été établie à l'aide d'une combinaison d'indicateurs botaniques, topographiques et hydrologiques. L'accumulation de débris, la sédimentation et les encoches d'érosion sont aussi des signes pouvant indiquer l'emplacement de la LHE. Dans certains cas, aucune mesure de la LHE n'a été prise car il n'était pas possible de la déterminer sur le terrain.

Les vues en profil des mesures sur les sections transversales sont présentées à l'annexe 1. Précisons que 13 sections n'ont pas été mesurées en raison de la profondeur trop élevée de l'eau (57 sections prévues au départ).

Segments homogènes de rapides

Des PK 0 à 2,5, trois segments homogènes de rapides ont été identifiés lors des relevés de terrain (carte 2). Ces trois segments sont composés d'un substrat propice pour la fraie du doré jaune, des meuniers et du grand corégone (dominé par le galet et le bloc).

Entre les PK 2,5 à 12, tronçon couvert par Wachiih, 18 segments ont été identifiés comme propices pour la fraie des espèces cibles. Ces segments sont présentés à l'annexe 2 (cartes 1 à 3).

Au total, 21 segments homogènes propices pour la fraie des espèces ont été considérés.

Vitesse du courant

La vitesse du courant a été mesurée à l'aide d'un courantomètre mécanique de marque Global Water, modèle Flow Probe. Des mesures sur toute la largeur du ruisseau ont été prises (18 septembre 2019) sur une section transversale (section 7; annexe 1 et carte 2) afin de calculer un débit instantané (jaugeage). D'autres vitesses du courant ont été mesurées aux sections 18, 23, 27, 35 et 38.

2.3.3 Modélisation hydrodynamique

L'objectif principal de la modélisation hydrodynamique est de prédire localement la profondeur et la vitesse d'écoulement moyenne pour des débits dont on ne possède pas de mesures de terrain. La modélisation permet de reproduire le plus fidèlement possible les conditions d'écoulement à différents débits. Cinquante-sept sections transversales ont d'abord été identifiées afin de bien représenter le ruisseau Sans Nom (carte 2). De ces 57 sections, 44 ont été relevées sur le terrain. Les sections non relevées (13) ont par la suite été complétées par interpolation et certaines sections additionnelles ont été ajoutées au modèle afin de mieux représenter le profil longitudinal du ruisseau. Le modèle hydraulique comprend finalement un total de 68 sections transversales (annexe 3; Rinfret, 2019). De plus, un modèle numérique de terrain, élaboré à partir de relevés LiDAR fournies par Troilus, a été utilisé pour les sections localisées plus en amont.

2.3.4 Modélisation biologique

L'habitat est décrit au moyen de trois variables physiques, soit le substrat, la profondeur de la colonne d'eau et la vitesse d'écoulement.

Les relevés du substrat ont visé à caractériser la nature et la répartition des zones homogènes dans le ruisseau. Le substrat favorable à la fraye pour chaque espèce cible est tiré du document de Wachiih (18 segments; annexe 2) et des trois segments de rapides répertoriés dans le cadre de cette étude (carte 2). La longueur totale des 21 segments possédant les caractéristiques de reproduction en se basant sur le substrat dans le ruisseau Sans Nom, par espèce, est la suivante :

- Doré jaune, meunier noir, meunier rouge et grand corégone : 881 m;
- Omble de fontaine : 603 m.

Pour la profondeur et la vitesse, les valeurs proviennent de la littérature. Pour les espèces cibles, les caractéristiques des frayères pour ces paramètres sont :

- Doré jaune, meuniers et grand corégone (Hazel et Fortin, 1986; Alliance Environnement, 2006; Dumont et Fortin, 1978; Gendron et Fortin, 1984) :
  - Vitesse du courant : 0,5 à 1,5 m/s;
  - Profondeur de l'eau : 0,5 à 1,5 m;
- Omble de fontaine (Stoneman et coll., 1996 ; Hydro-Québec, 2007) :
  - Vitesse du courant : 0,4 à 0,9 m/s;
  - Profondeur de l'eau : 0,1 à 1 m.

L'habitat est décrit au moyen de ces trois variables lesquelles sont considérées les plus déterminantes pour les poissons dans le choix de leur habitat de reproduction. Les conditions d'écoulement ont été simulées pour sept différents débits (de 2,5 m^3/s à 5 m^3/s) afin de quantifier les vitesses du courant et les

profondeurs. La simulation permet de vérifier le respect de ces paramètres dans les 21 segments ciblés pour la reproduction.

2.3.5 Traitement des données et interprétation des résultats

Le traitement des données a consisté à identifier, pour chacun des débits, les segments propices pour les espèces cibles conforment aux trois variables considérées (section 2.3.4). Pour chaque segment conforme à un débit, la superficie a été calculée en multipliant sa longueur par la largeur d'écoulement à la section transversale correspondante (largeur de la surface; Rinfret, 2019; annexe 3).

Précisons que la superficie calculée dans un segment ne correspond pas à celle d'une frayère mais à l'ensemble du segment propice à la reproduction des espèces cibles en conformité des trois variables (substrat, vitesse et profondeur).

3. RÉSULTATS

Les résultats de la modélisation hydrodynamique sont présentés à l'annexe 3. Les données brutes des relevés de terrain sont présentées à l'annexe 4. L'annexe 5 présente les caractéristiques des segments de reproduction des espèces aux 21 sections transversales. L'annexe 6 montre des photos prises au droit de certaines sections lors des travaux de terrain.

3.1 Habitats de fraie des espèces cibles

Les habitats de fraie potentielle ou confirmée du doré jaune et des meuniers ont été déterminés sur la base de la caractérisation du substrat sur le terrain et des connaissances traditionnelles cries.

Pour le grand corégone, cette espèce utilise aussi les rapides pour se reproduire selon les caractéristiques physiques observées dans le ruisseau. Cette espèce a été capturée lors des pêches effectuées en 2019 par l'équipe de Wachiih.

La présence de l'omble de fontaine dans le ruisseau a été confirmée uniquement par le savoir traditionnel cri. Aucune capture de cette espèce, ni observation par les biologistes sur le terrain, indiquant sa présence dans le ruisseau (incluant les lacs) ne permet de statuer hors de tout doute de sa présence. Des sites potentiels pour sa fraie ont été identifiés dans la portion amont du ruisseau (entre les PK 10.5 et 12; carte 1), mais ils sont composés de gravier généralement colmaté par le sable. D'ailleurs, lors des travaux de terrain, la validation de ces segments a permis de constater que le gravier serait d'origine anthropique (via le chemin de contournement du site minier qui longe le ruisseau) et très compacte dans le fond du cours d'eau (pavage). De plus, lors des travaux à la fin septembre, période de rassemblement de l'omble de fontaine sur les sites pour la fraie, aucun poisson de cette espèce n'a été observé dans ces segments du ruisseau.

3.2 Débit estimé au moment des observations

Le débit du cours d'eau a été estimé à partir des mesures (vitesses et profondeurs) observées le 18 septembre 2019 à la section 7. Les simulations hydrodynamiques effectuées permettent d'estimer le débit à ce moment à 2,3 m^3/s (Rinfret, 2019; annexe 3). Les mesures prises à la même période sur la largeur de la surface mouillée (eau du jour) et la largeur à la LHE sur 24 sections transversales (annexe 4) permettent d'établir des largeurs moyennes de 15,2 m pour l'eau du jour et 15,3 m pour la LHE.

3.3 Évaluation de la superficie des segments de reproduction en fonction des débits

Le tableau 2 présente la superficie des segments de reproduction des espèces cibles à différents débits dans le ruisseau Sans Nom.

Tableau 2 Superficie des segments de reproduction (m^2) des espèces cibles à différents débits dans le ruisseau Sans Nom

Débits (m^3/s)		Doré jaune et meuniers	Grand corégone	Omble de fontaine
2,5		2 278 (6)*		2 304 (1)
2,75		2 374 (7)		2 304 (1)
3		2 374 (7)		2 304 (1)
3,5		3 276 (11)		2 304 (1)
4		5 477 (11)		0
4,5		6 285 (11)		0
5		6 584 (12)		0

* Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de segments propices à la reproduction

Note : La superficie est égale à la longueur des segments multipliée par la largeur d'écoulement dans le ruisseau.

Doré jaune, meuniers et grand corégone

Aux débits de 2,5 à 3 m^3/s, la superficie et le nombre de segments pour la reproduction du doré jaune, des meuniers et du grand corégone sont comparables. Ces segments sont majoritairement localisés en amont du lac A (carte 2; sections 50 à 53; annexe 5) et en aval du lac A2 (sections 15, 23 et 27). Aux débits de 3,5 à 5 m^3/s, la quantité d'habitats augmente de près du double en raison de l'atteinte de conditions favorables aux sections 2, 6 et 9 (aval du ruisseau Sans Nom) et à la section 45 (en amont du lac A). Au débit de 5 m^3/s, près de 70 % des segments cibles rencontrent les conditions de fraie recherchées par ces espèces.

À des débits supérieurs à 2,75 m^3/s, les vitesses du courant sont de plus en plus favorables sans que la profondeur d'eau dans le ruisseau soit modifiée significativement. En effet, à ces débits, l'eau déborde dans la plaine inondable et la colonne d'eau augmente peu (ex : section 40 en amont du lac A). La vitesse du courant dans le ruisseau n'augmente que proportionnellement à la tête d'eau ajoutée (Rinfret, 2019; annexe 3), sauf pour la section 27, moins de 9 m de large, pour laquelle la vitesse du courant devient trop élevée à plus de 3 m^3/s (photo 8; annexe 6).

Omble de fontaine

Un seul endroit du ruisseau est identifié comme potentiel pour la reproduction de cette espèce (section 57 près du site minier) entre 2,5 à 3,5 m^3/s (tableau 2). Rappelons que l'omble de fontaine est une espèce dont la présence est plutôt incertaine et que la qualité de son habitat est très faible, sinon nulle, dans ce secteur du ruisseau.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a permis de compléter l'inventaire des habitats du poisson dans les deux derniers kilomètres du ruisseau Sans Nom. Les inventaires effectués à ce jour permettent de statuer que le ruisseau Sans Nom est caractérisé par des segments propices pour la fraie du doré jaune, des meuniers noir et rouge et du grand corégone, en se basant sur le substrat. Pour l'omble de fontaine, il est improbable que cette espèce utilise le ruisseau pour frayer en raison des caractéristiques d'habitats dans le segment cible près du site minier. En conséquence, le maintien de cet habitat pour cette espèce, quel que soit le débit, devient négligeable.

Une méthode de modélisation unidimensionnelle a été utilisée pour caractériser les conditions d'écoulement à différents débits. Les résultats obtenus montrent que des segments propices pour la reproduction du doré jaune, des meuniers et du grand corégone sont de plus en plus disponibles à des débits de 2,5 à 5 m^3/s. En effet, les conditions recherchées dans les segments augmentent en nombre et en superficie; les vitesses du courant et les profondeurs demeurent favorables dans le ruisseau car l'écoulement de l'eau déborde dans la plaine inondable de certaines sections à des débits supérieurs à 2,75 m^3/s.

La méthode utilisée pour l'évaluation des conditions d'écoulement et pour l'identification de segments propices pour la reproduction d'espèces cibles constitue un guide pour les gestionnaires afin d'assurer la pérennité des populations qui fréquentent le ruisseau Sans Nom. L'approche théorique utilisée mène à la caractérisation des écoulements en se basant sur une évaluation des variables vitesse et profondeur. Pour le substrat, variable de base pour identifier les segments de reproduction, sa mobilité dans le ruisseau selon différentes conditions d'écoulement n'a pas été prise en compte dans le cadre de cette étude.

RÉFÉRENCES

Auer, N.A, 1982. Identification of larval fishes of the Great Lakes basin with emphasis on the Lake Michigan drainge. Great Lakes Fishery commission. Ann Arbor. MI 48105. Special Pub. 82-3 : 744 p.

Crisp, D.T., 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. Volume11, Issue 4, Pages 361-368

GENIVAR, 2003. Centrale de l'Eastmain 1-A et dérivation Rupert. Rapport d'activités. Inventaire des frayères à l'automne 2002. Rapport du Groupe-conseil GENIVAR inc. pour la Société d'Énergie de la Baie James et Hydro-Québec. 42 p. et annexes.

Hazel, P.P. et Fortin, R., 1986. *Le doré jaune (Stizostedion vitreum Mitchill) au Québec – biologie et gestion.* Université du Québec à Montréal, pour le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Direction de la faune aquatique, Service des espèces d'eau fraîche, Québec. Rapp. Tech. 86-04. 417 p.

Magnan, P., Lapointe, M., et East, P. 1998. Guide de contrôle du meunier noir dans les lacs à omble de fontaine. Document préparé par l'Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère de l'Environnement et de la Faune et la Fondation de la faune du Québec. 97 p.

SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE (2011). *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures*, Tome I, Acquisition de données, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 137 p.

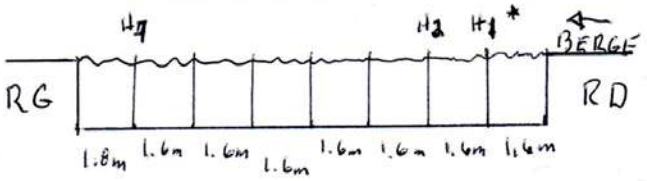
Wachiih, 2019. Caractérisation de l'habitat et des populations de poisson dans le Ruisseau Sans Nom, Mine Troilus. 18 p. et annexes (Rapport préliminaire).

Annexe 1

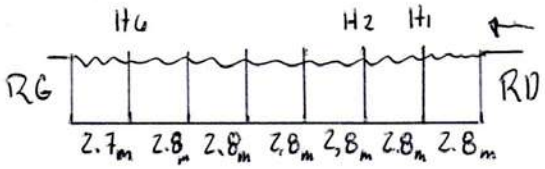
Vue en profil des sections transversales

PROFIL DES SECTIONS DE TRAVERS

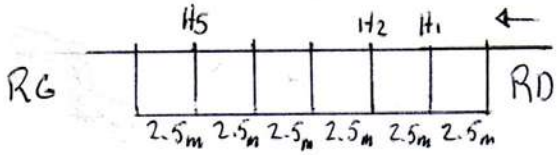
Point 1 :



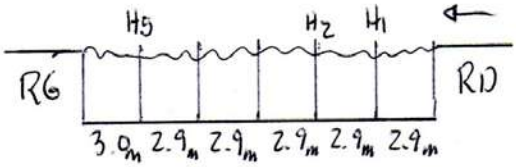
Point 2 :



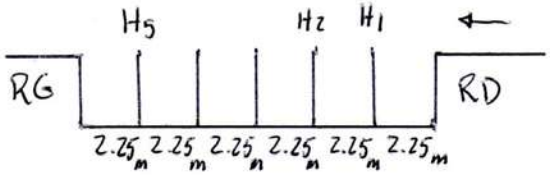
Point 3 :



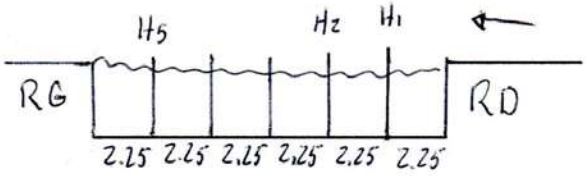
Point 4 :



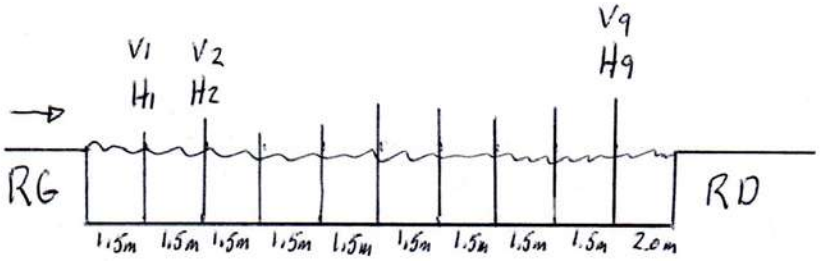
Point 5 :



Point 6 :



Point 7 :



H_1 = Profondeur au point H_1

1.6m = largeur entre chaque profondeur

RD : RIVE DROITE

RG : RIVE GAUCHE

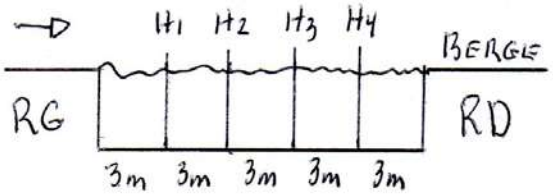
* : Voir tableau pour profondeur et vitesse

→ direction de la prise de données

V_1 = Vitesse au point V_1

Point 8 : Non, trop profond

Point 9 :



Point 10 :

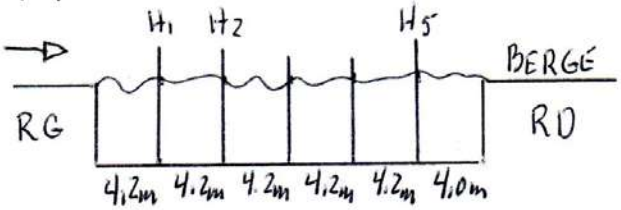


Point 11 : Non, trop profond

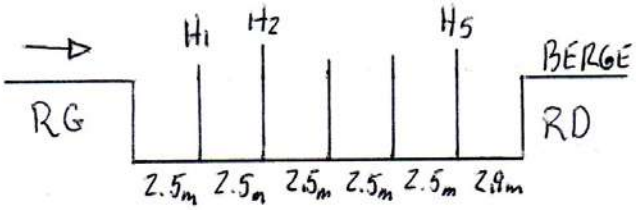
Point 12 : Non, trop profond

Point 13 : Non, trop profond

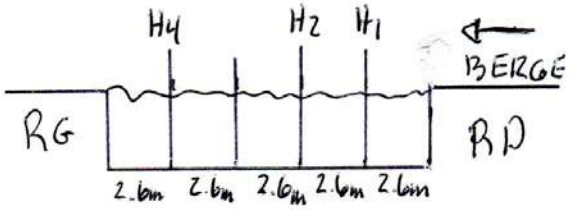
Point 14 :



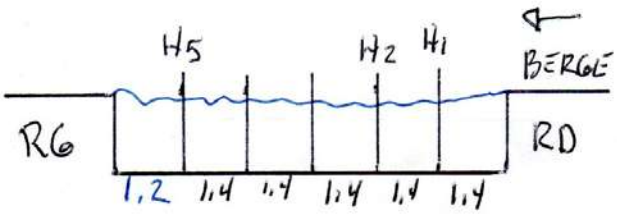
Point 15 :



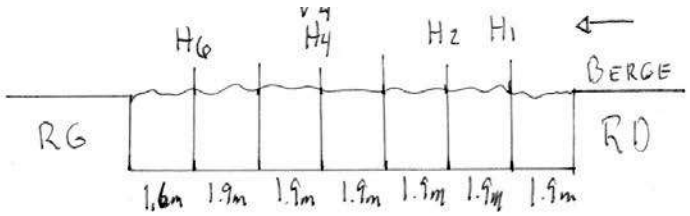
Point 16 :



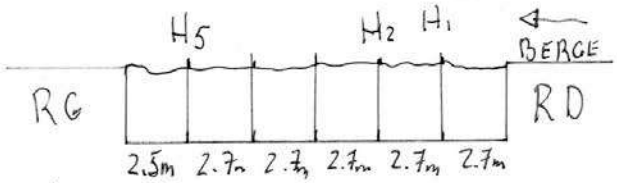
Point 17 :



NT 18:



NT 19:

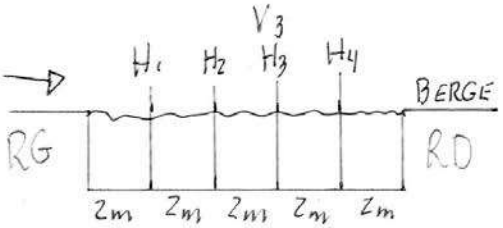


NT 20: NON, trop profond

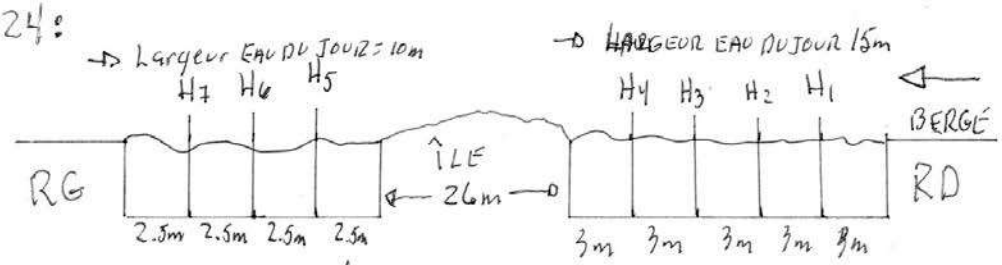
NT 21: NON, trop profond

int 22; NON, trop profond

nt 23:



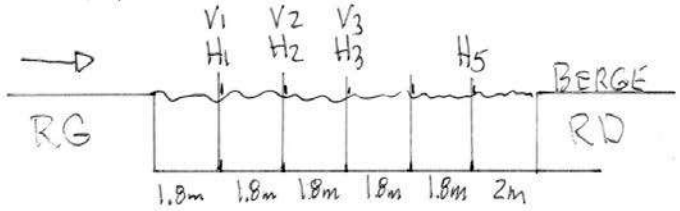
int 24:



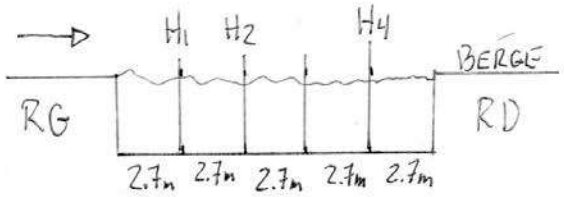
NT 25: NON, trop profond

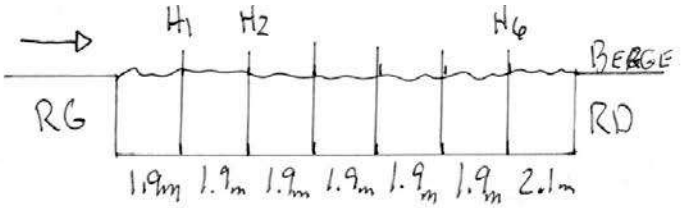
NT 26: NON, trop profond

int 27:

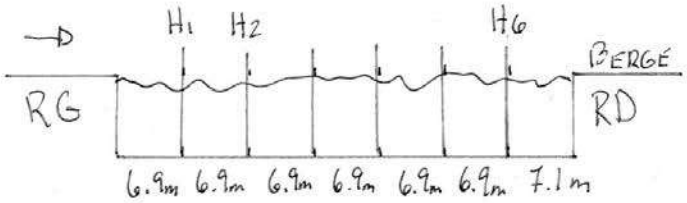


int 28:





2:

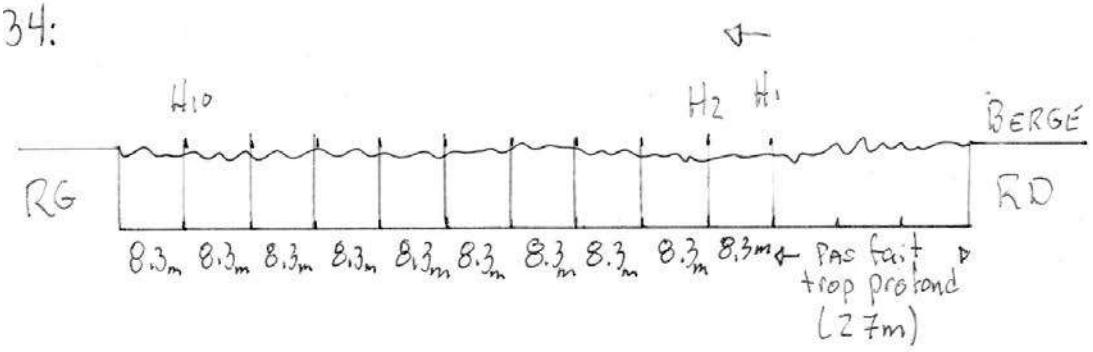


1: NON, trop profond

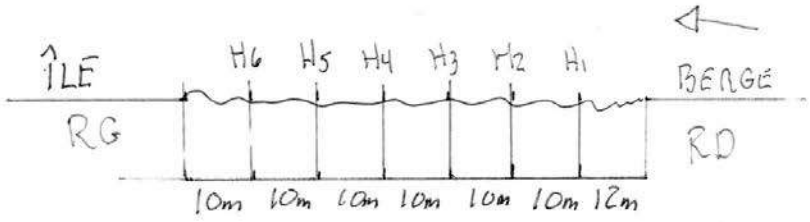
32: NON, trop profond

33: NON, trop profond

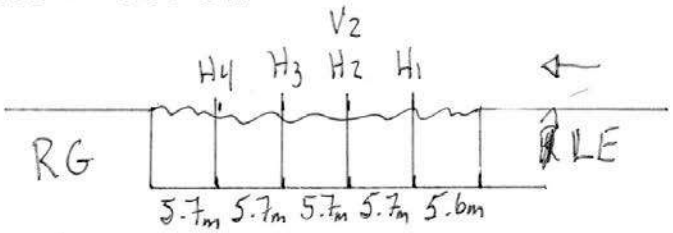
34:



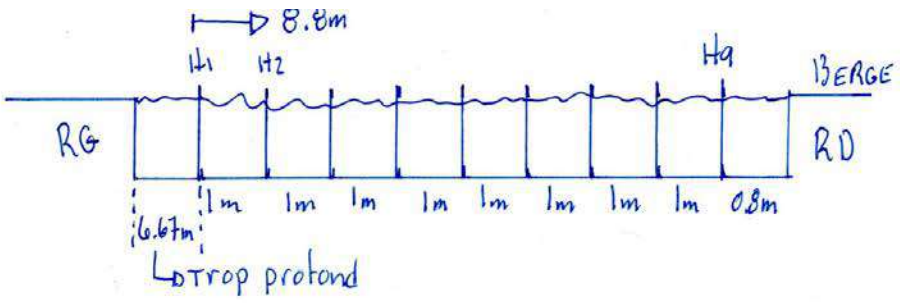
35 : RIVE DROITE VERS ÎLE



35 : ÎLE VERS RIVE GAUCHE

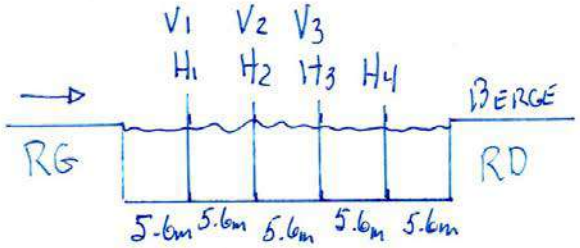


Point 36 :

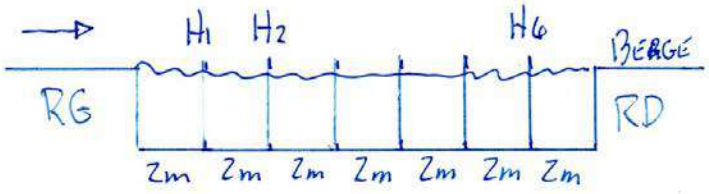


Point 37 : Non. trop profond

Point 38 :



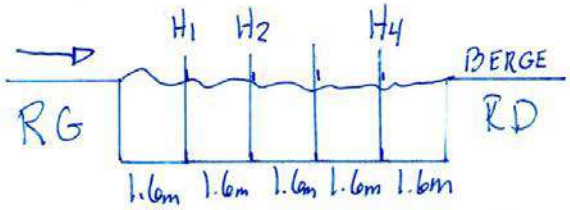
Point 39 :



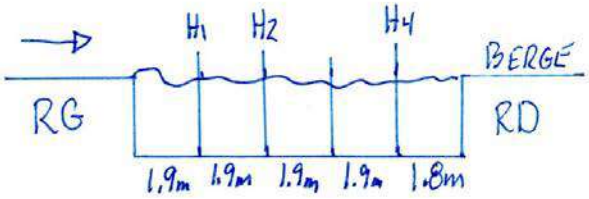
Point 40 :



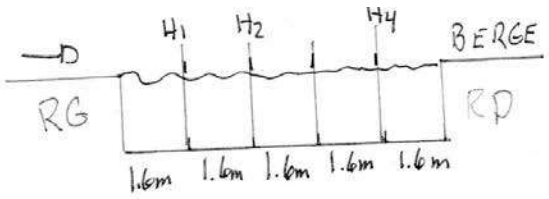
Point 41 :



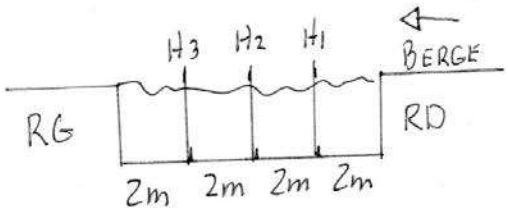
Point 42 :



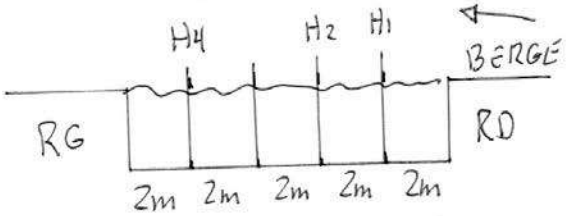
Point 43:



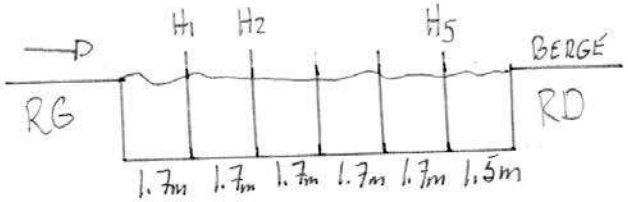
Point 44:



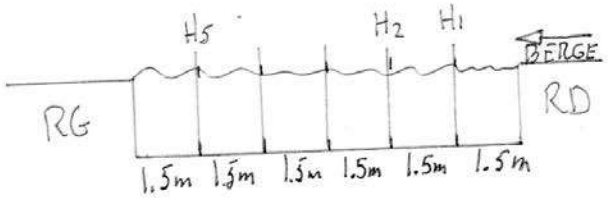
Point 45:



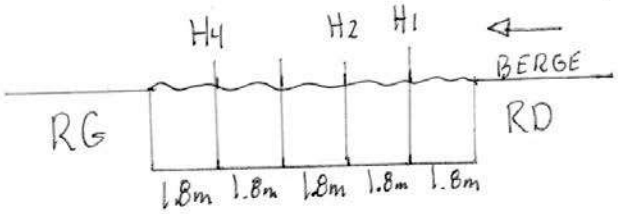
Point 46:



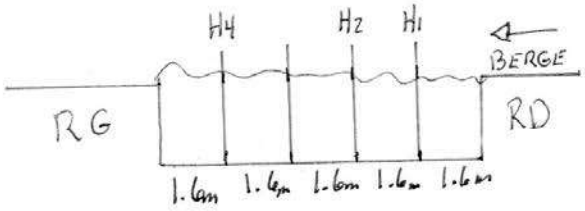
Point 47:

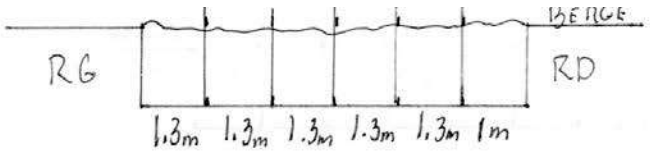


Point 48:

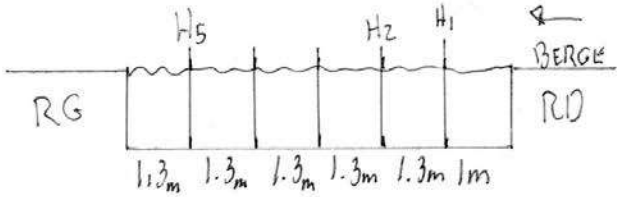


Point 49:

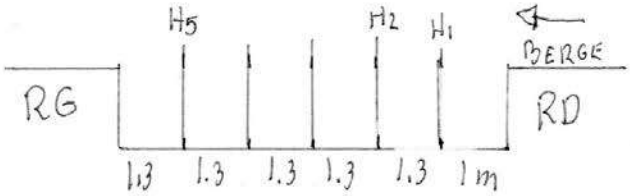




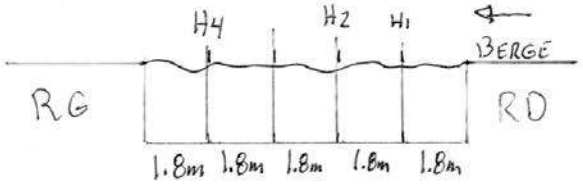
nt 51 :



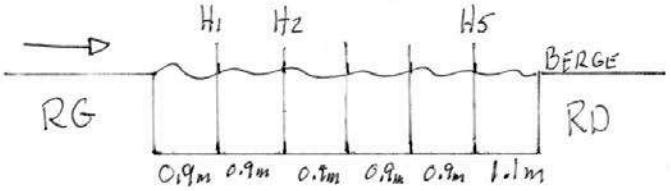
nt 52 :



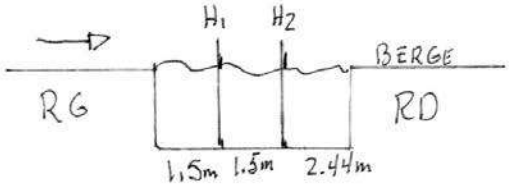
int 53 :



int 54



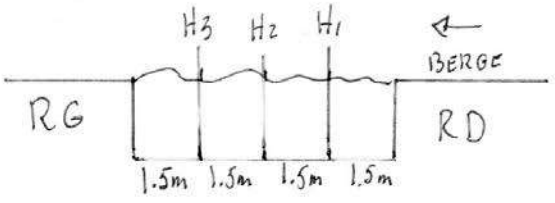
int 55 :



int 56 :



int 57 :



Annexe 2

Cartes des segments homogènes de Wachiih (2019)

74°28'0"W

38 | S

36 | G B

37 | V S G B

17 | V G B

B11

B10

16 | G B

15 | S G C B

J4

14 | V G

13 | S

11 | S

12 | V

V4

74°28'0"W

SUBSTRAT	
CODE	CLASSE
Bx	GROS BLOC
B	BLOC
G	GALET
C	CAILLOUX
V	GRAVIER
S	SABLE
A	ARGILE
Mo	MATIÈRE ORGANIQUE

État de référence Mine Troilus

Caractérisation du ruisseau Sans Nom et du secteur des lacs A, A1 et A2

Sources
BDGA 5M, MRN Québec, 2010
BDTQ, MRNF Québec, 2012
Adresse Québec, 2017
Mosaïque d'orthophotos: MERN, 2016
Inventaire, GCNN, 2019

Fichier : 19-0071_caractCE_C1_190806.mxd

0 50 100 m

Projection : MTM fuseau 8, NAD83

Carte 1

Wachiih TROILUS

Août 2019



Hydrographie
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent

Segments homogènes
- Chenal
- Chenal avec bassins
- Lac
- Rapide
- 1 | G — Granulométrie / Numéro de segment homogène
- Frayère potentielle DORÉ / MEUNIER
- Frayère potentielle OMBLE DE FONTAINE
- Frayère confirmée MEUNIER
- Frayère confirmée DORÉ

Point d'intérêt
- Chute
- Seuil

Pêche expérimentale
- Verveux
- Bourolle
- Filet maillant expérimental

74°26'0"W

51°2'0"N

45 | G BC

65 | G B Bx

43 | G B S

42 | G B

44 | S G B

66 | Mo B Bx

41 | G B

40 | G B

39 | G B

64 | Mo S

B13

B12

F3

F4

LacA

SUBSTRAT	
CODE	CLASSE
Bx	GROS BLOC
B	BLOC
G	GALET
C	CAILLOUX
V	GRAVIER
S	SABLE
A	ARGILE
Mo	MATIÈRE ORGANIQUE

État de référence Mine Troilus

Caractérisation du ruisseau Sans Nom et du secteur des lacs A, A1 et A2

Sources
BDGA 5M, MRN Québec, 2010
BDTQ, MRNF Québec, 2012
Adresse Québec, 2017
Mosaïque d'orthophotos: MERN, 2016
Inventaire, GCNN, 2019

Fichier : 19-0071_caractCE_C2_190806.mxd

0 60 120 m

Projection : MTM fuseau 8, NAD83

Carte 2

Wachiih TROILUS

Août 2019



Hydrographie
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent

Segments homogènes
- Chenal
- Chenal avec bassins
- Lac
- Rapide
- 1 | G — Granulométrie
- Numéro de segment homogène

- Frayère potentielle DORÉ / MEUNIER
- Frayère potentielle OMBLE DE FONTAINE
- Frayère confirmée MEUNIER
- Frayère confirmée DORÉ

Point d'intérêt
- Chute
- Seuil

Pêche expérimentale
- Verveux
- Bourolle
- Filet maillant expérimental

74°26'0"W
74°24'0"W
51°4'0"N
51°3'0"N

56 | Mo
57 | G B
58 | G B C
59 | G C B
60 | Mo G C
61 | G B
62 | G B C
63 | G B Bx
Lac A2
10 | S
9 | B G C
6 | S A
8 | S
7 | B G C
F1
F2
Lac A1
5 | S Mo
4 | S A
3 | S
2 | S
1 | S
Lac A

SUBSTRAT	
CODE	**CLASSE**
Bx	GROS BLOC
B	BLOC
G	GALET
C	CAILLOUX
V	GRAVIER
S	SABLE
A	ARGILE
Mo	MATIÈRE ORGANIQUE

État de référence Mine Troilus

Caractérisation du ruisseau Sans Nom et du secteur des lacs A, A1 et A2

Sources
BDGA 5M, MRN Québec, 2010
BDTQ, MRNF Québec, 2012
Adresse Québec, 2017
Mosaïque d'orthophotos: MERN, 2016
Inventaire, GCNN, 2019

Fichier : 19-0071_caractCE_C3_190806.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 8, NAD83

Carte 3

Wachiih TROILUS **Août 2019**



Hydrographie
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent

Segments homogènes
- Chenal
- Chenal avec bassins
- Lac
- Rapide
- 1 | G — Granulométrie / Numéro de segment homogène
- Frayère potentielle DORÉ / MEUNIER
- Frayère potentielle OMBLE DE FONTAINE
- Frayère confirmée MEUNIER
- Frayère confirmée DORÉ

Point d'intérêt
- Chute
- Seuil

Pêche expérimentale
- Verveux
- Bourolle
- Filet maillant expérimental

Annexe 3

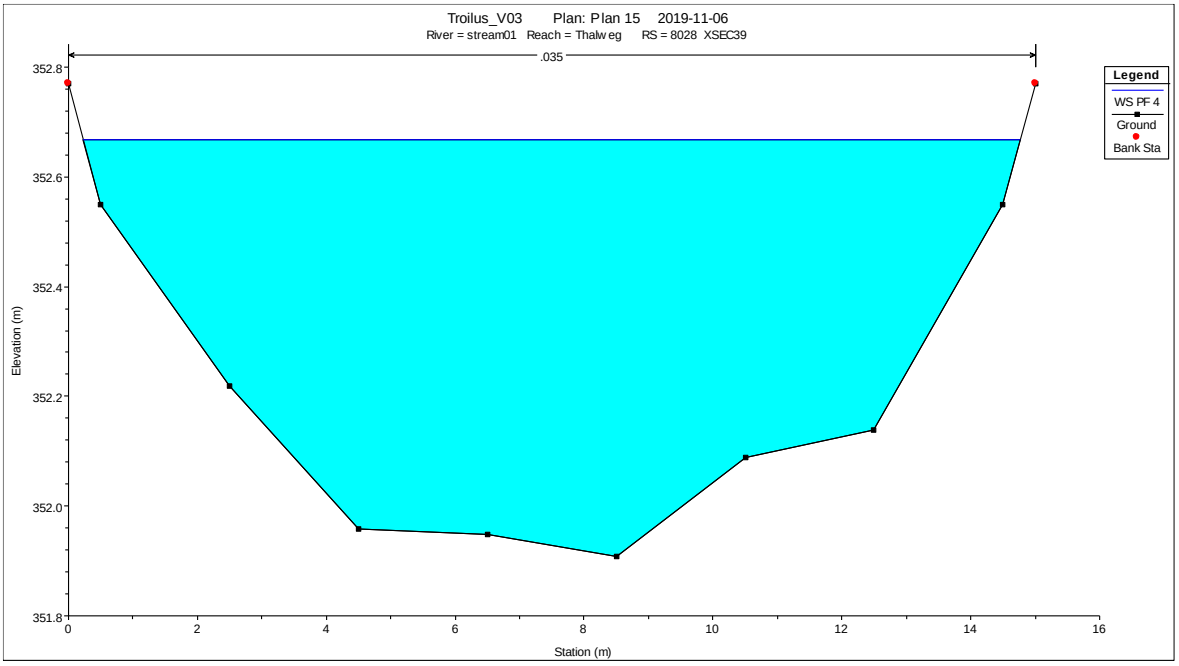
Rapport de la modélisation hydrodynamique (Rinfret, 2019)

Troilus Gold Corporation

Projet de dénoyage des fosses 87 et J4

Capacité hydraulique du cours d'eau Sans Nom

(Modélisations numériques)



MH2O Modélisations hydrologiques et hydrauliques pour la gestion des eaux

N/Réf. 06-0290-22

Novembre 2019

Troilus Gold Corporation

Projet de dénoyage des fosses 87 et J4

Capacité hydraulique du cours d'eau Sans Nom

(Modélisations numériques)

Par



Louis André Rinfret, ing., M. Ing.

OIQ 111722

MH2O inc.
14-1451, rue Parthenais
Montréal (Québec) H2K 0A2
Tél.: (514) 229-0918

Table des matières

1 Introduction 1
2 Localisation 2
3 Modèle numérique 3
3.1 Sections en travers 3
3.2 Débit du jour 6
3.3 Profil longitudinal 8
4 Résultats 9
4.1 Critères biologiques 9
4.2 Résultat 2,75 m^3/s 10
4.3 Résultat 2,50 m^3/s 12
4.4 Plage de débits 13
5 Conclusions 16

Liste des figures

Figure 2.1 Tronçon à l'étude 2
Figure 3.1 Sections en travers 9 à 27 (vue en plan) 4
Figure 3.2 Section 7 6
Figure 3.3 Profil longitudinal et niveau d'eau du jour 8
Figure 4.1 Tronçon limitatif 13
Figure 4.2 Section en travers 40 14
Figure 4.3 Extrait du tableau global des résultats 15

Liste des tableaux

Tableau 3.1 Débit du jour à la section 7 7
Tableau 4.1 Tronçon d'intérêts 9
Tableau 5.1 Omble de fontaine 2,75 m^3/s 10
Tableau 5.2 Doré jaune et meuniers 2,75 m^3/s 11
Tableau 5.3 Omble de fontaine 2,50 m^3/s 12
Tableau 5.4 Doré jaune et meuniers 2,50 m^3/s 12

Annexes

Annexe A – Localisation des sections en travers
Annexe B – Tableau des vitesses et profondeurs d'écoulement

1 Introduction

Les analyses numériques sont réalisées dans le cadre du projet de dénoyage des fosses 87 et J4 de Troilus Gold. Les débits de dénoyage seront pompés dans un cours d'eau sans nom situé au nord-est des fosses.

Les analyses hydrauliques visent à quantifier les conditions d'écoulement pour différents débits dans le cours d'eau sur un tronçon d'environ 11,9 km reliant le site minier à une rivière tributaire du lac Boisfort en aval.

Suite à la localisation du tronçon à l'étude, une description du modèle numérique préparé pour les besoins du mandat est présentée. Suivent les résultats d'analyses, d'abord en termes de respect de critères biologiques sur certains tronçons d'intérêt, ensuite pour l'ensemble des sections en travers modélisées pour des débits couvrant la plage de 2,5 à 5,0 m^3/s.

Les conclusions et les limites concernant l'interprétation des résultats complètent la note technique.

2 Localisation

Le tronçon du ruisseau sans nom modélisé fait environ 11 900 m. Il relie le site minier de Troilus Gold à un cours d'eau sans nom tributaire du lac Boisfort en aval. Le tronçon modélisé est montré à la figure suivante.



Figure 2.1 Tronçon à l'étude

3 Modèle numérique

Les analyses hydrauliques sont réalisées à l'aide du logiciel HEC-RAS (*River Analysis System*) développé par le *Hydrologic Engineering Center* (HEC) du U.S. *Army Corps of Engineers*[1] spécifiquement pour ce type d'analyse.

La version la plus à jour du logiciel au moment de réaliser le mandat est utilisée (vers. 5.0.7, mars 2019).

L'écoulement modélisé est un écoulement permanent en une dimension. Les vitesses d'écoulement sont toutefois considérées séparément pour le chenal principal et les plaines de débordement.

Les sections d'écoulement, l'évaluation du débit du jour et le profil longitudinal du cours d'eau sont présentés aux sous-sections suivantes.

3.1 Sections en travers

Au total, 57 sections en travers du cours d'eau ont d'abord été identifiées afin de représenter le tronçon à l'étude.

[1] http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

La localisation des sections 9 à 27 est montrée en exemple à la figure suivante.



Figure 3.1 Sections en travers 9 à 27 (vue en plan)

La localisation de l'ensemble des sections est présentée à l'annexe A.

Des 57 sections initialement envisagées, 44 ont pu être relevées sur le terrain. Les sections relevées par DDM présentent la localisation des sections, une description du faciès d'écoulement et du substrat ainsi que les largeurs de l'eau du jour, de la ligne des hautes eaux et des hauts de talus. Les sections en travers sont décrites par des profondeurs par rapport à la surface de l'eau du jour à intervalles réguliers.

Les élévations de l'eau du jour étant arbitraires, elles ont par la suite été ajustées à l'aide des données d'élévation du centre du cours d'eau reçues de Poly-Géo. Les plaines de débordement des sections relevées ont aussi été complétées par Poly-Géo, qui a de plus fourni les données des 13 stations non relevées sur le terrain. Il est à noter que les sections n'ayant pas pu être relevées le sont toutes parce que la profondeur était supérieure à 1,7 mètre. Une profondeur de 2,0 mètres a été supposée pour ces sections.

Finalement, aux 57 sections originales, 11 sections ont été ajoutées là où les données disponibles permettaient de caractériser un changement de pente important (haut et bas de rapides). Ces sections ont été interpolées à partir des sections adjacentes et les élévations ensuite ajustées pour correspondre au centre du cours d'eau. Les sections originales portent la dénomination « XSec » (décroissant de l'amont vers l'aval) ainsi que leur chaînage alors que les sections interpolées sont identifiées par leur chaînage seulement.

3.2 Débit du jour

Lors du relevé des sections en travers sur le terrain, des vitesses d'écoulement ont aussi été mesurées, notamment aux sections 7, 18, 23, 27, 35 et 38. La section 7 telle que relevée est montrée à la figure suivante.

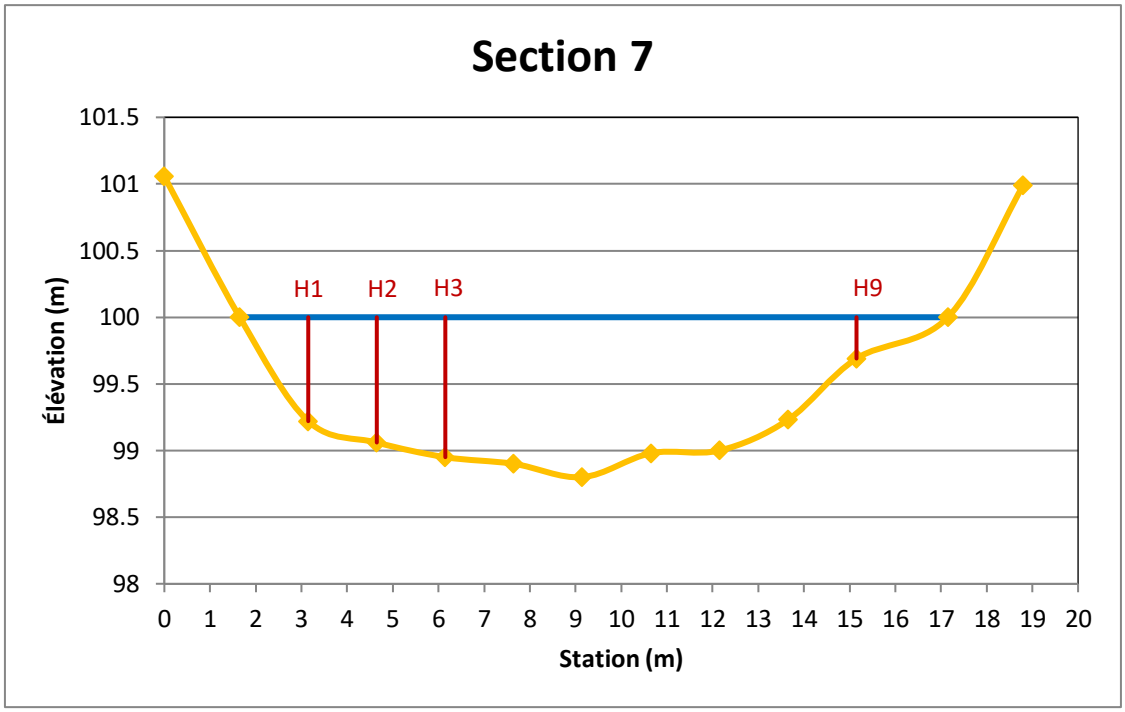


Figure 3.2 Section 7

Les données permettent de fixer les eaux de talus, le niveau d'eau (arbitraire 100 m) et la section est décrite par des profondeurs (H1 à H9) par rapport à la surface de l'eau.

Pour la section 7, des vitesses d'écoulement ont aussi été mesurées au droit des profondeurs. Les valeurs et l'estimation correspondant du débit sont présentées au tableau suivant.

Tableau 3.1 Débit du jour à la section 7

Station ID (m)	Profondeur (cm)	Vitesse mesurée (m/s)	Aire de la section (m^2)	Débit (m^3/s)
H1 (1,5)	78	0,1	1,88	0,19
H2 (3,0)	94	0,1	1,49	0,15
H3 (4,5)	105	0,2	1,61	0,32
H4 (6,0)	110	0,3	1,73	0,52
H5 (7,5)	120	0,3	1,66	0,50
H6 (9,0)	102	0,2	1,51	0,30
H7 (10,5)	100	0,2	1,33	0,27
H8 (12,0)	77	0,1	0,81	0,08
H9 (13,5)	31	0,0	0,31	0,00
			Total :	**2,33**

Comme le montre le tableau précédent, le débit du jour à la section 7 est de l'ordre de 2,30 m^3/s. Les mesures de vitesses aux autres sections mesurées étant partielles, aucune estimation du débit total n'est possible.

3.3 Profil longitudinal

Le profil longitudinal de la surface de l'eau utilisé n'est pas celui du jour du relevé. Une certaine corrélation est tout de même visible sur le profil de la figure suivante où sont montrés les niveaux du jour du relevé.

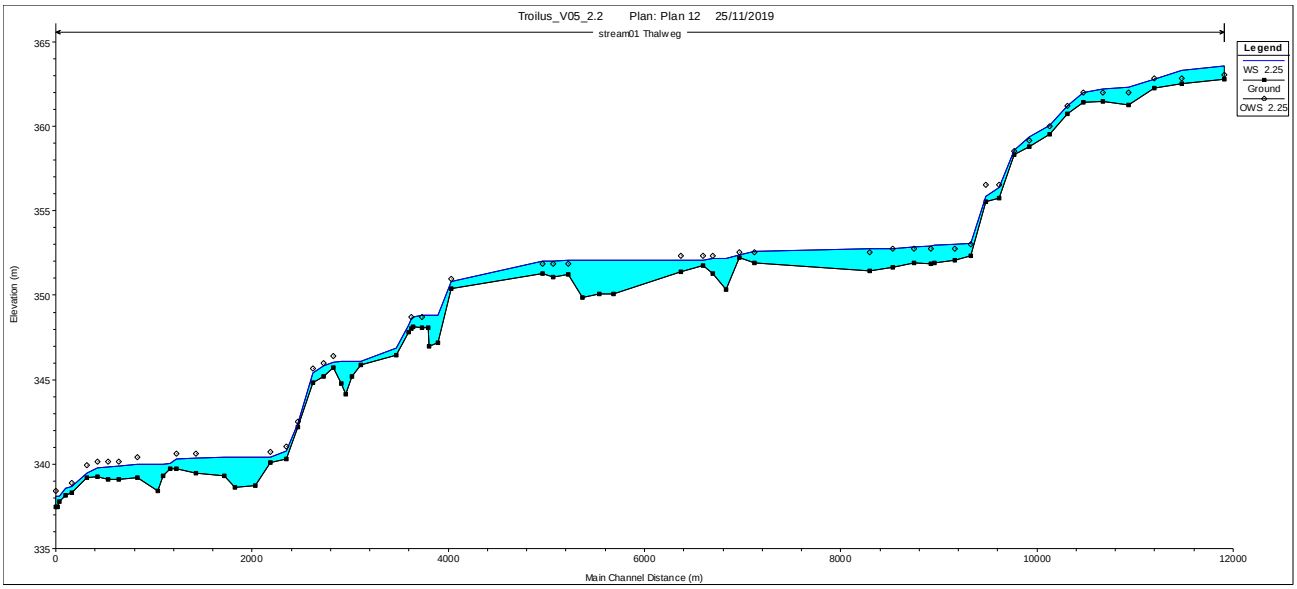


Figure 3.3 Profil longitudinal et niveau d'eau du jour

4 Résultats

Les résultats sont d'abord présentés pour les tronçons d'intérêt au niveau biologique, ensuite pour l'ensemble des sections pour une plage de débits de 2,5 à 5,0 m^3/s.

4.1 Critères biologiques

Les critères biologiques sont évalués pour des tronçons d'intérêts spécifiques. Ceux-ci sont présentés au tableau suivant.

Tableau 4.1 Tronçon d'intérêts

Section	Critère	Longueur (m)
57	Omble de fontaine	300
55	Omble de fontaine	74
54	Omble de fontaine	229
53	Doré jaune et Meuniers	10
52	Doré jaune et Meuniers	4
51	Doré jaune et Meuniers	139
50	Doré jaune et Meuniers	35
45	Doré jaune et Meuniers	135
32	Doré jaune et Meuniers	7.5
31	Doré jaune et Meuniers	7.5
28	Doré jaune et Meuniers	20
27	Doré jaune et Meuniers	45
23	Doré jaune et Meuniers	18
17	Doré jaune et Meuniers	55
16	Doré jaune et Meuniers	55
15	Doré jaune et Meuniers	55
9	Doré jaune et Meuniers	25
8	Doré jaune et Meuniers	25
7	Doré jaune et Meuniers	70
6	Doré jaune et Meuniers	70
2	Doré jaune et Meuniers	35
	Total :	**1414**

Les critères d'analyse sont liés à la vitesse et à la profondeur d'écoulement pour différentes espèces. Pour l'Omble de fontaine, la vitesse d'écoulement doit être comprise entre 0,4 et 0,9 m/s et la profondeur entre 0,1 et 1,0 m. Pour le doré jaune et meuniers, la vitesse d'écoulement doit être entre 0,45 et 1,54 m/s et la profondeur entre 0,45 et 1,54 m.

Lorsque les critères de vitesse et de profondeur sont respectés pour un tronçon, l'ensemble de celui-ci est considéré comme étant conforme. Les longueurs respectant les critères pour les débits de 2,75 m^3/s (débit avant débordement) et 2,50 m^3/s (approximativement le débit du jour mesuré) sont présentées aux sous-sections suivantes.

4.2 Résultat 2,75 m^3/s

Les résultats obtenus pour un débit de 2,75 m^3/s pour l'omble de fontaine sont présentés au tableau suivant.

Tableau 4.2 Omble de fontaine 2,75 m^3/s

Section	Débit (m3/s)	Élev. Min. section (m)	Élév. Surface eau (m)	Vitesse (m/s)	Sup. écoul. (m2)	Largeur surf. (m)	Prof. Max. (m)		Long. (m)	Oui/Non	Long. Oui (m)	
10664 XSEC57	2.75	362.77	363.7	0.49	5.64	8.32	0.94		300	1	300	
10371 XSEC55	2.75	362.25	362.83	1.85	1.49	4.34	0.58		74	0	0	
10265 XSEC54	2.75	361.25	362.4	0.58	4.73	5.53	1.15		229	0	0	
									603		**300**	Long. Ok (m)
											49.8	% long. Tot.

Tel que mentionné précédemment, dès qu'un critère n'est pas respecté (vitesse ou profondeur), l'ensemble du tronçon est considéré comme ne respectant pas les critères. Dans le tableau précédent, le tronçon lié à la section 57 respecte les deux (2) critères alors qu'à la section 55 la vitesse est trop élevée et à la section 54 c'est la profondeur qui est trop élevée. Le tronçon de la section 57 faisant 300 mètres sur un total de 603, il est considéré que les critères sont respectés sur environ 50% de la longueur totale.

Le tableau suivant montre les résultats obtenus aux sections correspondant au doré jaune et meuniers.

Tableau 4.3 Doré jaune et meuniers 2,75 m^3/s

Section	Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Vitesse	Sup. écoul.	Largeur surf.	Prof. Max.					
	(m3/s)	section (m)	eau (m)	(m/s)	(m2)	(m)	(m)		Long. (m)	Oui/Non	Long. Oui (m)	
10167 XSEC53	2.75	361.5	362.25	0.47	5.84	9.71	0.75		10	1	10	
10057 XSEC52	2.75	361.41	362.02	0.85	3.22	7.63	0.62		4	1	4	
9921 XSEC51	2.75	360.77	361.24	1.28	2.14	7.5	0.47		139	1	139	
9721 XSEC50	2.75	359.55	360.1	0.99	2.77	7.52	0.55		35	1	35	
8798 XSEC45	2.75	352.36	353.13	0.45	6.13	10.41	0.77		135	1	135	
7171 XSEC32	2.75	351.37	352.11	0.12	23.06	49.05	0.74		7.5	0	0	
7038 XSEC31	2.75	351.37	352.1	0.12	22.68	49.01	0.73		7.5	0	0	
5869 XSEC28	2.75	351.28	352.05	0.37	7.41	15	0.77		20	0	0	
5716 XSEC27	2.75	350.38	350.91	1.11	2.49	9.9	0.53		45	1	45	
4607 XSEC23	2.75	348.05	348.78	0.64	4.27	10.31	0.72		18	1	18	
2883 XSEC17	2.75	344.84	345.43	1.71	1.61	5.54	0.59		55	0	0	
2768 XSEC16	2.75	342.19	342.44	1.37	2	11.37	0.25		55	0	0	
2644 XSEC15	2.75	340.31	340.83	0.54	5.1	13.37	0.52		55	1	55	
1905 XSEC09	2.75	339.73	340.44	0.43	6.45	13.49	0.71		25	0	0	
1707 XSEC08	2.75	339.51	340.13	0.58	4.72	11.54	0.63		25	1	25	
1539 XSEC07	2.75	339.19	340	0.4	6.95	12.51	0.81		70	0	0	
1393 XSEC06	2.75	339.1	339.94	0.42	6.57	11.64	0.84		70	0	0	
422 XSEC02	2.75	338.29	338.82	0.43	6.33	18.4	0.53		35	0	0	
									811		**466**	Long. Ok (m)
											57.5	% long. Tot.

Comme le montre le tableau précédent, 9 sections respectent les critères de vitesse et d'écoulement pour une longueur totale de 466 m correspondant à environ 58% de la longueur totale.

4.3 Résultat 2,50 m^3/s

Les tableaux suivants présentent les mêmes résultats d'analyses pour un débit de 2,50 m^3/s.

Tableau 4.4 Omble de fontaine 2,50 m^3/s

Section	Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Vitesse	Sup. écoul.	Largeur surf.	Prof. Max.					
	(m3/s)	section (m)	eau (m)	(m/s)	(m2)	(m)	(m)		Long. (m)	Oui/Non	Long. Oui (m)	
10664 XSEC57	2.5	362.77	363.66	0.47	5.27	8.15	0.89		300	1	300	
10371 XSEC55	2.5	362.25	362.81	1.81	1.38	4.2	0.56		74	0	0	
10265 XSEC54	2.5	361.25	362.36	0.55	4.52	5.46	1.11		229	0	0	
									603		**300**	Long. Ok (m)
											49.8	% long. Tot.

Tableau 4.5 Doré jaune et meuniers 2,50 m^3/s

Section	Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Vitesse	Sup. écoul.	Largeur surf.	Prof. Max.					
	(m3/s)	section (m)	eau (m)	(m/s)	(m2)	(m)	(m)		Long. (m)	Oui/Non	Long. Oui (m)	
10167 XSEC53	2.5	361.5	362.22	0.45	5.54	9.62	0.72		10	1	10	
10057 XSEC52	2.5	361.41	362	0.83	3.03	7.54	0.59		4	1	4	
9921 XSEC51	2.5	360.77	361.22	1.24	2.02	7.42	0.45		139	1	139	
9721 XSEC50	2.5	359.55	360.07	0.96	2.6	7.52	0.53		35	1	35	
8798 XSEC45	2.5	352.36	353.09	0.44	5.72	10.29	0.73		135	0	0	
7171 XSEC32	2.5	351.37	352.08	0.12	21.53	48.89	0.71		7.5	0	0	
7038 XSEC31	2.5	351.37	352.07	0.12	21.14	48.85	0.7		7.5	0	0	
5869 XSEC28	2.5	351.28	352.02	0.36	6.96	14.76	0.74		20	0	0	
5716 XSEC27	2.5	350.38	350.89	1.07	2.34	9.64	0.51		45	1	45	
4607 XSEC23	2.5	348.05	348.75	0.62	4.01	10.18	0.7		18	1	18	
2883 XSEC17	2.5	344.84	345.41	1.65	1.52	5.37	0.57		55	0	0	
2768 XSEC16	2.5	342.19	342.43	1.31	1.91	11.21	0.24		55	0	0	
2644 XSEC15	2.5	340.31	340.8	0.53	4.72	13.11	0.49		55	1	55	
1905 XSEC09	2.5	339.73	340.41	0.41	6.08	13.24	0.68		25	0	0	
1707 XSEC08	2.5	339.51	340.1	0.57	4.38	11.39	0.6		25	1	25	
1539 XSEC07	2.5	339.19	339.97	0.38	6.58	12.35	0.78		70	0	0	
1393 XSEC06	2.5	339.1	339.91	0.4	6.25	11.41	0.81		70	0	0	
422 XSEC02	2.5	338.29	338.8	0.42	5.95	18.1	0.51		35	0	0	
									811		**331**	Long. Ok (m)
											40.8	% long. Tot.

Comme le montrent les tableaux précédents, à 2,50 m^3/s, les longueurs respectant les deux (2) critères demeurent les mêmes pour l'omble de fontaine mais sont diminuées à 331 m (40,8%) pour le doré jaune et meuniers.

4.4 Plage de débits

Il est à noter que la capacité hydraulique des sections en travers du cours d'eau n'est pas la même le long du tronçon à l'étude. Elle dépend à la fois de la section d'écoulement, de la pente et des conditions en amont en en aval de la section (présence de seuils et rapides). Les sections ayant la moins grande capacité hydraulique se situent en amont d'un lac sans nom : Il s'agit des sections 40 à 44 montrées à la figure suivante.

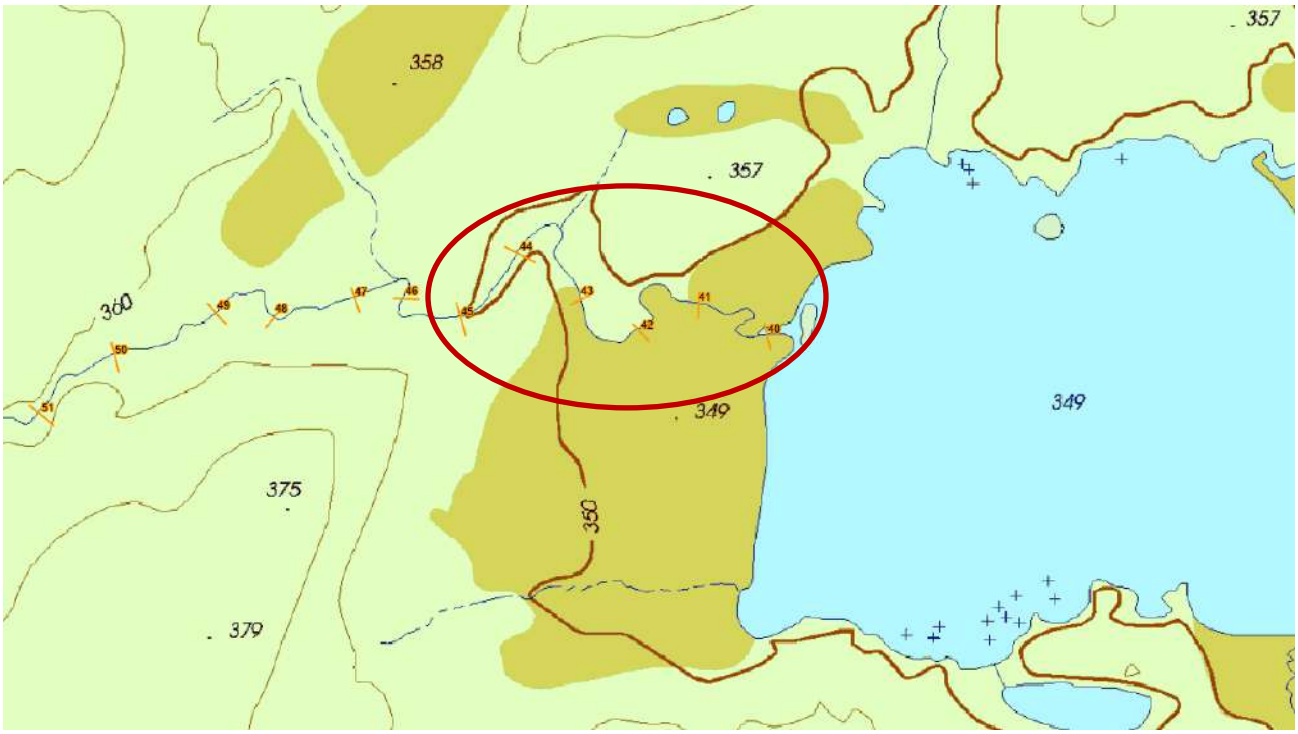


Figure 4.1 Tronçon limitatif

La section en travers 40 est montrée à la figure suivante où le débit atteignant le haut des talus est de l'ordre de 2,75 m^3/s.

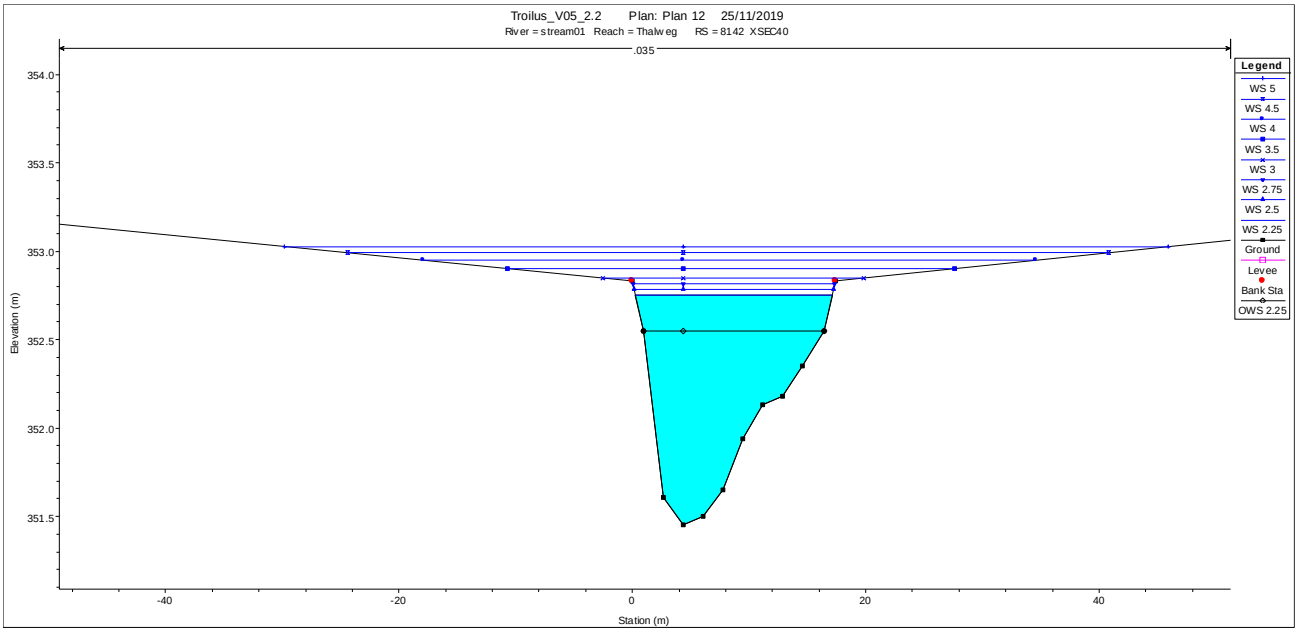


Figure 4.2 Section en travers 40

Le tableau présentant les aires et les vitesses d'écoulement ainsi que la profondeur maximale pour chacune des sections en travers du tronçon modélisé pour une plage de débit de 2,5 à 5,0 m^3/s est présenté à l'annexe B. Un extrait dudit tableau est montré à la figure suivante.

Section		Débit (m3/s)	Élev. Min. section (m)	Élév. Surface eau (m)	Sup. écoul. (m2)	Largeur surf. (m)	Vitesse (m/s)	Prof. Max. (m)
11750	XSEC57	2.5	362.77	363.6	4.7	7.68	0.53	0.83
11750	XSEC57	2.75	362.77	363.64	4.99	7.8	0.55	0.87
11750	XSEC57	3	362.77	363.67	5.27	7.92	0.57	0.9
11750	XSEC57	3.5	362.77	363.74	5.81	8.13	0.6	0.97
11750	XSEC57	4	362.77	363.8	6.32	8.34	0.63	1.03
11750	XSEC57	4.5	362.77	363.86	6.8	8.52	0.66	1.09
11750	XSEC57	5	362.77	363.91	7.26	8.69	0.69	1.14

Figure 4.3 Extrait du tableau global des résultats

5 Conclusions

Un modèle hydraulique a été préparé à partir des données d'un relevé terrain réalisé spécifiquement pour les besoins de l'étude. Ce relevé a ensuite été complété à l'aides des données numériques disponibles (source Poly-Géo) afin d'affiner le modèle sur l'ensemble du tronçon à l'étude.

Le modèle montre en un premier temps que la capacité du cours d'eau sur le tronçon à l'étude est de l'ordre de 2,75 m^3/s. Pour des débits supérieurs, des débordements sont observés dans les plaines de certaines sections dont la capacité est plus faible. De façon générale toutefois, les sections ont en majorité une capacité beaucoup plus grande et les plaines modélisées permettent aussi de véhiculer des débits plus grands que la capacité du chenal lui-même. Les résultats pour un débit atteignant 5 m^3/s sont fournis.

Pour les critères biologiques, les résultats ont été présentés pour un débit sans débordement (2,75 m^3/s) et pour un débit légèrement supérieur au débit du jour mesuré (2,5 m^3/s).

Il est finalement à noter que les 44 sections relevées sur le terrain sont espacées d'environ 275 mètres en moyenne. Le cours d'eau est donc bien représenté de façon globale, mais pas de façon extrêmement détaillée. L'écoulement étant modélisé en régime permanent, le laminage réalisé par les lacs est par ailleurs négligé. Certaines sections trop profondes pour être relevées ont fait l'objet d'hypothèses alors que les vitesses d'écoulement sont directement liées à cette profondeur.

Les résultats présentés pour les sept (7) débits couvrant la plage de 2,5 à 5,0 m^3/s permettent donc déterminer un ordre de grandeur des conditions d'écoulement projetées, mais des mesures de débits et une validation des conditions d'écoulement réelles devront être réalisées pendant la phase de dénoyage des fosses.

Annexe 4

Données brutes des relevés de terrain

Tableau des données du point 1 au point 57 pour les section en travers (les points 1 à 57 ont été positionnés de l'aval du cours d'eau vers l'amont)

No du point	Date du relevé	Coordonnées géographiques N (degré.décimal)	O	Faciès d'écoulement	Substrat dominant dans la section en travers	Profil O/N * VOIR REMARQUE	Largeur eau du jour (mètre)	Largeur LHE (mètre)	Largeur talus (mètre)	Pente (degré)	Jaugeage O/N	Profondeur profil (voir croquis) (centimètre/(m/seconde)) H1/V1	H2/V2	H3/V3	H4/V4	H5/V5	H6/V6	H7/V7	H8/V8	H9/V9	H10/V10	REMARQUE
1	18 sept. 2019	51.08268	074.39742	chenal	galet - bloc	O	13	13	15	22	N	56/-	74/-	76/-	91/-	94/-	95/-	80/-				Début du milieu naturel aval
2	18 sept. 2019	51.08154	074.39883		bloc - galet	O	19,5	-	21,5	24	N	57/-	56/-	34/-	42/-	61/-	29/-					
3	18 sept. 2019	51.08065	074.40009	chenal	bloc	O	15	15	17	24	N	57/-	60/-	56/-	74/-	77/-						
4	18 sept. 2019	51.07970	074.40025	chenal	gravier - sable	O	17,5	-	19,5	30	N	57/-	75/-	87/-	83/-	91/-						
5	18 sept. 2019	51.07900	074.40112	chenal	galet bloc	O	13,5	-	15,5	36	N	34/-	89/-	105/-	96/-	83/-						
6	18 sept. 2019	51.07806	074.40154	chenal	mat. org. - bloc	O	13,5	-	15,5	30	N	40/-	95/-	106/-	92/-	84/-						
7	18 sept. 2019	51.07763	074.39970	chenal	sable - gravier	O	15,5	15,5	18,8	RD*:30 et RG:32	O	78/0,1	94/0,1	105/0,2	110/0,3	120/0,3	102/0,2	100/0,2	77/0,1	31/0,0		RD = rive droite et RG rive gauche
8	18 sept. 2019	51.07602	074.40094	chenal	-	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
9	18 sept. 2019	51.07462	074.40089	chenal	sable - gravier	O	15	-	24	RD:45 et RG:30	N	66/-	73/-	88/-	68/-							
10	18 sept. 2019	51.07297	074.40152	chenal	mat. organique	O	17	-	19,5	40	N	110/-	115/-	100/-	77/-	56/-						
11	18 sept. 2019	51.07086	074.40369	chenal	mat. organique	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
12	18 sept. 2019	51.07070	074.40517	chenal	mat. org. - sable	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
13	18 sept. 2019	51.06955	074.40726	chenal	mat. organique	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
14	18 sept. 2019	51.06888	074.40918	chenal	sable - mat. Org.	O	25	-	26,5	21	N	60/-	60/-	58/-	40/-	50/-						
15	18 sept. 2019	51.06762	074.40989	rapide	bloc - galet	O	15,4	15,4	16	22	N	63/-	60/-	74/-	75/-	58/-						
16	18 sept. 2019	51.06661	074.40955	rapide	bloc	O	13	14	21	20	N	28/-	33/-	30/-	24/-							
17	19 sept. 2019	51.06528	074.40926	rapide	bloc - galet	O	8,2	8,3	10	21	N	18/-	45/-	82/-	57/-	28/-						
18	19 sept. 2019	51.06464	074.40813	rapide	bloc - galet	O	13	13,5	14,5	23	N	39/-	80/-	73/-	67/0,3*	54/-	32/-					
19	19 sept. 2019	51.06429	074.40686	rapide	bloc - galet	O	16	16	18	25	N	27/-	67/-	68/-	60/-	41/-						Vitesse au milieu de la section rapide
20	19 sept. 2019	51.06396	074.40578	Bassin	bloc - galet	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
21	19 sept. 2019	51.06312	074.40593	chenal	bloc - galet	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
22	19 sept. 2019	51.06083	074.40698	chenal	-	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
23	19 sept. 2019	51.05966	074.40773	rapide	galet	O	10	-	11	20	N	30/-	38/-	48/09*	66/-							Vitesse début rapide
24	19 sept. 2019	51.05912	074.40901	bassin	RD: gallet et RG: mat. org.	O	51	-	53	12	N	81/-	80/-	68/-	35/-	57/-	96/-	100/-				ile au centre de la secxtion de travers
25	19 sept. 2019	51.05926	074.41013	chenal	-	N*	-	-	-	30												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
26	19 sept. 2019	51.05902	074.41126	bassin	mat. organique	N*	-	-	-	RG: 14												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
27	19 sept. 2019	51.05790	074.41193	rapide	bloc	O	11	11	13	12	N	27/1,1*	43/1,4*	59/1,4*	26/-	18/-						Vitesse début rapide
28	19 sept. 2019	51.04999	074.41576	chenal	gallet - bloc	O	13,5	13,5	15	12	N	45/-	59/-	55/-	20/-							
29	19 sept. 2019	51.04927	074.41662	bassin	mat. org. - bloc	O	48,5	48,5	51	13	N	79/-	68/-	67/-	69/-	46/-	32/-					
30	19 sept. 2019	51.04860	074.41846	chenal	mat. org. - bloc	O	48,5	-	51,5	20	N	26/-	30/-	37/-	63/-	52/-	48/-					
31	19 sept. 2019	51.04778	074.42022	chenal	mat. organique	N*	-	-	-	10												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
32	19 sept. 2019	51.04768	074.42244	chenal	mat. organique	N*	-	-	-	18												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
33	19 sept. 2019	51.04650	074.42281	chenal	mat. organique	N*	-	-	-	18												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
34	21 sept. 2019	51.04073	074.42349	chenal	mat. organique	O	110	-	-	31	N	73*/-	59/-	62/-	64/-	72/-	57/-	55/-	44/-	37/-	19/-	Mesures prises sur 83 mètres, le reste (27m) plus de 1,7 m de profond donc non accessible
35*	21 sept. 2019	51.03921	074.42419	chenal	mat. org. - sable	O	72	72	74	22	N	54/-	47/-	40/-	31/-	15/-	34/-					Section de la rive droite vers l'Ile (largeur de l'Ile 8,67 m)
35*	21 sept. 2019	51.03921	074.42419	chenal	mat. org. - sable	O	28,4	-	37	21	N	56/-	14/0,1	24/-	30/-							Section de l'Ile vers la rive gauche
36	21 sept. 2019	51.03833	074.42454	chenal	mat. org. - sable	O	15,5	-	-	24	N	104*/-	67/-	65/-	49/-	42/-	39/-	31/-	19/-	10/-		Meures prises de H1 à H9 vers la rive droite. De H1 à la rive gauche il y a 6,67 m
37	21 sept. 2019	51.03733	074.42340	chenal	mat. org. - sable	N*	-	-	-	-												Profondeur > 1,7 m - pas de mesure
38	21 sept. 2019	51.03642	074.42500	chenal	sable - mat. org.	O	28	-	32,5	32	N	33/0,2	27/0,2	25/0,2	24/-							
39	21 sept. 2019	51.03541	074.42658	chenal	sable - mat. org.	O	14	14	15	22	N	33/-	59/-	60/-	64/-	46/-	41/-					
40	20 sept. 2019	51.03238	074.44062	chenal	mat. organique	O	15,5	15,5	17,4	15	N	94/-	110/-	105/-	90/-	61/-	42/-	37/-	20/-			
41	20 sept. 2019	51.03289	074.44238	chenal	mat. organique	O	8	-	11	20	N	110/-	110/-	91/-	64/-							
42	20 sept. 2019	51.03242	074.44385	chenal	mat. organique	O	9,4	9,4	10,5	13	N	87/-	74/-	67/-	17/-							
43	20 sept. 2019	51.03295	074.44540	chenal	mat. org. - bloc	O	8	-	10	40	N	92/-	87/-	69/-	27/-							
44	20 sept. 2019	51.03366	074.44697	chenal	sable - mat. org.	O	8	8	9	32	N	72/-	68/-	60/-								
45	20 sept. 2019	51.03261	074.44846	fin rapide et début chenal	galet - bloc	O	10	-	12	33	N	40/-	60/-	50/-	64/-							
46	20 sept. 2019	51.03292	074.44987	chenal	mat. org. - bloc	O	10	-	11	35	N	92/-	90/-	100/-	85/-	69/-						
47	20 sept. 2019	51.03289	074.45117	chenal	mat. organique	O	9	9	9,3	25	N	67/-	63/-	72/-	68/-	75/-						
48	20 sept. 2019	51.03262	074.45321	rapide	roche mère	O	9	9	9,5	26	N	9/-	15/-	19/-	14/-							
49	20 sept. 2019	51.03264	074.45470	rapide	bloc	O	8	8	9	22	N	18/-	30/-	38/-	31/-							
50	20 sept. 2019	51.03192	074.45727	rapide	bloc	O	8	8	8,3	23	N	28/-	23/-	31/-	46/-	37/-						
51	20 sept. 2019	51.03097	074.45914	chenal	gallet - bloc	O	7,5	7,5	7,5	38	N	30/-	44/-	58/-	55/-	42/-						
52	20 sept. 2019	51.03053	074.46110	chenal	sable - mat. org.	O	7,5	7,5	9	30	N	62/-	68/-	82/-	80/-	38/-						
53	20 sept. 2019	51.02908	074.46231	chenal	mat. org. - sable	O	9	9,4	10,5	37	N	49/-	48/-	47/-	45/-							Fin du milieu naturel amont
54*	17 sept. 2019	51.02718	074.46443	chenal	-	O	5,6	-	*	30	N	44/-	64/-	74/-	73/-	50/-						Début du milieu antropique (voir polygéo pour largeur de talus)
55*	17 sept. 2019	51.02547	074.46680	chenal	-	O	5,4	-	*	30	N	39/-	60/-									Milieu antropique (voir Polygéo pour largeur de talus)
56*	17 sept. 2019	51.02353	074.46928	chenal	-	O	6,4	7	*	28	N	30/-	34/-	26/-	23/-	24/-	19/-	13/-				Milieu antropique (voir Polygéo pour largeur de talus)
57*	17 sept. 2019	51.02019	074.47215	chenal	-	O	6	-	14	27	N	27/-	31/-	19/-								Milieu antropique (voir Polygéo pour largeur de talus)
GPS 001*	17 sept. 2019	51.01119	074.47632	rapide								0,5 m/s	0,8 m/s	0,6 m/s								Vitesses prises au début du rapide (amont)
GPS 002*	17 sept. 2019	51.01147	074.47614	rapide								0,8 m/s										Vitesse prise à la fin du rapide (aval)
GPS 022*	19 sept. 2019	51.06242	074.40626	rapide								0,4 m/s	0,5 m/s	0,6 m/s								Vitesses prises au début du rapide (amont)
GPS 025*	19 sept. 2019	51.05969	074.40734	rapide								0,8 m/s										Vitesse prise à la fin du rapide (aval)
						Moyenne	15,2 (n=24)	15,3 (n=24)														

Annexe 5

Caractéristiques des segments cibles et superficie à différents débits

Troilus
Vitesses et profondeurs d'écoulement
LARinfret, 16-11-2019

Section		Débit (m3/s)	Élev. Min. section (m)	Élév. Surface eau (m)	Sup. écoul. (m2)	Largeur surf. (m)	Vitesse(1) (m/s)	Prof. Max.(1) (m)
11750	XSEC57	2,5	362,77	363,6	4,7	7,68	0,53	0,83
11750	XSEC57	2,75	362,77	363,64	4,99	7,8	0,55	0,87
11750	XSEC57	3	362,77	363,67	5,27	7,92	0,57	0,9
11750	XSEC57	3,5	362,77	363,74	5,81	8,13	0,6	0,97
11750	XSEC57	4	362,77	363,8	6,32	8,34	0,63	1,03
11750	XSEC57	4,5	362,77	363,86	6,8	8,52	0,66	1,09
11750	XSEC57	5	362,77	363,91	7,26	8,69	0,69	1,14
11035	XSEC55	2,5	362,25	362,8	1,37	4,19	1,83	0,55
11035	XSEC55	2,75	362,25	362,87	1,71	7,32	1,61	0,62
11035	XSEC55	3	362,25	362,89	1,9	8,32	1,61	0,64
11035	XSEC55	3,5	362,25	362,93	2,18	8,72	1,67	0,68
11035	XSEC55	4	362,25	362,95	2,42	8,87	1,73	0,7
11035	XSEC55	4,5	362,25	362,99	2,73	9,06	1,75	0,74
11035	XSEC55	5	362,25	363,01	2,92	9,17	1,82	0,76
10776	XSEC54	2,5	361,25	362,35	5,69	10,33	0,47	1,1
10776	XSEC54	2,75	361,25	362,39	6,05	10,69	0,49	1,14
10776	XSEC54	3	361,25	362,42	6,41	11,03	0,51	1,17
10776	XSEC54	3,5	361,25	362,48	7,11	11,66	0,55	1,23
10776	XSEC54	4	361,25	362,54	7,79	12,25	0,58	1,29
10776	XSEC54	4,5	361,25	362,59	8,46	12,8	0,6	1,34
10776	XSEC54	5	361,25	362,64	9,12	13,32	0,63	1,39
10514	XSEC53	2,5	361,5	362,23	5,62	9,65	0,44	0,73
10514	XSEC53	2,75	361,5	362,26	5,92	9,73	0,46	0,76
10514	XSEC53	3	361,5	362,29	6,22	9,82	0,48	0,79
10514	XSEC53	3,5	361,5	362,35	6,77	9,97	0,52	0,85
10514	XSEC53	4	361,5	362,4	7,3	10,11	0,55	0,9
10514	XSEC53	4,5	361,5	362,45	7,81	10,25	0,58	0,95
10514	XSEC53	5	361,5	362,49	8,29	10,38	0,6	0,99
10320	XSEC52	2,5	361,41	362	3,04	7,55	0,82	0,59
10320	XSEC52	2,75	361,41	362,03	3,23	7,63	0,85	0,62
10320	XSEC52	3	361,41	362,06	3,43	7,72	0,88	0,65
10320	XSEC52	3,5	361,41	362,1	3,79	7,87	0,92	0,69
10320	XSEC52	4	361,41	362,15	4,14	8,02	0,97	0,74
10320	XSEC52	4,5	361,41	362,19	4,47	8,16	1,01	0,78
10320	XSEC52	5	361,41	362,23	4,8	8,29	1,04	0,82
10157	XSEC51	2,5	360,77	361,25	2,24	7,5	1,12	0,48
10157	XSEC51	2,75	360,77	361,27	2,37	7,51	1,16	0,5
10157	XSEC51	3	360,77	361,28	2,48	7,51	1,21	0,51
10157	XSEC51	3,5	360,77	361,31	2,7	7,52	1,3	0,54
10157	XSEC51	4	360,77	361,34	2,9	7,55	1,38	0,57
10157	XSEC51	4,5	360,77	361,36	3,09	7,65	1,46	0,59
10157	XSEC51	5	360,77	361,38	3,26	7,74	1,54	0,61
9976	XSEC50	2,5	359,55	360,06	2,5	7,72	1	0,51
9976	XSEC50	2,75	359,55	360,08	2,67	7,88	1,03	0,53
9976	XSEC50	3	359,55	360,1	2,84	8,34	1,06	0,55
9976	XSEC50	3,5	359,55	360,14	3,18	9,18	1,11	0,59
9976	XSEC50	4	359,55	360,18	3,53	9,98	1,16	0,63
9976	XSEC50	4,5	359,55	360,21	3,88	10,72	1,2	0,66
9976	XSEC50	5	359,55	360,25	4,25	11,44	1,24	0,7
9169	XSEC45	2,5	352,36	353,12	5,97	10,36	0,42	0,76

Troilus
Vitesses et profondeurs d'écoulement
LARinfret, 16-11-2019

Section		Débit (m3/s)	Élev. Min. section (m)	Élév. Surface eau (m)	Sup. écoul. (m2)	Largeur surf. (m)	Vitesse(1) (m/s)	Prof. Max.(1) (m)
9169	XSEC45	2,75	352,36	353,16	6,4	10,48	0,43	0,8
9169	XSEC45	3	352,36	353,2	6,79	10,6	0,44	0,84
9169	XSEC45	3,5	352,36	353,27	7,52	10,8	0,47	0,91
9169	XSEC45	4	352,36	353,33	8,19	10,99	0,49	0,97
9169	XSEC45	4,5	352,36	353,38	8,8	11,16	0,51	1,02
9169	XSEC45	5	352,36	353,43	9,35	11,31	0,53	1,07
5382	XSEC32	2,5	350,1	352,08	40,5	24,91	0,06	1,98
5382	XSEC32	2,75	350,1	352,11	41,25	25,05	0,07	2,01
5382	XSEC32	3	350,1	352,14	41,95	25,17	0,07	2,04
5382	XSEC32	3,5	350,1	352,19	43,27	25,4	0,08	2,09
5382	XSEC32	4	350,1	352,24	44,48	25,62	0,09	2,14
5382	XSEC32	4,5	350,1	352,28	45,61	25,82	0,1	2,18
5382	XSEC32	5	350,1	352,32	46,65	26	0,11	2,22
5211	XSEC31	2,5	349,87	352,08	120,29	57,04	0,02	2,21
5211	XSEC31	2,75	349,87	352,11	122,03	57,18	0,02	2,24
5211	XSEC31	3	349,87	352,14	123,61	57,31	0,02	2,27
5211	XSEC31	3,5	349,87	352,19	126,61	57,54	0,03	2,32
5211	XSEC31	4	349,87	352,24	129,36	57,76	0,03	2,37
5211	XSEC31	4,5	349,87	352,28	131,89	57,95	0,03	2,41
5211	XSEC31	5	349,87	352,32	134,22	58,13	0,04	2,45
4802	XSEC28	2,5	351,28	352,04	7,26	14,92	0,34	0,76
4802	XSEC28	2,75	351,28	352,07	7,69	15,65	0,36	0,79
4802	XSEC28	3	351,28	352,09	8,1	16,52	0,37	0,81
4802	XSEC28	3,5	351,28	352,14	8,94	18,18	0,4	0,86
4802	XSEC28	4	351,28	352,19	9,78	19,7	0,42	0,91
4802	XSEC28	4,5	351,28	352,23	10,62	21,1	0,44	0,95
4802	XSEC28	5	351,28	352,27	11,44	22,39	0,46	0,99
3874	XSEC27	2,5	350,38	350,83	1,74	8,46	1,43	0,45
3874	XSEC27	2,75	350,38	350,84	1,88	8,74	1,46	0,46
3874	XSEC27	3	350,38	350,86	2,01	9,01	1,49	0,48
3874	XSEC27	3,5	350,38	350,89	2,27	9,5	1,54	0,51
3874	XSEC27	4	350,38	350,91	2,51	9,95	1,59	0,53
3874	XSEC27	4,5	350,38	350,93	2,76	10,38	1,63	0,55
3874	XSEC27	5	350,38	350,96	3	10,78	1,67	0,58
3465	XSEC23	2,5	348,05	348,6	2,6	8,93	0,96	0,55
3465	XSEC23	2,75	348,05	348,62	2,76	9,11	1	0,57
3465	XSEC23	3	348,05	348,64	2,92	9,28	1,03	0,59
3465	XSEC23	3,5	348,05	348,67	3,23	9,6	1,08	0,62
3465	XSEC23	4	348,05	348,7	3,53	9,89	1,13	0,65
3465	XSEC23	4,5	348,05	348,73	3,8	10,08	1,18	0,68
3465	XSEC23	5	348,05	348,75	4,06	10,21	1,23	0,7
2660	XSEC17	2,5	344,84	345,42	1,54	5,41	1,62	0,57
2660	XSEC17	2,75	344,84	345,43	1,64	5,59	1,67	0,59
2660	XSEC17	3	344,84	345,45	1,74	5,76	1,72	0,61
2660	XSEC17	3,5	344,84	345,49	1,95	6,11	1,79	0,65
2660	XSEC17	4	344,84	345,52	2,19	6,56	1,83	0,68
2660	XSEC17	4,5	344,84	345,56	2,41	6,96	1,87	0,72
2660	XSEC17	5	344,84	345,59	2,63	7,33	1,9	0,75
2507	XSEC16	2,5	342,19	342,43	1,92	11,22	1,3	0,24
2507	XSEC16	2,75	342,19	342,44	2,06	11,46	1,34	0,25

Troilus
Vitesses et profondeurs d'écoulement
LARinfret, 16-11-2019

Section		Débit (m3/s)	Élev. Min. section (m)	Élév. Surface eau (m)	Sup. écoul. (m2)	Largeur surf. (m)	Vitesse(1) (m/s)	Prof. Max.(1) (m)
2507	XSEC16	3	342,19	342,46	2,19	11,71	1,37	0,27
2507	XSEC16	3,5	342,19	342,48	2,44	12,11	1,44	0,29
2507	XSEC16	4	342,19	342,49	2,63	12,44	1,52	0,3
2507	XSEC16	4,5	342,19	342,51	2,85	12,79	1,58	0,32
2507	XSEC16	5	342,19	342,52	3,04	13,05	1,64	0,33
2389	XSEC15	2,5	340,31	340,78	4,44	12,92	0,56	0,47
2389	XSEC15	2,75	340,31	340,79	4,57	13,01	0,6	0,48
2389	XSEC15	3	340,31	340,8	4,72	13,11	0,64	0,49
2389	XSEC15	3,5	340,31	340,83	5,04	13,32	0,7	0,52
2389	XSEC15	4	340,31	340,85	5,37	13,54	0,74	0,54
2389	XSEC15	4,5	340,31	340,88	5,71	13,77	0,79	0,57
2389	XSEC15	5	340,31	340,9	6,07	14	0,82	0,59
1266	XSEC09	2,5	339,73	340,33	4,95	12,46	0,51	0,6
1266	XSEC09	2,75	339,73	340,35	5,24	12,66	0,52	0,62
1266	XSEC09	3	339,73	340,37	5,5	12,85	0,55	0,64
1266	XSEC09	3,5	339,73	340,41	6	13,19	0,58	0,68
1266	XSEC09	4	339,73	340,44	6,48	13,51	0,62	0,71
1266	XSEC09	4,5	339,73	340,47	6,8	13,72	0,66	0,74
1266	XSEC09	5	339,73	340,5	7,19	13,97	0,7	0,77
1075	XSEC08	2,5	338,39	340	31,55	23,02	0,08	1,61
1075	XSEC08	2,75	338,39	340,04	32,29	23,15	0,09	1,65
1075	XSEC08	3	338,39	340,07	32,98	23,28	0,09	1,68
1075	XSEC08	3,5	338,39	340,12	34,31	23,53	0,1	1,73
1075	XSEC08	4	338,39	340,17	35,54	23,75	0,11	1,78
1075	XSEC08	4,5	338,39	340,22	36,7	23,96	0,12	1,83
1075	XSEC08	5	338,39	340,27	37,81	24,16	0,13	1,88
874	XSEC07	2,5	339,19	339,99	6,84	12,46	0,37	0,8
874	XSEC07	2,75	339,19	340,02	7,23	12,62	0,38	0,83
874	XSEC07	3	339,19	340,05	7,59	12,77	0,4	0,86
874	XSEC07	3,5	339,19	340,11	8,3	13,14	0,42	0,92
874	XSEC07	4	339,19	340,16	8,97	13,56	0,45	0,97
874	XSEC07	4,5	339,19	340,21	9,62	13,96	0,47	1,02
874	XSEC07	5	339,19	340,25	10,24	14,32	0,49	1,06
678	XSEC06	2,5	339,1	339,91	6,31	11,46	0,4	0,81
678	XSEC06	2,75	339,1	339,94	6,63	11,69	0,41	0,84
678	XSEC06	3	339,1	339,97	6,93	11,9	0,43	0,87
678	XSEC06	3,5	339,1	340,02	7,52	12,3	0,47	0,92
678	XSEC06	4	339,1	340,06	8,07	12,67	0,5	0,96
678	XSEC06	4,5	339,1	340,1	8,6	13,01	0,52	1
678	XSEC06	5	339,1	340,14	9,12	13,34	0,55	1,04
203	XSEC02	2,5	338,29	338,71	4,42	16,86	0,57	0,42
203	XSEC02	2,75	338,29	338,73	4,69	17,08	0,59	0,44
203	XSEC02	3	338,29	338,75	4,97	17,31	0,6	0,46
203	XSEC02	3,5	338,29	338,78	5,5	17,74	0,64	0,49
203	XSEC02	4	338,29	338,8	6,01	18,14	0,67	0,51
203	XSEC02	4,5	338,29	338,83	6,47	18,5	0,7	0,54
203	XSEC02	5	338,29	338,85	6,93	18,85	0,72	0,56

Annexe 6

Répertoire photographique



Photo 1 **Vue du chenal d'écoulement à la section transversale 1 (aval du ruisseau Sans Nom près de la confluence avec la rivière qui se jette dans le lac Boisfort)**



Photo 2 **Vue du rapide à la section transversale 2**



Photo 3 Vue du chenal à la section transversale 4



Photo 4 Vue du rapide à la section transversale 15



Photo 5 Vue du rapide entre les sections transversales 8 et 9



Photo 6 Vue du rapide vers l'aval de la section transversale 8



Photo 7 Vue du rapide de la section transversale 16



Photo 8 Vue du rapide de la section transversale 27



Photo 9 Vue du rapide de la section transversale 23



Photo 10 Vue du bassin de la section transversale 26



Photo 11 Vue du ruisseau à la section transversale 18



Photo 12 Vue du rapide en aval de la section transversale 18

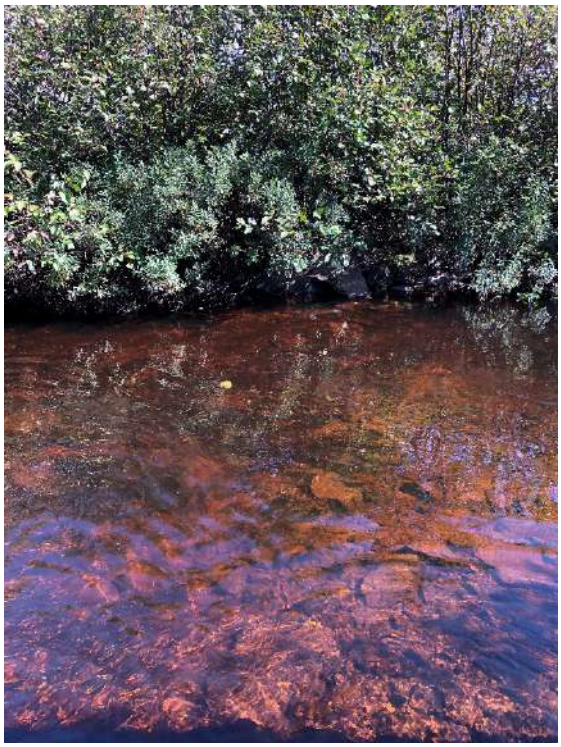


Photo 13 Vue du rapide de la section transversale 55



Photo 14 Vue du chenal de la section transversale 38

TROILUS

ANNEXE E

Informations statistiques de la rivière Broadback

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Données validées jusqu'au 2018-09-30, préliminaires par la suite
Station: 080809 Broadback - à la sortie du lac Quénonisca
Bassin versant: 9855 km² Régime: Naturel
Coordonnées: (NAD83) 50° 44' 45" // -76° 23' 14"

Date de création du fichier: 2019-07-11 19:33
Particularité(s):
-
-
-
Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois
--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs minimales mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
1972						---	---	149.0	117.0	117.0	93.70	71.40	
1973	66.80	61.40	56.60	55.80	311.0	247.0	199.0	179.0	170.0	202.0	161.0	108.0	55.80
1974	74.50	59.70	50.40	48.40	86.40	411.0	227.0	147.0	140.0	181.0	215.0	116.0	48.40
1975	74.80	55.50	43.60	40.50	81.00	220.0	163.0	133.0	118.0	143.0	163.0	97.70	40.50
1976	68.00	53.20	46.20	47.30	253.0	157.0	129.0	147.0	166.0	187.0	135.0	101.0	46.20
1977	74.50	62.60	56.60	56.40	326.0	230.0	172.0	138.0	240.0	173.0	156.0	106.0	56.40
1978	72.00	57.00	49.90	48.50	61.60	325.0	229.0	146.0	155.0	150.0	153.0	86.00	48.50
1979	54.00	41.90	37.00	42.00	438.0	360.0	190.0	175.0	172.0				
1980			---		---	185.0	176.0	153.0	140.0	202.0	160.0	105.0	
1981	74.00	61.50	67.80	71.00	205.0	208.0	122.0	75.10	75.30	129.0	121.0	87.50	61.50
1982	64.20	51.30	45.50	45.70	127.0	212.0	204.0	140.0	141.0	174.0	196.0	138.0	45.50
1983	102.0	82.50	64.10	62.20	113.0	214.0	139.0	113.0	109.0	171.0	138.0	113.0	62.20
1984	88.40	81.20	66.20	67.70	210.0	178.0	183.0	130.0	118.0	139.0	146.0	128.0	66.20
1985	84.60	61.60	51.60	51.20	197.0	299.0	181.0	162.0	120.0	122.0	160.0	118.0	51.20
1986	84.00	63.80	54.50	56.00	308.0	227.0	194.0	166.0	176.0	179.0	106.0	69.50	54.50
1987	50.30	41.90	39.00	62.00	207.0	208.0	199.0	131.0	120.0	221.0	162.0	113.0	39.00
1988	73.40	53.20	45.50	50.00	243.0	157.0	150.0	122.0	119.0	231.0	247.0	137.0	45.50
1989	89.80	66.00	51.70	51.50	81.50	277.0	157.0	132.0	118.0	156.0	206.0	119.0	51.50
1990	82.00	63.70	53.20	52.00	310.0	213.0	155.0	152.0	136.0	306.0	213.0	131.0	52.00
1991	86.40	65.90	55.30	57.60	269.0	194.0	151.6	128.1	211.4	180.8	129.0	91.70	55.30
1992	69.50	57.10	49.80	48.60	---	167.3	134.0	134.3	171.2	209.5	181.4	112.0	
1993	76.70	57.80	47.80	50.10	220.3	206.0	190.3	192.8	196.3	183.2	133.0	90.80	47.80
1994	65.40	51.80	42.60	40.50	83.50	189.2	196.1	214.0	236.5	242.6	180.0	123.0	40.50
1995	89.20	72.30	65.70	65.40	101.0	232.4	188.0	99.80	98.38	166.6	189.7	120.0	65.40
1996	86.90	70.10	58.10	55.50	185.2	223.4	193.5	129.3	110.1	120.5	174.8	119.0	55.50
1997	86.20	67.80	55.40	54.40	209.0	261.6	256.4	174.9	159.5	198.9	158.0	104.0	54.40
1998	74.10	61.00	57.30	64.10	145.6	168.3	131.9	118.8	117.6	180.0	180.0	139.0	57.30
1999	94.70	76.30	69.90	70.00	174.5	365.4	217.7	172.1	120.8	152.0	206.2	---	
2000										---	159.3	100.0	
2001	72.60	58.90	53.60	52.90	232.4	155.1	159.0	172.2	162.5	157.9	183.3	146.0	52.90
2002	98.40	74.30	63.20	61.90	380.0	224.9	163.0	164.3	150.1	283.4	171.8	111.6	61.90
2003	77.19	59.84	52.84	52.48	120.3	174.9	169.0	138.1	156.2	208.6	160.2	139.1	52.48
2004	94.22	73.93	64.74	67.46	135.9	360.3	289.9	226.4	247.9	196.0	---		
2005				---	275.7	220.6	143.1	104.4	---				
2008							---	238.7	173.3	180.2	220.8	128.7	
2009	93.77	76.21	69.28	71.82	307.1	204.4	175.3	165.3	143.8	140.1	145.8	107.3	69.28
2010	85.92	72.86	64.40	64.56	134.0	79.14	78.57	124.9	124.6	111.0	112.6	121.0	64.40
2011	94.28	69.71	58.24	---			---	105.3	94.61	106.2	---		
2012			---	208.9	226.1	185.8	117.7	115.3	196.5	307.1	225.9	148.1	
2013	109.4	91.98	82.01	80.89	325.0	188.5	151.3	190.5	174.9	154.2	206.9	123.4	80.89
2014	94.85	75.45	64.16	62.77	77.49	249.7	193.1	142.7	122.3	217.0	186.9	147.3	62.77
2015	101.8	77.55	61.54	58.87	424.1	367.5	305.6	191.1	158.7	152.7	193.2	174.5	58.87
2016	118.3	91.23	74.53	68.80	100.0	305.1	187.9	134.2	210.8	182.1	---		
2017					---	210.9	134.5	132.8	157.3	196.3	---		
2018					---	202.1	130.3	98.97	92.93				
Minimums	50.30	41.90	37.00	40.50	61.60	79.14	78.57	75.10	75.30	106.2	93.70	69.50	

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Données validées jusqu'au 2018-09-30, préliminaires par la suite
Station: 080809 Broadback - à la sortie du lac Quénonisca
Bassin versant: 9855 km² Régime: Naturel
Coordonnées: (NAD83) 50° 44' 45" // -76° 23' 14"

Date de création du fichier: 2019-07-11 19:23
Particularité(s):
-
-
-
Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois
--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs maximales mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
1972						---	---	172.0	154.0	151.0	143.0	92.90	
1973	71.90	66.50	61.40	297.0	484.0	345.0	343.0	202.0	210.0	241.0	218.0	159.0	484.0
1974	108.0	73.60	58.90	79.30	756.0	765.0	394.0	221.0	170.0	297.0	281.0	205.0	765.0
1975	115.0	74.20	54.70	70.80	289.0	263.0	232.0	224.0	153.0	166.0	219.0	161.0	289.0
1976	96.30	67.10	53.00	242.0	368.0	294.0	194.0	203.0	337.0	261.0	185.0	132.0	368.0
1977	101.0	74.20	62.30	368.0	464.0	425.0	286.0	306.0	430.0	229.0	219.0	153.0	464.0
1978	104.0	71.00	56.20	59.00	521.0	411.0	328.0	239.0	200.0	208.0	206.0	154.0	521.0
1979	84.00	53.80	41.60	620.0	603.0	594.0	346.0	211.0	320.0				
1980			---		---	234.0	252.0	184.0	200.0	250.0	224.0	159.0	
1981	104.0	73.70	75.20	194.0	533.0	400.0	205.0	120.0	147.0	147.0	143.0	120.0	533.0
1982	86.50	63.90	51.00	115.0	523.0	286.0	338.0	225.0	243.0	288.0	266.0	195.0	523.0
1983	136.0	102.0	81.00	98.90	437.0	441.0	213.0	144.0	190.0	197.0	171.0	143.0	441.0
1984	111.0	89.40	89.00	302.0	329.0	226.0	211.0	187.0	193.0	193.0	166.0	146.0	329.0
1985	126.0	83.50	60.50	171.0	476.0	369.0	294.0	181.0	162.0	208.0	208.0	157.0	476.0
1986	117.0	83.00	62.50	475.0	654.0	325.0	364.0	210.0	234.0	218.0	177.0	104.0	654.0
1987	69.00	50.00	60.00	306.0	281.0	300.0	225.0	212.0	218.0	336.0	214.0	163.0	336.0
1988	112.0	72.30	52.60	299.0	368.0	230.0	206.0	159.0	290.0	303.0	333.0	230.0	368.0
1989	135.0	88.80	64.60	77.00	541.0	425.0	274.0	185.0	146.0	259.0	253.0	203.0	541.0
1990	117.0	80.80	62.70	289.0	587.0	309.0	241.0	206.0	295.0	451.0	354.0	211.0	587.0
1991	129.0	85.70	64.90	236.0	401.0	378.0	198.0	215.2	258.8	233.3	242.9	127.0	401.0
1992	91.10	69.00	56.30	124.0	---	323.0	160.9	210.0	256.6	258.3	225.5	178.5	
1993	110.0	75.50	56.70	189.8	538.1	380.5	309.8	313.9	269.8	211.3	190.7	131.0	538.1
1994	89.40	64.70	51.00	80.70	391.6	313.2	278.7	296.4	346.1	337.0	232.1	178.0	391.6
1995	122.0	88.10	71.70	90.40	639.3	442.9	270.5	181.3	174.0	303.5	299.8	186.0	639.3
1996	118.0	86.00	69.60	176.3	552.1	418.1	246.3	189.3	139.5	190.4	214.5	174.4	552.1
1997	118.0	85.60	66.70	192.1	483.6	430.2	411.9	251.0	211.4	253.4	297.5	156.0	483.6
1998	103.0	73.50	63.30	229.4	221.2	227.7	190.0	157.8	172.9	231.6	212.8	200.0	231.6
1999	137.0	93.70	75.70	158.1	662.1	526.3	384.6	268.3	168.4	326.1	322.4	---	
2000										---	195.1	157.2	
2001	99.10	72.20	58.60	376.6	543.4	230.6	218.6	234.5	200.4	213.3	223.8	222.8	543.4
2002	142.0	96.90	73.40	367.4	467.2	426.6	280.1	321.1	377.5	436.0	275.5	168.9	467.2
2003	110.2	76.39	58.94	109.1	504.6	293.9	208.6	165.4	202.7	271.8	263.9	258.5	504.6
2004	137.2	93.27	73.45	130.1	497.5	420.9	441.8	317.0	331.2	277.6	---		
2005				---	474.2	270.2	277.5	142.3	---				
2008							---	497.2	233.7	272.1	296.6	217.3	
2009	127.3	92.94	75.37	268.9	551.8	410.5	279.3	183.7	172.5	178.3	174.5	157.0	551.8
2010	106.5	85.36	72.14	250.3	229.0	135.6	151.4	170.5	166.8	156.2	144.3	177.1	250.3
2011	141.5	93.02	68.53	---			---	151.4	105.0	209.4	---		
2012			---	298.1	303.6	269.1	226.5	304.3	451.1	427.3	375.3	222.3	
2013	146.4	108.6	91.09	245.9	759.8	413.5	182.7	258.9	238.9	285.4	307.4	203.1	759.8
2014	121.7	93.94	74.47	71.88	655.7	478.1	267.8	256.9	323.8	390.6	345.8	193.8	655.7
2015	146.1	100.7	76.24	351.6	627.4	517.9	395.9	290.6	195.1	219.3	320.4	213.5	627.4
2016	170.6	117.1	90.54	97.83	358.0	385.8	300.2	234.5	347.7	256.9	---		
2017					---	451.8	213.5	278.6	251.7	260.0	---		
2018					---	538.7	200.1	145.6	219.2				
Maximums	170.6	117.1	91.09	620.0	759.8	765.0	441.8	497.2	451.1	451.0	375.3	258.5	

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Données validées jusqu'au 2018-09-30, préliminaires par la suite
Station: 080809 Broadback - à la sortie du lac Quénonisca
Bassin versant: 9855 km² Régime: Naturel
Coordonnées: (NAD83) 50° 44' 45" // -76° 23' 14"

Date de création du fichier: 2019-07-11 19:53
Particularité(s):
-
-
-
Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois
--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs moyennes mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
1972						---	---	157.0	135.6	136.7	118.6	82.21	
1973	69.45	63.99	58.79	105.2	422.9	275.6	278.5	187.1	194.4	220.0	182.3	133.2	182.6
1974	88.71	66.44	53.56	54.24	397.1	615.4	307.2	171.5	150.9	258.6	258.0	151.4	214.4
1975	92.34	63.84	48.36	45.95	218.8	237.9	202.8	167.9	135.0	151.5	186.2	126.7	139.8
1976	80.83	59.31	48.74	98.99	305.3	208.4	166.1	179.0	255.5	219.8	156.0	112.5	157.5
1977	89.54	67.73	58.81	119.6	388.3	301.8	214.2	178.7	341.3	193.8	187.2	132.0	189.4
1978	86.39	63.53	52.52	50.78	313.1	355.2	262.5	191.8	179.7	184.7	174.9	117.3	169.4
1979	67.18	47.13	38.55	153.2	505.1	486.3	240.5	198.2	225.9				
1980			---		---	203.9	214.8	173.4	157.0	222.5	187.0	129.2	
1981	87.94	67.44	72.06	130.6	418.5	288.0	158.1	95.16	108.2	140.2	132.8	103.3	150.2
1982	74.48	56.98	47.01	61.09	367.6	233.3	258.7	167.9	194.8	216.0	234.1	163.7	173.0
1983	115.2	91.77	71.67	71.56	333.9	328.2	171.3	129.9	146.6	187.4	147.8	123.9	159.9
1984	100.9	85.64	74.82	127.8	282.4	201.2	195.7	156.5	138.3	164.2	158.9	140.6	152.2
1985	103.3	71.55	54.69	63.65	381.3	337.7	220.6	168.1	132.8	163.4	185.4	135.9	168.2
1986	98.76	72.65	56.96	128.0	534.5	272.2	281.5	187.7	213.6	203.7	136.4	84.98	189.2
1987	58.64	45.49	42.38	166.5	231.5	246.0	211.6	157.9	173.0	280.3	180.6	137.2	160.9
1988	89.87	62.11	47.65	168.8	324.2	187.9	174.6	141.3	184.6	259.6	290.3	174.0	175.4
1989	110.6	76.43	57.15	58.72	372.3	330.4	209.9	161.7	128.1	208.5	232.0	155.2	175.1
1990	97.95	71.71	56.93	76.15	468.2	244.9	192.1	179.6	198.5	363.5	258.3	168.4	198.0
1991	105.5	74.70	58.76	122.3	371.7	255.0	181.1	164.2	233.6	208.3	171.3	107.6	171.2
1992	79.38	62.51	52.30	59.59	---	231.1	146.8	170.2	230.9	232.3	203.6	140.6	
1993	91.82	66.15	50.97	81.60	450.5	299.1	269.2	250.6	228.1	197.3	165.5	109.4	188.4
1994	76.39	57.79	46.62	53.67	276.4	237.5	240.8	247.9	282.8	296.8	208.1	148.2	181.1
1995	104.0	79.37	68.31	70.40	426.4	321.6	233.9	132.6	128.5	219.4	230.4	148.8	180.3
1996	100.4	77.50	63.68	77.49	389.0	293.3	225.3	150.0	123.6	162.5	192.3	145.6	166.7
1997	100.8	76.04	60.64	77.12	386.3	306.4	334.8	207.3	178.3	231.2	225.2	127.5	192.6
1998	86.93	66.54	59.17	139.8	188.2	201.2	152.1	138.0	131.9	205.3	198.1	172.3	145.0
1999	113.4	83.79	71.90	89.38	508.8	428.8	291.7	230.3	134.4	277.7	282.2	---	
2000										---	179.0	123.3	
2001	84.78	64.91	55.41	108.6	393.7	180.4	197.0	205.3	178.1	183.5	199.3	184.4	169.6
2002	117.7	84.19	67.32	142.4	436.1	336.4	200.4	245.5	269.8	371.4	217.1	136.0	218.7
2003	92.13	67.39	54.84	60.80	356.1	215.7	185.5	152.7	184.1	244.4	202.5	184.6	166.7
2004	113.1	82.59	68.01	87.54	335.8	388.0	380.6	272.4	292.3	241.5	---		
2005				---	406.3	245.4	201.5	128.1	---				
2008							---	366.4	194.4	232.2	263.7	162.8	
2009	109.1	83.73	71.42	118.3	476.6	305.4	224.5	173.6	156.6	158.7	164.5	126.5	180.7
2010	95.62	78.70	67.76	182.7	182.6	105.5	124.0	146.7	155.8	128.0	125.4	159.2	129.3
2011	119.5	80.22	62.51	---			---	133.5	99.74	142.3	---		
2012			---	237.1	268.5	226.4	157.8	223.7	280.9	351.3	300.4	181.0	
2013	126.0	99.51	85.68	102.3	572.7	297.4	164.2	238.3	212.1	211.3	263.7	158.0	210.9
2014	107.1	83.86	68.68	65.02	444.8	369.6	230.4	200.4	226.6	308.7	244.3	164.4	209.5
2015	121.9	88.20	68.23	98.35	545.3	436.7	355.0	241.0	176.8	180.9	266.8	196.5	231.3
2016	142.1	103.0	81.95	76.53	267.6	342.7	238.9	167.0	285.2	214.3	---		
2017					---	309.5	173.8	198.6	191.4	221.1	---		
2018					---	351.9	153.6	116.6	119.5				
Moyennes	97.29	72.82	60.13	100.9	377.0	293.6	220.1	183.0	188.1	219.4	202.9	141.8	

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Données validées jusqu'au 2018-09-30, préliminaires par la suite
Station: 080809 Broadback - à la sortie du lac Quénonisca
Bassin versant: 9855 km² Régime: Naturel
Coordonnées: (NAD83) 50° 44' 45" // -76° 23' 14"

Date de création du fichier: 2019-07-11 19:43
Particularité(s):
-
-
-
Lexique: *** 5 moyennes journalières débit manquantes dans le mois
--- 3 moyennes journalières débit manquantes consécutives dans le mois

Débit journalier en m³/s - Valeurs médianes mensuelles

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
1972						---	---	156.0	136.5	142.0	115.0	82.10	
1973	69.70	64.30	58.30	57.35	439.0	270.5	294.0	185.0	201.0	217.0	179.0	135.0	182.0
1974	86.90	66.25	53.20	49.95	297.0	593.5	311.0	164.0	149.5	268.0	258.5	144.0	156.8
1975	91.20	63.40	48.10	42.65	223.0	236.0	212.0	163.0	129.5	149.0	178.0	125.0	139.3
1976	80.10	59.20	48.10	72.35	297.0	203.5	179.0	182.0	269.0	215.0	152.0	109.0	165.5
1977	90.00	67.55	58.60	64.30	391.0	295.5	188.0	161.0	335.5	195.0	188.5	131.0	174.5
1978	85.80	63.35	52.20	49.70	346.0	346.5	255.0	189.0	180.0	196.0	171.0	114.0	175.5
1979	66.00	46.75	38.10	62.15	495.0	467.0	225.0	200.0	215.5				
1980			---		---	204.0	216.0	176.0	147.0	216.0	185.5	128.0	
1981	87.50	67.50	73.50	139.5	444.0	278.0	155.0	91.60	109.5	141.0	132.5	103.0	121.0
1982	74.00	56.60	46.00	47.90	379.0	226.0	253.0	168.0	196.0	196.0	239.0	160.0	182.0
1983	113.0	91.50	71.50	68.95	389.0	333.5	169.0	131.0	148.0	189.0	143.0	122.0	137.0
1984	102.0	86.20	74.90	76.50	302.0	200.5	194.0	152.0	124.5	161.0	162.0	140.0	146.0
1985	103.0	70.95	53.90	51.35	404.0	331.5	210.0	168.0	127.5	163.0	184.0	138.0	150.5
1986	98.20	72.35	55.80	92.75	569.0	275.5	290.0	192.0	223.5	205.0	134.5	84.00	163.3
1987	58.00	45.25	40.30	124.0	229.0	238.5	209.0	151.0	184.0	282.0	177.5	139.0	164.3
1988	88.00	61.50	47.20	155.5	341.0	184.5	178.0	146.0	185.0	255.0	283.5	171.0	174.5
1989	109.0	75.85	56.60	55.90	455.0	329.0	200.0	160.0	126.0	213.0	233.5	151.0	155.5
1990	97.00	71.50	56.40	52.85	467.0	243.5	192.0	176.0	178.0	339.0	229.5	166.0	177.0
1991	105.0	74.15	57.90	106.0	380.0	239.5	190.0	149.9	229.4	212.7	165.5	107.0	157.7
1992	79.20	62.40	52.00	49.75	---	227.7	147.3	169.8	240.1	231.0	205.5	138.0	
1993	90.80	65.70	50.10	69.10	486.3	304.2	280.0	244.7	224.2	197.8	172.0	108.0	184.9
1994	75.70	57.50	46.40	44.65	316.0	219.9	250.3	244.7	266.7	301.1	209.3	147.0	214.6
1995	103.0	78.80	68.50	68.05	483.7	330.3	233.9	127.4	123.5	210.7	217.0	146.0	136.7
1996	99.70	77.30	63.40	57.70	418.1	284.3	228.5	140.3	120.7	167.2	189.4	144.0	142.2
1997	100.0	75.90	60.20	61.80	386.0	283.0	342.2	208.9	171.1	232.7	219.0	126.0	190.0
1998	86.50	66.05	58.80	117.8	194.7	198.7	148.4	139.8	124.0	203.0	199.7	173.0	144.1
1999	112.0	82.95	71.10	79.75	518.0	410.0	292.3	238.3	130.0	296.9	295.2	---	
2000										---	179.5	119.9	
2001	84.00	64.45	55.10	62.00	397.8	173.4	200.8	206.9	179.9	181.9	198.1	184.9	180.9
2002	117.0	83.35	66.80	72.20	433.5	343.4	203.9	250.0	290.8	373.7	222.1	132.6	213.0
2003	91.29	67.00	54.28	53.02	383.6	215.3	181.4	153.2	184.5	248.2	197.8	177.6	179.5
2004	111.6	82.04	67.41	80.79	362.7	389.4	383.6	274.7	296.0	236.6	---		
2005				---	425.3	247.7	192.4	132.1	---				
2008							---	354.0	192.3	236.1	266.5	156.4	
2009	108.3	83.26	70.91	100.4	485.9	306.7	223.9	172.3	155.6	158.2	165.4	124.1	156.9
2010	95.29	78.47	67.51	205.4	185.8	103.4	131.9	145.2	158.4	125.4	125.0	162.1	128.7
2011	119.9	79.59	61.97	---			---	138.4	99.72	121.0	---		
2012			---	225.3	262.5	229.0	150.3	220.2	207.3	342.8	301.9	178.7	
2013	125.0	99.07	85.20	81.91	596.1	297.3	162.0	239.0	220.4	193.0	267.9	155.2	177.5
2014	106.9	83.39	68.33	63.90	520.5	359.8	237.5	202.0	269.3	306.7	210.4	160.2	206.2
2015	120.8	87.70	67.86	64.15	532.6	435.4	358.0	253.6	174.4	180.9	263.0	195.8	188.4
2016	140.9	102.3	81.62	72.54	301.1	345.0	226.3	164.3	285.7	214.9	---		
2017					---	291.7	166.4	192.9	182.4	223.3	---		
2018					---	332.7	147.2	112.0	104.0				
Médianes	97.00	71.50	58.30	68.05	391.0	283.0	209.0	168.9	180.0	212.7	193.6	139.0	

ANNEXE F

Wachiih (2018) Expertise professionnelle en environnement pour le dénoyage des fosses 87 et J4 – Bathymétrie des lacs A et B

Rapport technique
Version finale

Expertise professionnelle en environnement pour le dénoyage des fosses F87 et J4

Bathymétrie des lacs A et B



Relevés
Automne 2018

Préparé par
Jean-François Savard

Révisé par
Sébastien Amodeo

Janvier 2019

Wachiih

Table des matières

1. Mise en contexte....1
2. Méthodologie....1
Relevés topographiques....1
Relevés bathymétriques avec échosondeur mono-faisceau....1
Relevés bathymétriques au télémètre laser....2
Base de triangulation....2
3. Description des relevés....2
Stations et points de contrôles....2
Système de coordonnées....3
Plan de sondage....3
Date des relevés....3
Calibration de l'échosondeur....3
Référencement des relevés au télémètre laser....4
4. Produits livrables....4
Implantation de repères....4
Calcul de volume....4
Liste des fichiers....4
Structure de la table d'attributs des fichiers....5
Codification des relevés....6

Liste des annexes

Annexe A – Localisation des repères
Annexe B - Présentation des relevés
Annexe C – Rapport de correction PPP
Annexe D – Volume d'emmagasinement des lacs A et B

1. Mise en contexte

Troilus Gold est une société d'exploration minière établie à Toronto qui se concentre sur les projets d'exploration au stade avancé et la mise en valeur précoce, ainsi que sur l'expansion éventuelle des ressources minérales et la réouverture de l'ancienne mine d'or et de cuivre Troilus. Le site minier de Troilus, d'une superficie de 4 700 ha, se trouve au nord-est du district minier de Val d'Or, dans la ceinture de roches vertes Frotet-Evans, à environ 170 km au nord de Chibougamau. Entre 1997 et 2010, Inmet Mining Corporation a exploité la mine à ciel ouvert de Troilus. Cette dernière a produit plus de 2 millions d'onces d'or et près de 70 000 tonnes de cuivre. Troilus Gold estime que les zones au-dessous et autour des anciennes fosses contiennent plusieurs millions d´onces d´or, ce qui pourrait justifier sa réouverture. Cette réouverture, le cas échéant, nécessiterait le dénoyage des fosses F-87 et J-4. À cet égard, les lacs A et B sont considérés comme exutoires potentiels.

Wachiih, une compagnie autochtone de Mistissini et associée au Groupe Desfor, a été mandatée par Troilus Gold pour documenter la demande de certificat d'autorisation à déposer au MDDELCC pour le dénoyage des fosses à partir de l'été 2019. Les données recueillies permettront aussi d'identifier, en amont du projet, des contraintes ou de fortes résistances environnementales qui pourraient compromettre le développement du projet ou encore occasionner des coûts et des délais importants pour obtenir les autorisations gouvernementales nécessaires.

Ce rapport technique présente les résultats de relevés bathymétriques des lacs A et B réalisés en octobre et décembre 2018.

2. Méthodologie

Relevés topographiques

Les relevés topographiques sont effectués au moyen d'un mobile *GPS Trimble R8 modèle 3* compatible avec le réseau de satellites GNSS. La précision optimale de cet appareil est de 0,010 mètre en planimétrie et de 0,015 mètre en altimétrie. La précision peut diminuer en fonction de différents facteurs tels que la position des satellites, le dégagement au ciel de l'appareil, la proximité d'un champ électromagnétique (ligne de haute tension) ou le mouvement lors des relevés (relevés fixes versus relevés en continu). Les relevés ont été effectués en mode RTK (*Real Time Kinematic*), ce qui permet de connaître la position précise au moment du relevé.

Relevés bathymétriques avec échosondeur mono-faisceau

Plusieurs équipements sont nécessaires afin d'obtenir des résultats de haute précision lorsque nous effectuons des relevés bathymétriques. La profondeur de l'eau est mesurée au moyen d'un échosondeur mono-faisceau *SonarMite MILSpec* dont la précision optimale est de 0,015 mètre. La précision de cet appareil peut varier en fonction de divers facteurs tels que la présence d'un courant marin ou la présence de fortes vagues lors des relevés.

Afin de calibrer l'échosondeur, il est important de tenir compte de la vitesse de propagation du son dans l'eau. Ce paramètre peut varier en fonction de la température, de la turbidité et de la salinité de l'eau et il influence grandement la précision de l'échosondeur. Pour ce faire, nous utilisons un *Mini SVP* (*Sound velocity profiler)* de marque *Valeport*. Le relevé figure dans la rubrique « Calibration de l'échosondeur ».

Afin de positionner les relevés dans un système de coordonnées terrestre, nous relions l'échosondeur à un GPS *Trimble R8 modèle 3* compatible avec le réseau de satellites GNSS. La précision optimale de cet appareil est de 0,010 mètre en planimétrie et de 0,015 mètre en altimétrie. La précision peut varier en fonction de différents facteurs tels que la position des satellites, le dégagement au ciel de l'appareil, la proximité d'un champ électromagnétique (ligne de haute tension) ou le mouvement lors des relevés (relevés fixes versus relevés en continu).

Relevés bathymétriques au télémètre laser

La présence de glace sur le lac A en octobre a empêché d'en réaliser une bathymétrie complète. Afin que la superficie soit couverte en entier, le personnel de la mine a effectué (en décembre 2018) un relevé additionnel en forant des trous dans la glace puis en mesurant la profondeur à l'aide d'un télémètre laser. Les relevés ont été positionnés à partir d'un GPS standard sans correction et l'élévation de référence est le niveau d'eau.

Base de triangulation

Afin d'obtenir une précision de l'ordre du centimètre, il est impératif de trianguler le relevé au moyen d'une base GPS fixe. Cette opération permet de corriger la position obtenue par le mobile GPS.

La triangulation des relevés a été obtenue à partir d'une base GPS *Trimble R8 modèle 3* installé sur un repère implanté en mode PPP (*Précise Point Positioning*). Cette technique requiert que la base demeure en place sur le repère et enregistre sa position à chaque seconde durant plusieurs heures. La position est ensuite corrigée au moyen du site Internet de RNCan afin d'obtenir la position précise du nouveau repère. La fiche de calibration du repère figure à l'annexe C du rapport.

Nous avons également mesuré la position du repère connu à la mine sous le numéro 77. Nous n'avons toutefois pas en main les coordonnées figurant sur la fiche de ce repère. Il pourra servir pour fins de validation additionnelles si la mine dispose de ces informations.

3. Description des relevés

Stations et points de contrôles

Voici la liste des repères utilisés pour implanter la base GPS ayant servi aux relevés.

Nom du repère	Origine	Point de contrôle	Précision horiz. du pt de contrôle	Précision vert. du pt de contrôle	Différence planimétrique	Différence altimétrique
Lac A	Implanté en PPP	Correction PPP	0,022 m	0,025 m	-	-
		Lac A-1 (fin de journée)	0,006 m	0,012 m	0,034 m	0,039 m
Lac B	Implanté en PPP	Correction PPP	0,015 m	0,017 m	-	-
	Lac A	Lac B-1	0,008 m	0,009 m	<0,001 m	0,003 m
	Lac A	Lac A-2	0,007 m	0,011 m	<0,001 m	0,039 m
77	Lac A	bm77-1	0,008 m	0,010 m	Inconnue*	Inconnue*
		bm77-2	0,006 m	0,012 m	Inconnue*	Inconnue*

* : Les coordonnées du repère 77 sont connues de la mine mais ne nous ont pas été communiquées. Ce repère pourra servir de point de contrôle additionnel si requis.

Le repère 77 a été mesuré en vissant une tige d'extension sur l'écrou. L'altitude est par conséquent calculée au niveau du bloc de béton. La carte de l'annexe A illustre sa position. Les coordonnées mesurées sont les suivantes :

- X : 236 590,022 m
- Y : 5 652 859,525 m
- Z : 373,924 m

Le champ « de_origine » de la table d'attribut du fichier livré indique le nom de la station ou du repère sur lequel la base utilisée était implantée.

Le rapport de correction des repères implantés en mode PPP figurent à l'annexe C du rapport.

Système de coordonnées

La projection cartographique utilisée lors des relevés est « Québec MTM, NAD 83, fuseau 8 ». Le géoïde utilisé pour calculer l'altitude est le HTv2.0 (CGVD28).

Plan de sondage

La superficie à relever au lac A était de 79,2 ha et celle du lac B était de 46 ha. La présence de glace au lac A nous a empêché de relever la majeure partie de la zone. Seul un secteur d'environ 2,2 ha a pu être relevé avec l'échosondeur mono-faisceau. Le reste de la zone a été couvert à l'aide d'un télémètre laser.

Les relevés au lac B ont été effectués en suivant des sections parallèles à intervalle de 50 mètres. Un point a été relevé à chaque 2 mètres le long de ces sections. Les relevés par échosondeur du lac A ont été effectués en zigzag aux endroits où il a été possible de briser la glace. Les relevés par télémètre laser au lac A ont été effectué à raison aux 100 mètres par 100 mètres pour un total de 76 sondages.

Des relevés au télémètre laser ont également été effectués par la mine au lac Long en respectant la même densité qu'au lac A. Il s'agit d'un lac situé à environ 1 kilomètre au nord du lac A. Un total de 51 points ont été relevés sur ce site. Comme ces relevés n'étaient pas prévus au mandat initial, il ne font pas partie du présent rapport. Nous n'avons relevé aucun niveau d'eau sur ce lac qui nous permettrait de déterminer l'altitude de référence des profondeurs mesurée au lac Long.

Date des relevés

Les relevés à l'échosondeur mono-faisceau du lac A ont été effectués le 23 octobre 2018 et ceux du lac B ont été effectués le 24 octobre 2018. Les relevés laser du lac A ont été effectués dans la première semaine de décembre 2018.

Calibration de l'échosondeur

L'échosondeur est configuré à une vitesse du son dans l'eau de 1 500 mètres par seconde. La profondeur est ajustée en post-traitement à partir du relevé obtenu au moyen du *Mini-SVP*. Le tableau suivant indique les vitesses obtenu aux différents sites de relevés :

Site	Date	Heure	Vitesse moyenne	Variation de la vitesse
Lac A	2018-10-23	15h45	1407,7 m/sec	0,8 m/sec
Lac B	2018-10-24	16h07	1415,2 m/sec	7,4 m/sec

Référencement des relevés au télémètre laser

L'altitude du niveau d'eau au moment des relevés par télémètre n'a pas été arpentée. Nous avons utilisé le niveau d'eau mesuré au moment des relevés à l'échosondeur mono-faisceau comme altitude de référence pour ces relevés, soit 352,66 m. Un seul sondage au télémètre se situe dans la zone de relevé par échosondeur. L'écart entre ce sondage et les relevés à l'échosondeur tant à indiquer qu'il faudrait diminuer l'altitude des relevés par télémètres de 0,27 mètre. Il nous est toutefois impossible de fournir un référentiel précis à partir d'une seule valeur de calibration.

4. Produits livrables

Implantation de repères

Deux repères ont été implantés près du site des relevés afin de faciliter d'éventuels mesures de contrôle. Ils sont illustrés sur la carte figure à l'annexe A de ce rapport.

Nom du repère	Lac A	Lac B
Coordonnée Est (MTM, fuseau 8, NAD 83)	239 430,892 m	238 638,748 m
Coordonnée Nord (MTM, fuseau 8, NAD 83)	5 655 096,545 m	5 652 303,335 m
Élévation (HTv2.0 – CGVD28)	353,998 m	403,145 m
Type de repère	Tige de fer dans le sol	Tige de fer dans le sol
Date d'implantation	2018-10-23	2018-10-24
Méthode d'implantation	PPP	PPP
Précision horizontale lors de l'implantation	0,022 m	0,015 m
Précision verticale lors de l'implantation	0,025 m	0,017 m

Calcul de volume

Le volume d'eau des lacs a été calculé à partir des relevés bathymétriques et des courbes de niveau de la BDTQ. Le fichier 18-0119_calculVolume_181213.xlsx présente le résultat des calculs et l'annexe D du présent rapport présente la courbe d'emmagasinage d'eau des deux lacs.

Lac A. La précision des courbes de la BDTQ est au 10 mètres et le terrain entourant le lac A est généralement plat ce qui nous empêche d'extrapoler le volume d'eau au-delà du niveau du lac au jour des relevés, soit 352,66 mètres.

Lac B. Le niveau du lac B était de 392,43 mètres au moment des relevés. Le lac B étant encaissé, il est possible d'extrapoler le volume qu'aurait une élévation théorique du niveau de l'eau jusqu'à 410 mètres. Une telle élévation du niveau de l'eau aurait des impacts environnementaux qui n'ont pas été évalués dans le cadre de ce mandat.

Une campagne de relevés terrestres permettrait un calcul plus précis du volume d'eau des deux lacs.

Liste des fichiers

Une carte illustrant les relevés et les courbes bathymétriques figure à l'annexe B de ce rapport. Les fichiers accompagnant ce rapport sont les suivants :

- 18-0119_mop_relLacAecho_181212.dwg : Compilation des relevés du lac A par échosondeur mono-faisceau en format AutoCAD©
- 18-0119_mop_relLacAecho_181212.shp : Compilation des relevés du lac A par échosondeur mono-faisceau en format ESRI ShapeFile©

- 18-0119_mop_relLacAecho_181212.xlsx : Compilation des relevés du lac A par échosondeur mono-faisceau en format Microsoft Excel©
- 18-0119_mop_relLacAtelem_181212.dwg : Compilation des relevés du lac A par télémètre laser en format AutoCAD©
- 18-0119_mop_relLacAtelem_181212.shp : Compilation des relevés du lac A par télémètre laser en format ESRI ShapeFile©
- 18-0119_mop_relLacAtelem_181212.xlsx : Compilation des relevés du lac A par télémètre laser en format Microsoft Excel©
- 18-0119_mop_relLacB_181212.dwg : Compilation des relevés du lac B par échosondeur mono-faisceau en format AutoCAD©
- 18-0119_mop_relLacB_181212.shp : Compilation des relevés du lac B par échosondeur mono-faisceau en format ESRI ShapeFile©
- 18-0119_mop_relLacB_181212.xlsx : Compilation des relevés du lac B par échosondeur mono-faisceau en format Microsoft Excel©
- 18-0119_mol_courbeLacA_181212.dwg : Courbe bathymétriques du lac A en format AutoCAD©
- 18-0119_mol_courbeLacA_181212.shp : Courbe bathymétriques du lac A en format ESRI ShapeFile©
- 18-0119_mol_courbeLacB_181212.dwg : Courbe bathymétriques du lac B en format AutoCAD©
- 18-0119_mol_courbeLacB_181212.shp : Courbe bathymétriques du lac B en format ESRI ShapeFile©
- 18-0119_mol_xbdtqHypso_181212.dwg : Courbe de niveau extrait de le BDTQ en format AutoCAD©
- 18-0119_mol_xbdtqHypso_181212.shp : Courbe de niveau extrait de le BDTQ en format ESRI ShapeFile©
- 18-0119_hys_lacA_B_181212.dwg : Limite des lacs A et B en format AutoCAD© (numérisés à partir de GoogleMaps)
- 18-0119_hys_lacA_B_181212.shp : Limite des lacs A et B en format ESRI ShapeFile©© (numérisés à partir de GoogleMaps)
- 18-0119_calculVolume_181213.xlsx : Volume d'emmagasinement des lacs A et B
- 18-0119_rt_bathyTroilusLacA-B_181213.pdf : Rapport des relevés (présent document)

NOTE : *Les fichiers portant l'extension .cpg, .dbf, .prj, .sbn, .shp.xml et .shx doivent en tout temps accompagner le fichier du même nom portant l'extension .shp car ensemble, ils constituent le format ESRI ShapeFile©.*

Structure de la table d'attributs des fichiers

Les champs de la table d'attributs des fichiers sont les suivants :

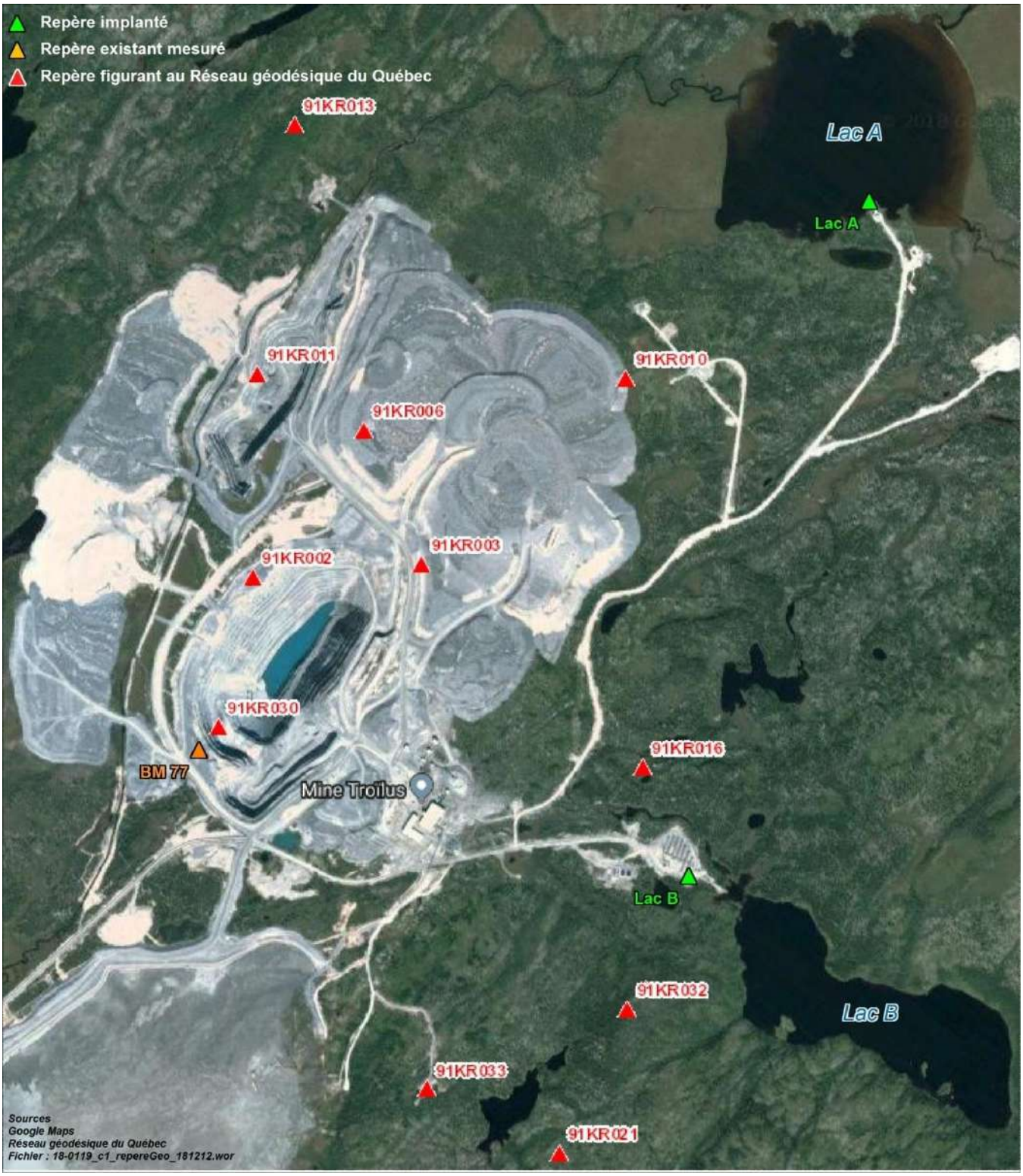
- No_point : Numéro du point.
- Est : Coordonnées Est du point relevé.
- Nord : Coordonnée Nord du point relevé.
- PrecHoriz : Précision du point en planimétrie.
- PrecVert : Précision du point en altimétrie.
- Code : Code de point. Voir la rubrique « Codification des relevés » pour la liste des codes.
- de_origine : Numéro de point de base d'origine utilisé pour la triangulation GPS.
- de_sou : Indique la source de l'information ou la méthode de relevé.
- da_sou : Date de la source de l'information.
- co_ver : Code de version de l'élément (date de production).
- de_obj : Description de l'élément.
- va_z_m : Élévation au sol en mètre.

Codification des relevés

La description des codes de relevés est la suivantes :

- BAS Bathymétrie par échosondeur
- BAT Bathymétrie au télémètre laser
- BM Borne existante (numéro et coordonnées inconnues)
- CTRL Point de contrôle de l'implantation de la base
- EDJ Niveau d'eau du jour
- ST Repère implanté

Annexe A – Localisation des repères


Repère implanté
Repère existant mesuré
Repère figurant au Réseau géodésique du Québec
91KR013
Lac A
Lac A
91KR011
91KR010
91KR006
91KR003
91KR002
91KR030
BM 77
Mine Troilus
91KR016
Lac B
91KR032
Lac B
91KR033
91KR021
Sources
Google Maps
Réseau géodésique du Québec
Fichier : 18-0119_c1_repereGeo_181212.wor

Annexe B – Présentation des relevés

Dénoyage des fosses

Bathymétrie du lac A

Sources
BDTQ 1:20 000, MRNF, Québec, 2012
Image aérienne, Google 20018
Relevés bathymétriques, GCNN 2018 et Troilus 2018

Fichier : 18-0119_c2_LacA_181213.mxd

0 50 100 m

Projection : MTM fuseau 8, NAD83
Équidistance des courbes : 0,2 mètre

Carte 2

Décembre 2018

GROUPE CONSEIL Nutshimit-Nippour



Relevés et topographie

- Relevé au télémètre laser
- Zone de relevés par échosondeur mono-faisceau
- Repère implanté
- Courbe bathymétrique
- Courbe extraite de la BDTQ

Élévation

- moins de 344 m
- 344 m à 346 m
- 346 m à 348 m
- 348 m à 350 m
- 350 m à 352 m
- 352 m et plus

Dénoyage des fosses

Bathymétrie du lac B

Sources
BDTQ 1:20 000, MRNF, Québec, 2012
Image aérienne, Google 20018
Relevés bathymétriques, GCNN 2018 et Troilus 2018

Fichier : 18-0119_c3_LacB_181213.mxd

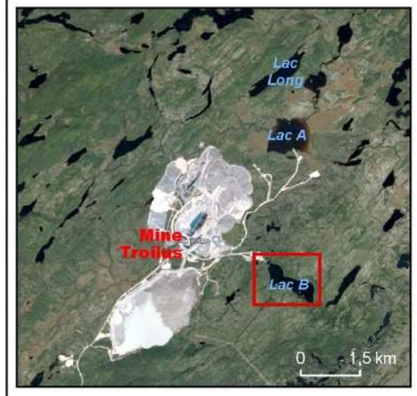
0 50 100 m

Projection : MTM fuseau 8, NAD83
Équidistance des courbes : 0,2 mètre

Carte 3

Décembre 2018

GROUPE CONSEIL Nutshimit-Nippour



Relevés et topographie

- Repère implanté
- Courbe bathymétrique
- Courbe extraite de la BDTQ

Élévation

- moins de 380 m
- 380 m à 382 m
- 382 m à 384 m
- 384 m à 386 m
- 386 m à 388 m
- 358 m à 390 m
- 390 m et plus

Annexe C – Rapport de correction PPP

Repère Lac A

SCRS-PPP 2.18.0 (2018-10-09)

7047296C.18o
basea

Début des données	Fin des données	Durée des observations
2018-10-23 18:50:04.00	2018-10-23 21:50:43.00	3:00:39
Heure de traitement		**Type de produits**
16:20:36 UTC 2018/12/11		IGS finale
Observations	**Fréquence**	**Mode**
Porteuse et pseudo-distance	Double	Statique
Masque d'élévation	**Données rejetées**	**Intervalle des estimés**
7.5 degrés	0.00 %	1.00 sec
Antenne	**CPA au PRA**	**PRA au Repère**
TRM60158.00	L1 = 0.085 m L2 = 0.081 m	H:1.549m / E:0.000m / N:0.000m

(CPA = centre de phase de l'antenne; PRA = point de référence de l'antenne)

Positions estimées pour 7047296C.18o

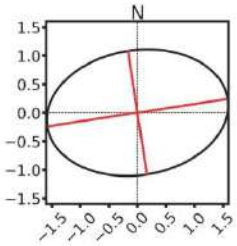
	Latitude (+n)	Longitude (+e)	Altitude Ell.
NAD83(SCRS) (2018)	51° 1' 42.35577"	-74° 25' 54.78939"	319.923 m
Sigmas(95%)	0.009 m	0.013 m	0.025 m
A priori*	51° 1' 42.44664"	-74° 25' 54.79969"	321.051 m
Position calculée – A priori	-2.808 m	0.201 m	-1.128 m

Altitude orthométrique CGVD28 (HTv2.0)

353.988 m

(lien pour la référence altimétrique)

Ellipse d'erreur 95% (cm)
demi-grand axe: 1.600 cm
demi-petit axe: 1.094 cm
azimut du demi-grand axe: 81° 21' 22.13"



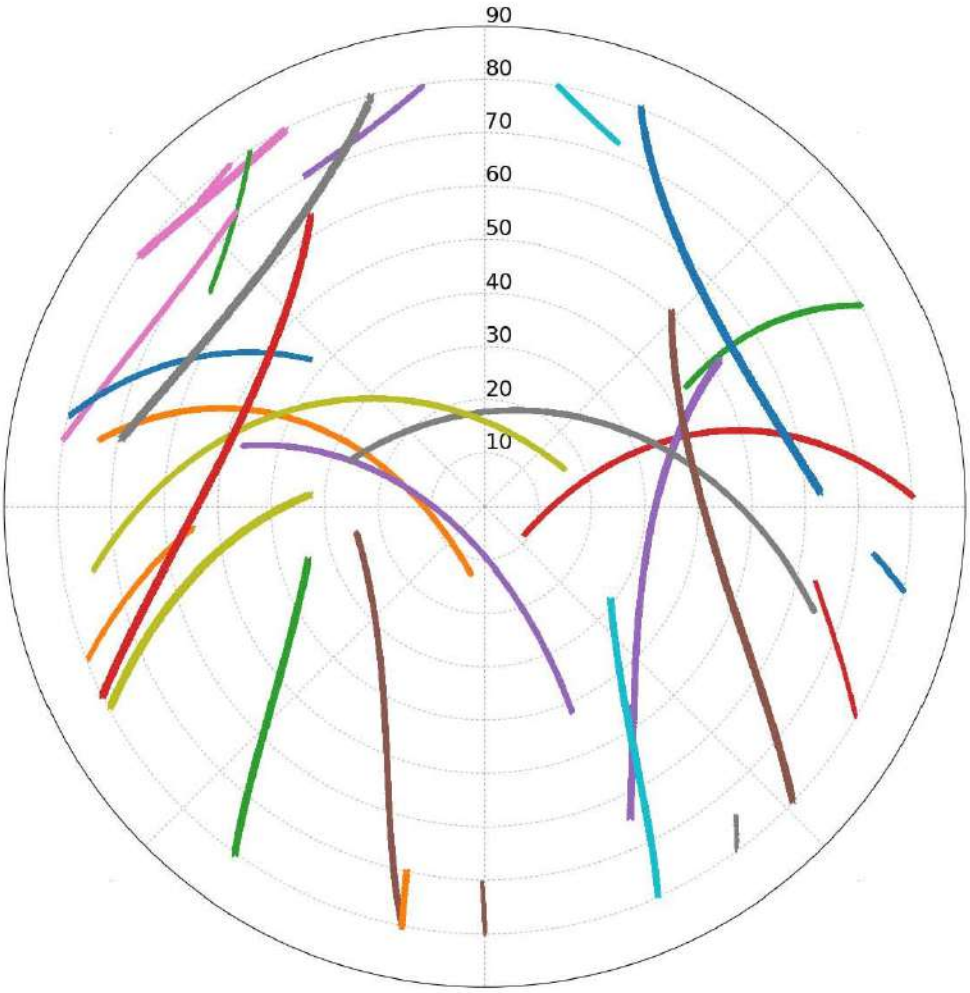
UTM (Nord) Zone 18

5653140.221 m (N)
539839.831 m (E)

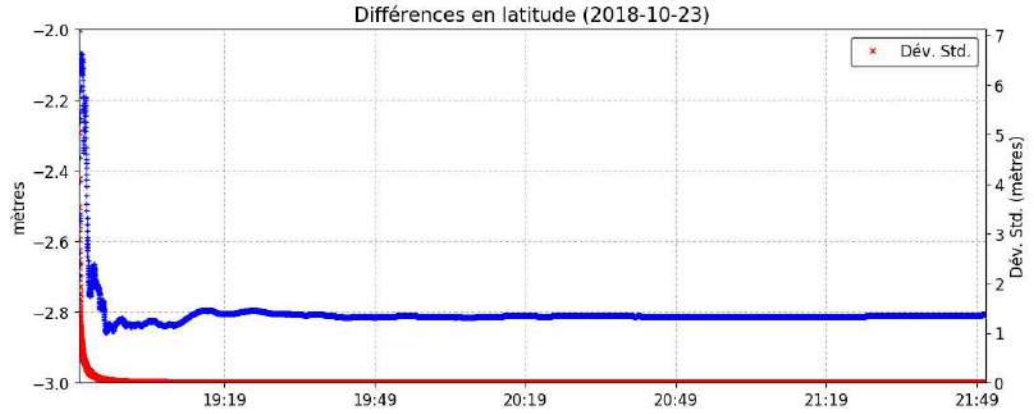
Facteurs échelle
0.999619 (point)
0.999569 (combiné)

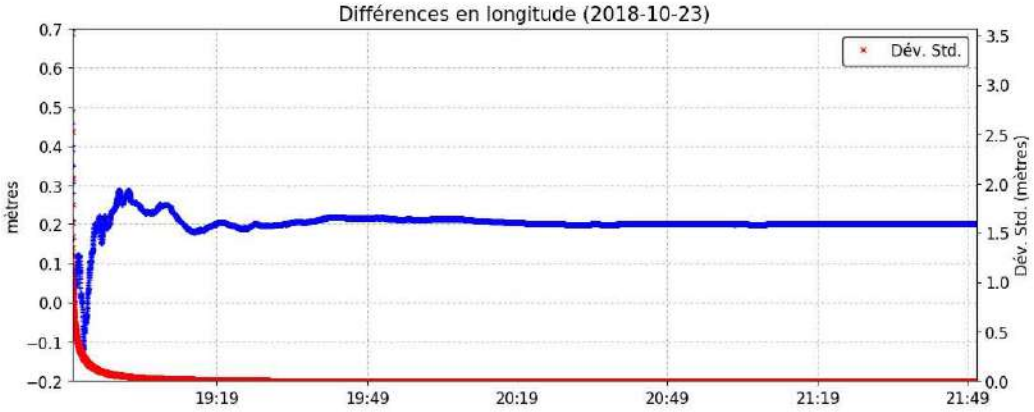
*(Position a priori initialisée à partir des coordonnées de l'en-tête du RINEX)

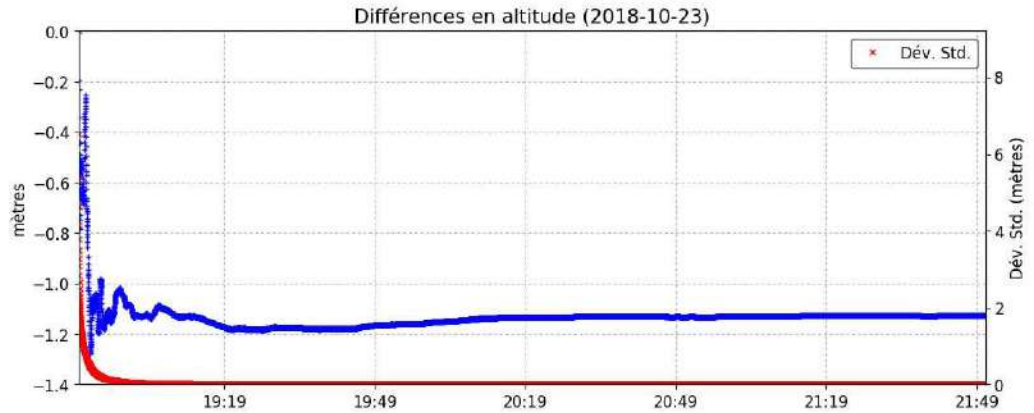
Distribution spatiale des satellites

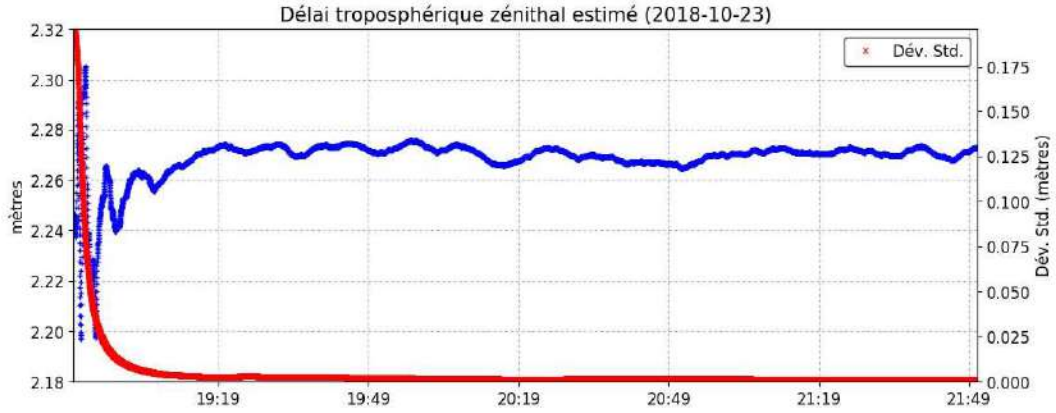


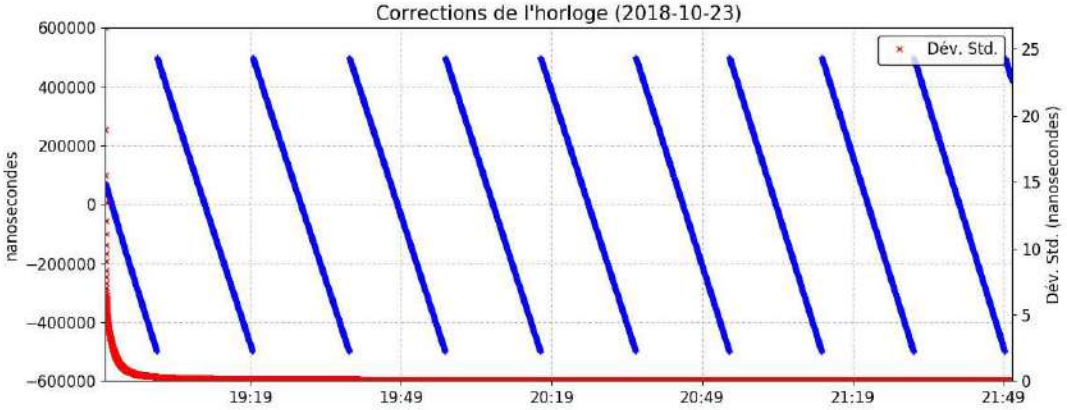
G05	G13	G21	R01	R11	R21
G08	G14	G24	R07	R15	R22
G10	G15	G25	R08	R16	R23
G11	G18	G27	R09	R17	R24
G12	G20	G32	R10		

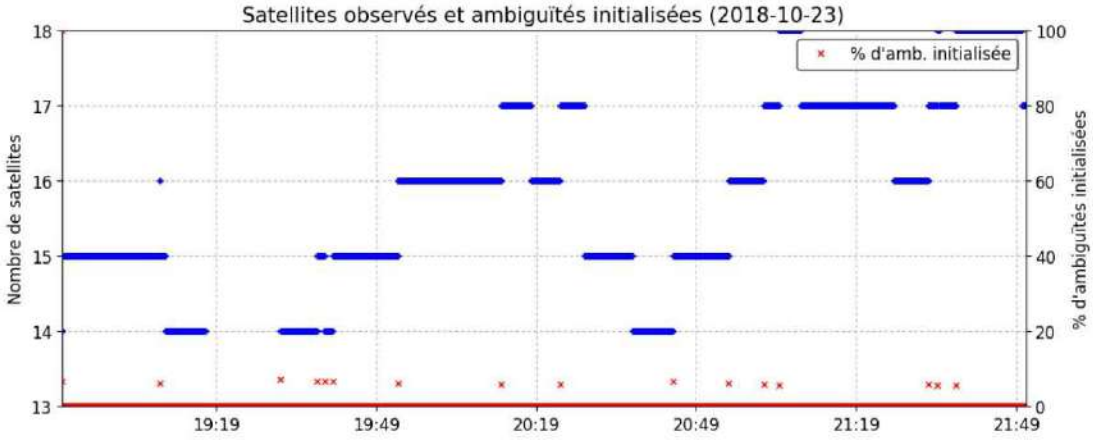

Différences en latitude (2018-10-23)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
7
6
5
4
3
2
1
0
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49

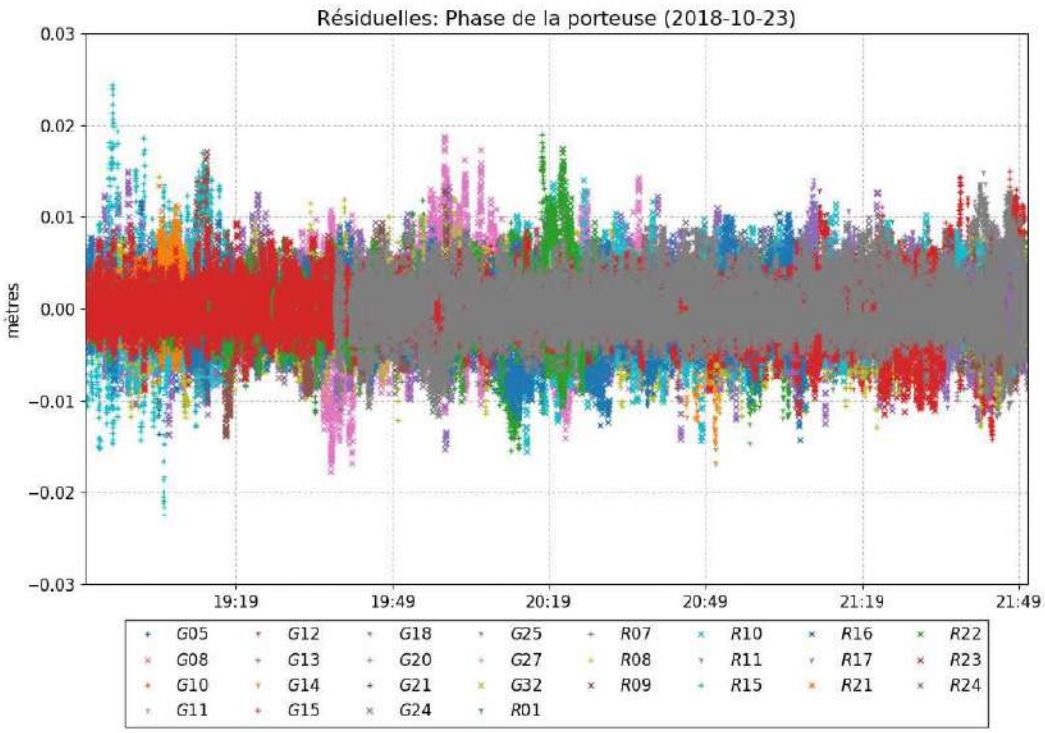

Différences en longitude (2018-10-23)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
−0.1
−0.2
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49

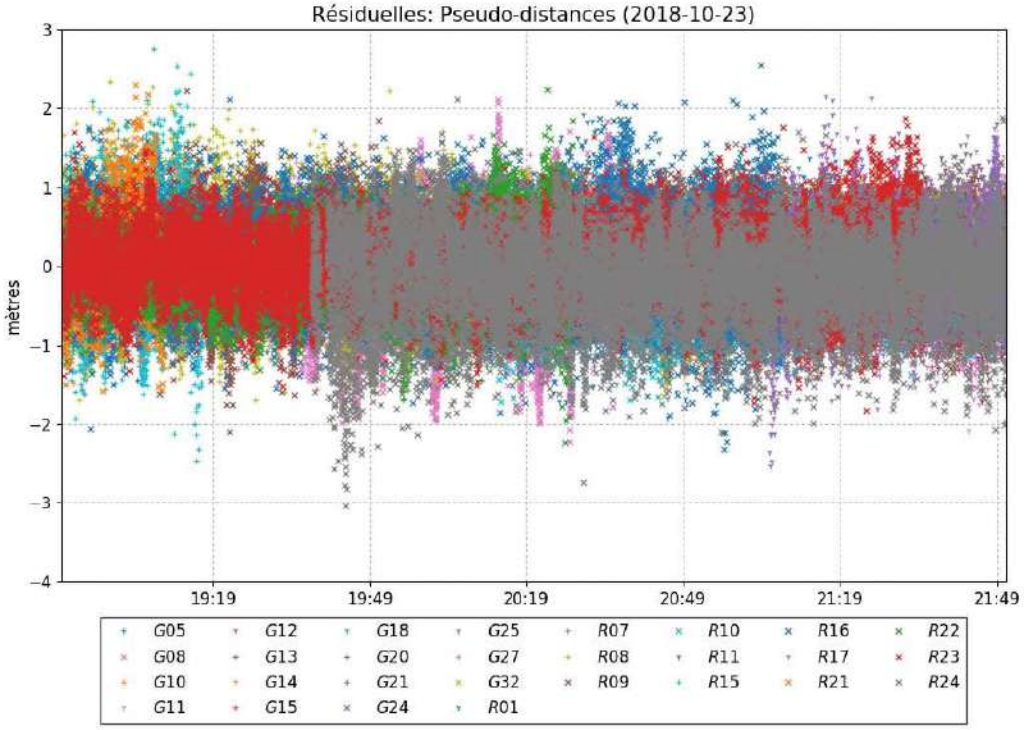

Différences en altitude (2018-10-23)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1.0
−1.2
−1.4
8
6
4
2
0
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49


Délai troposphérique zénithal estimé (2018-10-23)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
2.32
2.30
2.28
2.26
2.24
2.22
2.20
2.18
0.175
0.150
0.125
0.100
0.075
0.050
0.025
0.000
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49


Corrections de l'horloge (2018-10-23)
Dév. Std.
nanosecondes
Dév. Std. (nanosecondes)
600000
400000
200000
0
−200000
−400000
−600000
25
20
15
10
5
0
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49


Satellites observés et ambiguïtés initialisées (2018-10-23)
% d'amb. initialisée
Nombre de satellites
% d'ambiguïtés initialisées
18
17
16
15
14
13
100
80
60
40
20
0
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49


Résiduelles: Phase de la porteuse (2018-10-23)
mètres
0.03
0.02
0.01
0.00
−0.01
−0.02
−0.03
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49
G05 G12 G18 G25 R07 R10 R16 R22
G08 G13 G20 G27 R08 R11 R17 R23
G10 G14 G21 G32 R09 R15 R21 R24
G11 G15 G24 R01


Résiduelles: Pseudo-distances (2018-10-23)
mètres
3
2
1
0
−1
−2
−3
−4
19:19
19:49
20:19
20:49
21:19
21:49
G05 G12 G18 G25 R07 R10 R16 R22
G08 G13 G20 G27 R08 R11 R17 R23
G10 G14 G21 G32 R09 R15 R21 R24
G11 G15 G24 R01

~~~ Avis de non-responsabilité ~~~

Ressources naturelles Canada n'accepte aucune responsabilité à l'égard de conséquences présumées, directes ou indirectes, d'éléments de son service de positionnement en ligne SCRS-PPP.

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à contacter:
Levés géodésiques du Canada
Direction de l'arpenteur général
Ressources naturelles du Canada
Gouvernement du Canada
588 rue Booth, pièce 334
Ottawa, Ontario K1A 0Y7
Téléphone: 343-292-6617
Courriel: nrcan.geodeticinformationservices.rncan@canada.ca

Natural Resources Canada | Ressources naturelles Canada

Canada

Repère Lac B

SCRS-PPP 2.18.0 (2018-10-09)

70472972.18o
baseb

Début des données	Fin des données	Durée des observations
2018-10-24 15:43:04.00	2018-10-24 21:11:49.00	5:28:45
Heure de traitement		**Type de produits**
16:23:37 UTC 2018/12/11		IGS finale
Observations	**Fréquence**	**Mode**
Porteuse et pseudo-distance	Double	Statique
Masque d'élévation	**Données rejetées**	**Intervalle des estimés**
7.5 degrés	0.00 %	1.00 sec
Antenne	**CPA au PRA**	**PRA au Repère**
TRM60158.00	L1 = 0.085 m L2 = 0.081 m	H:1.433m / E:0.000m / N:0.000m

(CPA = centre de phase de l'antenne; PRA = point de référence de l'antenne)

Positions estimées pour 70472972.18o

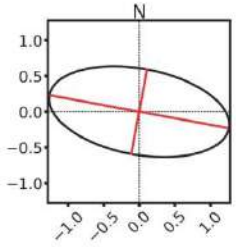
	Latitude (+n)	Longitude (+e)	Altitude Ell.
NAD83(SCRS) (2018)	51° 0' 11.64480"	-74° 26' 33.60367"	369.138 m
Sigmas(95%)	0.005 m	0.010 m	0.017 m
A priori*	51° 0' 11.74103"	-74° 26' 33.59552"	371.247 m
Position calculée – A priori	-2.974 m	-0.159 m	-2.109 m

Altitude orthométrique CGVD28 (HTv2.0)

403.145 m

(lien pour la référence altimétrique)

Ellipse d'erreur 95% (cm)
demi-grand axe: 1.279 cm
demi-petit axe: 0.602 cm
azimut du demi-grand axe: 100° 23' 42.08"



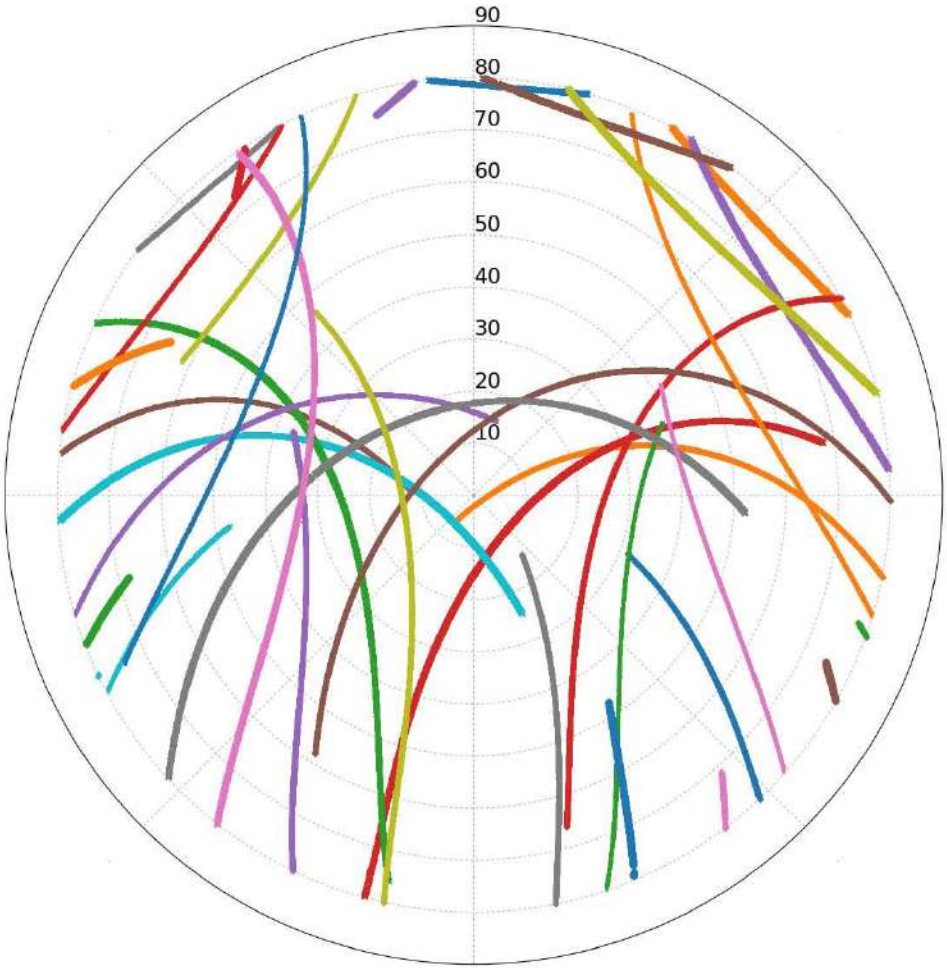
UTM (Nord) Zone 18

5650332.412 m (N)
539104.938 m (E)

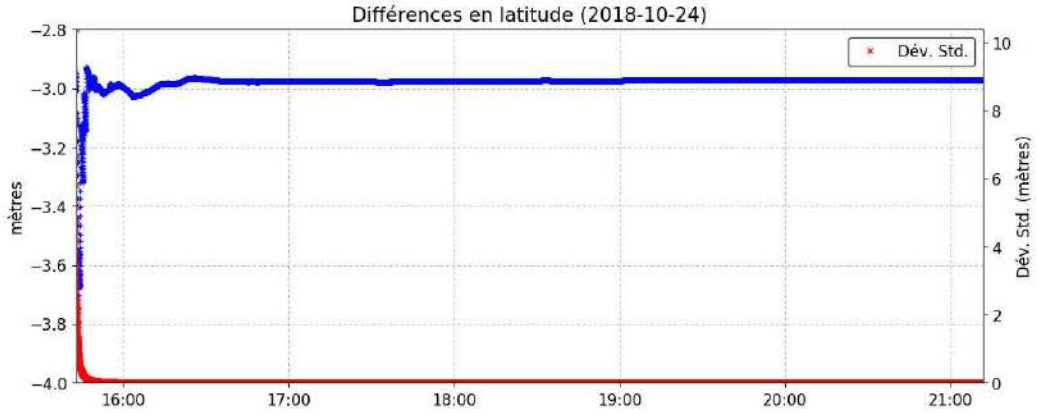
Facteurs échelle
0.999619 (point)
0.999561 (combiné)

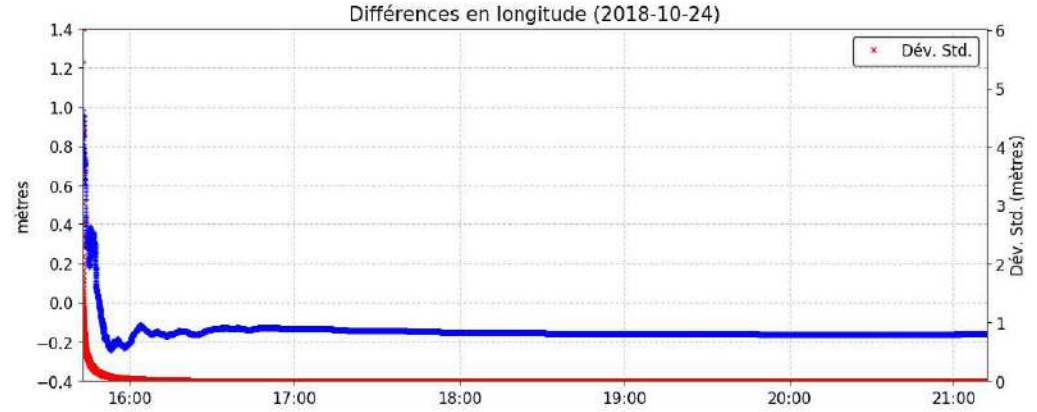
*(Position a priori initialisée à partir des coordonnées de l'en-tête du RINEX)

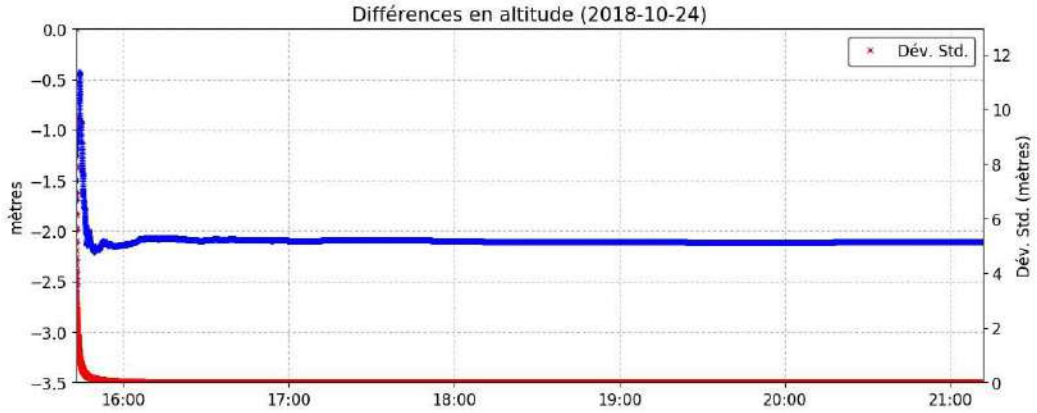
Distribution spatiale des satellites

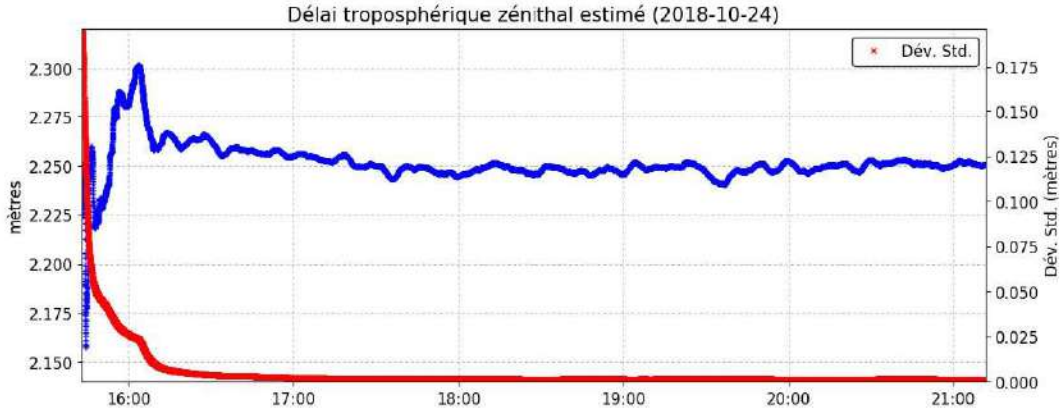


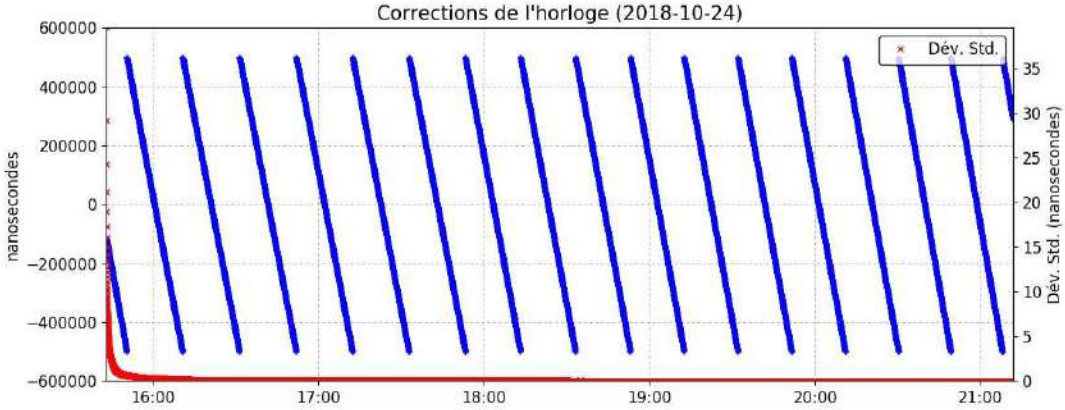
G02	G12	G21	G32	R10	R18
G05	G13	G24	R01	R11	R20
G06	G14	G25	R02	R14	R21
G07	G15	G27	R07	R15	R22
G08	G18	G29	R08	R16	R23
G10	G20	G30	R09	R17	R24

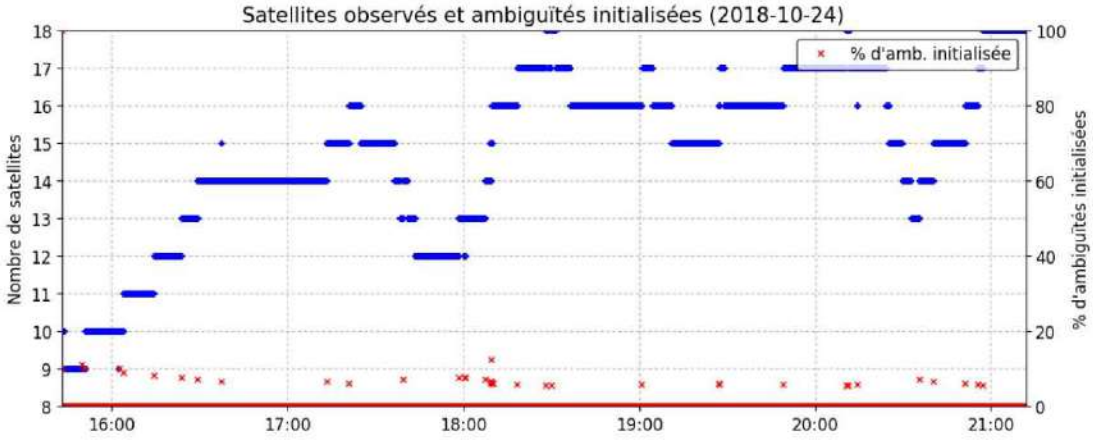

Différences en latitude (2018-10-24)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
−2.8
−3.0
−3.2
−3.4
−3.6
−3.8
−4.0
10
8
6
4
2
0
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00

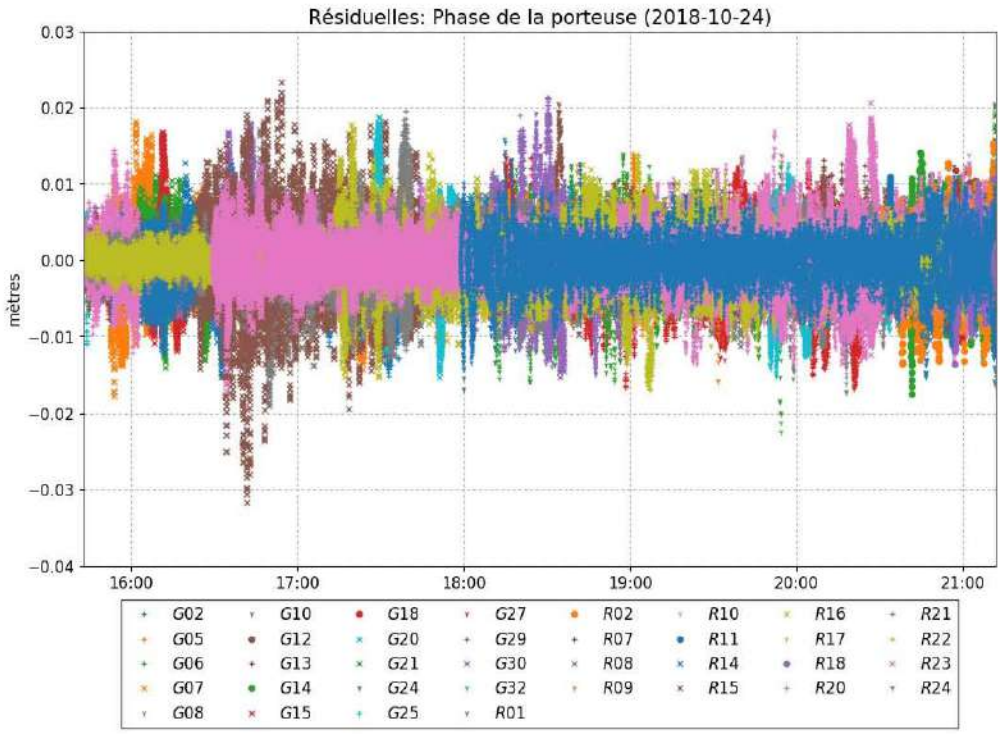

Différences en longitude (2018-10-24)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
−0.4
6
5
4
3
2
1
0
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00

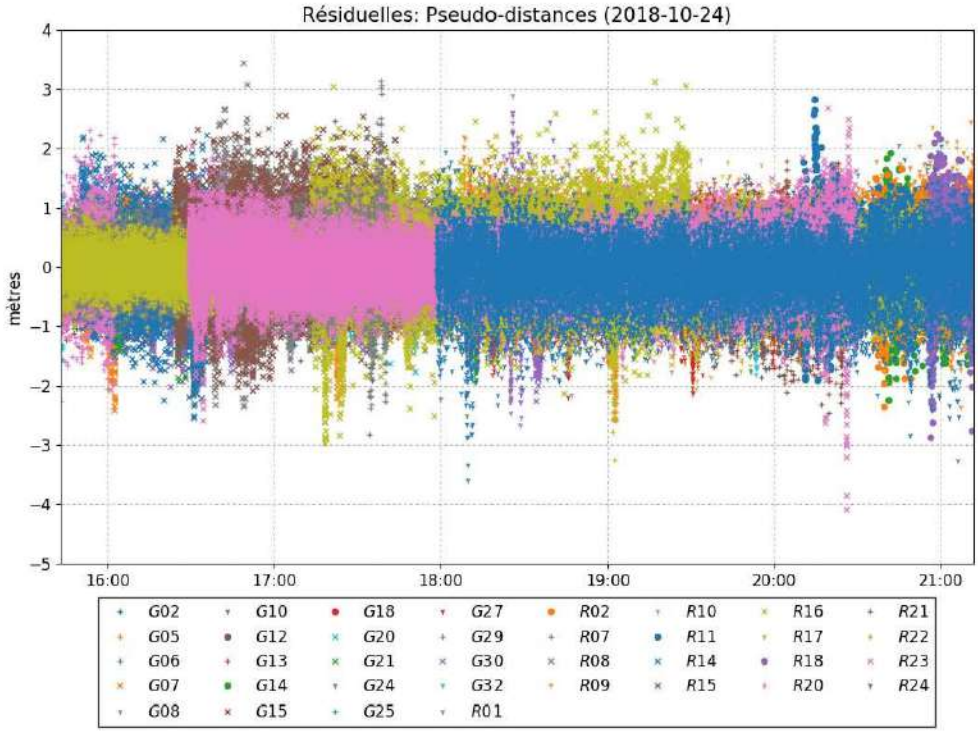

Différences en altitude (2018-10-24)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
0.0
−0.5
−1.0
−1.5
−2.0
−2.5
−3.0
−3.5
12
10
8
6
4
2
0
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00


Délai troposphérique zénithal estimé (2018-10-24)
Dév. Std.
mètres
Dév. Std. (mètres)
2.300
2.275
2.250
2.225
2.200
2.175
2.150
0.175
0.150
0.125
0.100
0.075
0.050
0.025
0.000
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00


Corrections de l'horloge (2018-10-24)
Dév. Std.
nanosecondes
Dév. Std. (nanosecondes)
600000
400000
200000
0
−200000
−400000
−600000
35
30
25
20
15
10
5
0
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00


Satellites observés et ambiguïtés initialisées (2018-10-24)
% d'amb. initialisée
Nombre de satellites
% d'ambiguïtés initialisées
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
100
80
60
40
20
0
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00


Résiduelles: Phase de la porteuse (2018-10-24)
mètres
0.03
0.02
0.01
0.00
−0.01
−0.02
−0.03
−0.04
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00
G02 G10 G18 G27 R02 R10 R16 R21
G05 G12 G20 G29 R07 R11 R17 R22
G06 G13 G21 G30 R08 R14 R18 R23
G07 G14 G24 G32 R09 R15 R20 R24
G08 G15 G25 R01


Résiduelles: Pseudo-distances (2018-10-24)
mètres
4
3
2
1
0
−1
−2
−3
−4
−5
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00
G02 G10 G18 G27 R02 R10 R16 R21
G05 G12 G20 G29 R07 R11 R17 R22
G06 G13 G21 G30 R08 R14 R18 R23
G07 G14 G24 G32 R09 R15 R20 R24
G08 G15 G25 R01

~~~ Avis de non-responsabilité ~~~

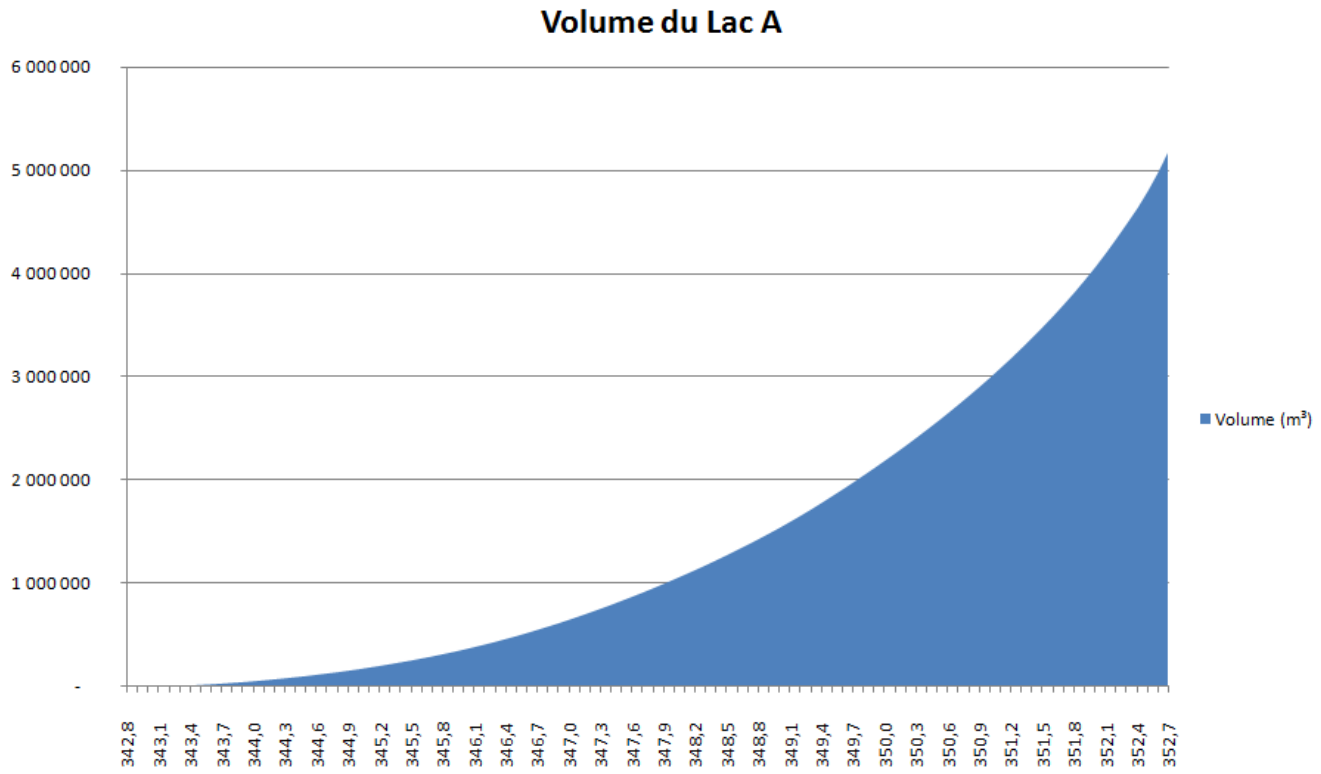
Ressources naturelles Canada n'accepte aucune responsabilité à l'égard de conséquences présumées, directes ou indirectes, d'éléments de son service de positionnement en ligne SCRS-PPP.

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à contacter:
Levés géodésiques du Canada
Direction de l'arpenteur général
Ressources naturelles du Canada
Gouvernement du Canada
588 rue Booth, pièce 334
Ottawa, Ontario K1A 0Y7
Téléphone: 343-292-6617
Courriel: nrcan.geodeticinformationservices.rncan@canada.ca

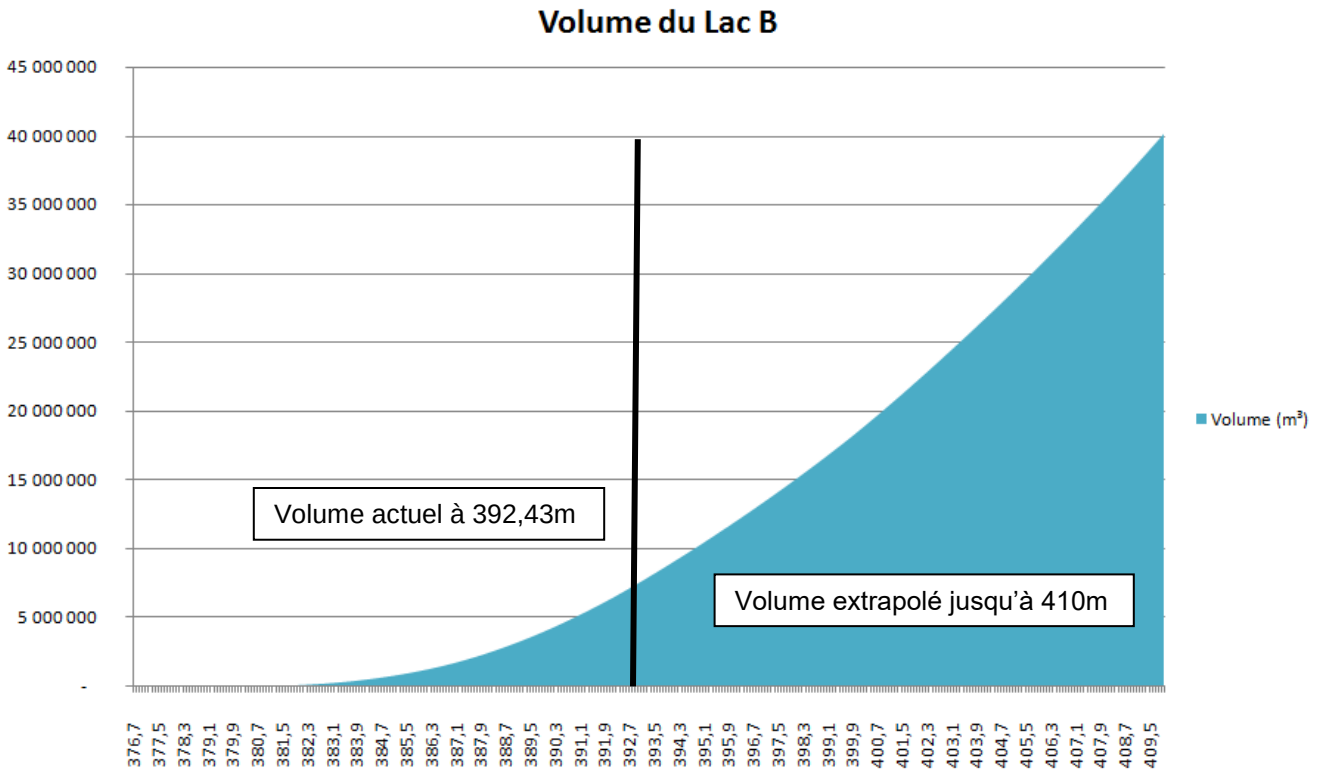
Natural Resources Canada | Ressources naturelles Canada

Canada

Annexe D – Volume d’emmagasinement des lacs A et B



Élévation du niveau d'eau le jour des relevés : 352,66 mètres.



Élévation du niveau d'eau le jour des relevés : 392,43 mètres.

ANNEXE G

Résultats de la qualité des eaux de surface (2019)

Troilus Gold

Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Sommaire des résultats analytiques pour les échantillons d'eau de surface prélevés les 3 et 4 juin 2019

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**
Date d'échantillonnage			19-06-04	19-06-04	19-06-04	19-06-03	19-06-03	19-06-03	19-06-03
MÉTAUX									
Aluminium (Al)	ug/L	**87**	130	120	110	190	100	200	120
Antimoine (Sb)	ug/L	**240**	0,045	0,08	0,063	0,026	0,027	0,024	0,043
Argent (Ag)	ug/L	**0,1**	0,031	0,05	0,044	0,0066	0,011	0,012	0,24
Arsenic (As)	ug/L	**150**	0,16	0,22	0,18	0,17	0,21	0,17	0,23
Baryum (Ba)	ug/L	**75**	5,4	5,9	6,2	4,6	5	3,4	3,6
Béryllium (Be)	ug/L	**0,036**	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Bore (B)	ug/L	**5000**	2,8	3,1	4,1	1	2,6	0,97	1,5
Cadmium (Cd)	ug/L	**0,08**	0,036	0,12	0,042	0,057	0,052	0,019	0,024
Calcium (Ca)	ug/L	--	6300	6700	8000	1700	4400	1400	2400
Chrome (Cr)	ug/L	**21 (Cr3+)**	0,37	0,52	0,38	0,54	0,33	0,54	0,42
Chrome (Cr)	ug/L	**11 (Cr6+)**	0,37	0,52	0,38	0,54	0,33	0,54	0,42
Cobalt (Co)	ug/L	**100**	0,16	0,58	0,29	0,11	0,23	0,078	0,15
Cuivre (Cu)	ug/L	**2,3**	3,1	4	3,2	5,3	0,88	3,2	1,8
Fer (Fe)	ug/L	**1300**	360	350	220	220	310	230	190
Magnésium (Mg)	ug/L	--	520	530	670	270	360	250	180
Manganèse (Mn)	ug/L	**450**	16	42	29	13	37	12	28
Molybdène (Mo)	ug/L	**3200**	0,23	0,28	0,30	0,12	0,2	0,14	0,085
Nickel (Ni)	ug/L	**13**	1,3	2,3	1,6	0,56	0,34	0,42	0,45
Plomb (Pb)	ug/L	**0,38**	0,13	0,18	0,11	0,46	0,11	0,13	0,18
Potassium (K)	ug/L	--	1400	1800	1600	490	1300	360	490
Sélénium (Se)	ug/L	**5**	<0,050	<0,050	0,051	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Sodium (Na)	ug/L	--	1800	2300	2000	650	1900	570	470
Strontium (Sr)	ug/L	**21000**	22	22	26	10	15	6,7	6,4
Uranium (U)	ug/L	**ureté hors limi**	0,12	0,074	0,15	0,082	0,045	0,051	0,019
Vanadium (V)	ug/L	**12**	0,37	0,36	0,27	0,32	0,31	0,3	0,25
Zinc (Zn)	ug/L	**28**	13	29	16	8,6	3,3	2,5	5,8
Dureté totale (CaCO3)	ug/L		18000	19000	23000	5400	13000	4400	6700

Troilus Gold

Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet chronique)*	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**
Date d'échantillonnage			19-06-04	19-06-04	19-06-04	19-06-03	19-06-03	19-06-03	19-06-03
CONVENTIONNELS									
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	f(pH,T)	0,33	<0,020	<0,020	<0,020	0,029	0,024	<0,020
Carbone organique dissous	mg/L	--	8,5	8,0	7,6	8,6	11	8,8	8,9
Conductivité	mS/cm	--	0,051	0,058	0,064	0,015	0,039	0,011	0,013
Cyanures Totaux	mg/L	0,005	<0,0030	<0,0030	<0,0030	N/A	N/A	N/A	N/A
Fluorure (F)	mg/L	0,2	0,037	0,026	0,041	0,037	0,023	0,031	0,014
pH	pH	6,5 à 9,0	6,73	6,90	6,76	6,26	6,69	6,24	6,61
Turbidité	NTU	--	0,71	1,2	1,2	0,38	1,1	0,46	0,63
Alcalinité Totale (en CaCO3) pl	mg/L	--	5,4	6,4	4,9	2,1	5,0	2,1	3,4
Chlorures (Cl)	mg/L	230	0,49	0,60	0,59	0,26	0,54	0,083	0,17
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	0,02	<0,020	<0,020	0,024	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Sulfates	mg/L	500***		15,9		2,2	8,84	0,81	0,81
Phosphore total	ug/L	0,03****		6,5		6,2	5,9	4,9	5,6
Solides dissous totaux	mg/L	--	59	74	61	<10	16	10	<10
Matières en suspension (MES)	mg/L	--	0,7	2,7	1,3	0,55	0,90	0,63	0,86
TESTS MICROBIOLOGIQUES									
Coliformes fécaux	UFC/100ml		1	0	0	4	0	1	0

* pour une dureté de 18 mg/l

** pour le chrome VI (le plus sévère)

*** varie avec la dureté et les chlorures

**** pour limiter la croissance des algues

Troilus Gold
Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Sommaire des résultats analytiques pour les échantillons d'eau de surface prélevés le 26 juin 2019

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet chronique)*	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**
Date d'échantillonnage			19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26
MÉTAUX									
Aluminium (Al)	ug/L	**87**	160	95	120	160	90	210	110
Antimoine (Sb)	ug/L	**240**	0,059	0,11	0,064	0,029	0,067	0,028	0,021
Argent (Ag)	ug/L	**0,1**	0,0079	0,018	0,0059	<0,0030	0,017	0,0062	<0,0030
Arsenic (As)	ug/L	**150**	0,20	0,26	0,23	0,18	0,26	0,15	0,17
Baryum (Ba)	ug/L	**75**	6,7	9,0	6,9	3,8	8,0	3,8	3,1
Béryllium (Be)	ug/L	**0,036**	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Bore (B)	ug/L	**5000**	3,3	6,7	3,6	1,3	6,2	1,1	2,0
Cadmium (Cd)	ug/L	**0,08**	0,053	0,13	0,061	<0,0060	0,028	0,026	0,013
Calcium (Ca)	ug/L	**--**	7200	11000	8100	2500	7700	1400	2400
Chrome (Cr)	ug/L	**21 (Cr3+)**	0,43	0,30	0,38	0,46	0,28	0,49	0,25
Cobalt (Co)	ug/L	**100**	0,36	1,1	0,33	0,16	0,36	0,080	0,041
Cuivre (Cu)	ug/L	**2,3**	3,5	3,1	3,0	3,6	1,8	5,0	0,64
Fer (Fe)	ug/L	**1300**	900	720	230	230	820	200	110
Magnésium (Mg)	ug/L	**--**	600	770	640	340	520	260	170
Manganèse (Mn)	ug/L	**450**	26	55	20	13	48	11	6,4
Molybdène (Mo)	ug/L	**3200**	0,35	0,64	0,37	0,13	0,53	0,12	0,052
Nickel (Ni)	ug/L	**13**	2,0	4,6	2,3	0,67	1,0	0,41	0,28
Plomb (Pb)	ug/L	**0,38**	0,27	0,16	0,16	0,13	0,14	0,17	0,088
Potassium (K)	ug/L	**--**	1500	2900	1700	550	2600	380	490
Sélénium (Se)	ug/L	**5**	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Sodium (Na)	ug/L	**--**	1700	3000	1900	940	2800	570	470
Strontium (Sr)	ug/L	**21000**	21	27	23	13	20	6,2	5,3
Uranium (U)	ug/L	**ureté hors limi**	0,20	0,073	0,15	0,097	0,055	0,055	0,018
Vanadium (V)	ug/L	**12**	0,72	1,1	0,26	0,27	1,3	0,23	0,12
Zinc (Zn)	ug/L	**28**	17	47	21	3,2	3,7	4,3	3,4
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	**--**	20000	31000	23000	7600	21000	4500	6600

Troilus Gold

Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet chronique)*	Résultats analytiques						
Échantillon			**E1**	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**
Date d'échantillonnage		**CVAC**	19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26	19-06-26
CONVENTIONNELS									
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	**f(pH,T)**	<0,020	<0,020	<0,020	0,025	0,029	0,02	<0,020
Carbone organique dissous	mg/L	**--**	8,5	7,7	8,1	8,4	7,2	9,5	8,8
Conductivité	mS/cm	**--**	0,059	0,094	0,066	0,019	0,071	0,011	0,015
Cyanures Totaux	mg/L	**0,005**	-	<0,0030	<0,0030	-	<0,0030	-	-
Fluorure (F)	mg/L	**0,2**	0,039	0,032	0,041	0,044	0,03	0,026	<0,010
Oxygène dissous	mg/L	**--**	9,3	9,4	9	9,3	9,6	9,6	9,8
pH	pH	**6,5 à 9,0**	6,62	7	6,92	6,55	6,98	6,33	6,71
Turbidité	NTU	**--**	2,7	2,3	1,1	0,6	2,1	0,74	0,79
Volume de l'échantillon	ml	**--**	-	-	1	-	-	0,99	0,94
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH	mg/L	**--**	4,1	7,9	5,9	3,4	7,6	2,4	4,3
Chlorophyle A	ug/L	**--**	-	-	<0,10	-	-	1,7	1,9
Phéopigments	ug/L	**--**	-	-	<0,10	-	-	<0,50	<0,50
Chlorures (Cl)	mg/L	**230**	0,55	0,91	0,5	0,42	0,86	0,1	0,16
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	**0,02**	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Sulfates	mg/L	**500*** **	16,4	29,1	19	2,92	19,3	0,8	0,83
Phosphore total	ug/L	**0,03**** **	9,5	9,1	5,9	6,5	6,4	6,4	7,4
Solides dissous totaux	mg/L	**--**	67	64	57	26	57	40	44
Matières en suspension (MES)	mg/L	**--**	3,6	3	1,9	0,52	0,98	1,1	0,74
TESTS MICROBIOLOGIQUES									
Coliformes fécaux	UFC/100ml	7	3	7	1	1	1	0	0
CONVENTIONNELS									
Sous-traiter									

* pour une dureté de 18 mg/l

** pour le chrome VI (le plus sévère)

*** varie avec la dureté et les chlorures

**** pour limiter la croissance des algues

Troilus Gold
Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Sommaire des résultats analytiques pour les échantillons d'eau de surface prélevés le 17 juillet 2019

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet chronique)*	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E-1**	**E-2**	**E-3**	**E-4**	**E-5**	**E-6**	**E-7**
Date d'échantillonnage			19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17
MÉTAUX									
Aluminium (Al)	ug/L	**87**	64	89	66	120	100	180	100
Antimoine (Sb)	ug/L	**240**	0,055	0,13	0,11	0,023	0,13	0,05	0,036
Argent (Ag)	ug/L	**0,1**	0,005	0,0057	0,0078	0,024	0,011	0,015	0,0057
Arsenic (As)	ug/L	**150**	0,16	0,34	0,23	0,14	0,36	0,15	0,21
Baryum (Ba)	ug/L	**75**	5,8	13	7	4,8	13	3,3	3,5
Béryllium (Be)	ug/L	**0,036**	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Bore (B)	ug/L	**5000**	3,5	7,8	4,5	1,5	7,5	1,1	1,4
Cadmium (Cd)	ug/L	**0,08**	0,023	0,088	0,056	0,07	0,029	0,019	0,0099
Calcium (Ca)	ug/L	**--**	7200	15000	10000	2700	12000	1400	2400
Chrome (Cr)	ug/L	**21 (Cr3+)**	0,23	0,41	0,25	0,33	0,44	0,48	0,27
Cobalt (Co)	ug/L	**100**	0,14	0,61	0,12	0,2	0,27	0,053	0,044
Cuivre (Cu)	ug/L	**2,3**	1,8	3,5	4,5	4,7	3,1	3,8	2
Fer (Fe)	ug/L	**1300**	400	400	150	250	460	96	110
Magnésium (Mg)	ug/L	**--**	630	1100	790	380	840	260	190
Manganèse (Mn)	ug/L	**450**	18	44	14	16	50	7,9	4,5
Molybdène (Mo)	ug/L	**3200**	0,41	1,6	0,67	0,16	1,4	0,16	0,066
Nickel (Ni)	ug/L	**13**	1,7	3,5	2,1	0,66	1,1	0,43	0,27
Plomb (Pb)	ug/L	**0,38**	0,089	0,25	0,095	0,22	0,29	0,11	0,092
Potassium (K)	ug/L	**--**	1500	5200	2500	580	4900	400	510
Sélénium (Se)	ug/L	**5**	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,084	<0,050	<0,050
Sodium (Na)	ug/L	**--**	2000	5700	3000	1100	5800	610	520
Strontium (Sr)	ug/L	**21000**	24	40	30	16	33	5,9	5,5
Uranium (U)	ug/L	**ureté hors limi**	0,14	0,085	0,2	0,12	0,081	0,049	0,019
Vanadium (V)	ug/L	**12**	0,29	0,33	0,18	0,29	0,37	0,22	0,17
Zinc (Zn)	ug/L	**28**	7,8	28	14	5,3	3,7	5,5	3,3
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	**--**	21000	42000	28000	8400	34000	4500	6900

Troilus Gold

Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet chronique)*	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E-1**	**E-2**	**E-3**	**E-4**	**E-5**	**E-6**	**E-7**
Date d'échantillonnage			19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17	19-07-17
CONVENTIONNELS									
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	**f(pH,T)**	<0,020	0,63	0,072	1,1	2,3	1,2	0,029
Carbone organique dissous	mg/L	**--**	5,4	5,8	5,4	9,2	6,5	7,2	9,2
Conductivité	mS/cm	**--**	0,059	0,14	0,086	0,024	0,12	0,011	0,015
Cyanures Totaux	mg/L	**0,005**	--	<0,0030	<0,0030	--	<0,0030	--	--
Fluorure (F)	mg/L	**0,2**	0,044	0,051	0,052	0,053	0,049	0,026	0,015
Oxygène dissous	mg/L	**--**	8,1	9,4	9,4	9,7	9,5	9,5	9,6
pH	pH	**6,5 à 9,0**	7,09	7,44	7,19	6,80	7,45	6,50	6,81
Turbidité	NTU	**--**	1,1	2,5	1,1	0,90	2,6	0,56	0,60
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH	mg/L	**--**	8,7	17	9,3	5,7	20	2,6	4,5
Chlorophyle A †	ug/L	**--**	--	--	0,69	--	--	1,3	0,76
Phéopigments †	ug/L	**--**	--	--	0,29	--	--	0,33	2,0
Chlorures (Cl)	mg/L	**230**	0,54	1,7	0,81	0,76	1,8	0,077	0,22
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	**0,02**	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Sulfates	mg/L	**500*** **	17,3	40,2	25,9	3,53	31,8	0,83	<0,15
Phosphore total	ug/L	**0,03**** **	5,9						
Solides dissous totaux	mg/L	**--**	920	110	71	27	110	29	25
Matières en suspension (MES)	mg/L	**--**	0,85	1,9	0,67	0,85	2,2	<0,22	0,88
TESTS MICROBIOLOGIQUES									
Coliformes fécaux	UFC/100ml	7	22	-	-	-	-	-	-
CONVENTIONNELS									
Sous-traiter									

Notes:

* pour une dureté de 18 mg/l

** pour le chrome VI (le plus sévère)

*** varie avec la dureté et les chlorures

**** pour limiter la croissance des algues

Troilus Gold
Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Sommaire des résultats analytiques pour les échantillons d'eau de surface prélevés le 13 août 2019

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E-1**	**E-2**	**E-3**	**E-4**	**E-5**	**E-6**	**E-7**
Date d'échantillonnage			19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13
MÉTAUX									
Aluminium (Al)	ug/L	**87**	260	190	95	270	150		91
Antimoine (Sb)	ug/L	**240**	0,023	0,064	0,06	0,022	0,046	170	0,0055
Argent (Ag)	ug/L	**0,1**	<0,10	<0,10	<0,0030	<0,0030	<0,10	<0,0050	<0,0030
Arsenic (As)	ug/L	**150**	0,18	0,27	0,2	0,2	0,27	<0,0030	0,19
Baryum (Ba)	ug/L	**75**	7	8,3	7,5	5	6,8	0,11	2,8
Béryllium (Be)	ug/L	**0,036**	0,018	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	2,1	<0,010
Bore (B)	ug/L	**5000**	1,6	4,4	3,8	0,95	3,1	<0,010	1,2
Cadmium (Cd)	ug/L	**0,08**	0,031	0,27	0,068	0,022	0,017	0,89	0,007
Calcium (Ca)	ug/L	**--**	4000	12000	10000	1900	5700	0,011	2300
Chrome (Cr)	ug/L	**21 (Cr3+)**	0,4	0,56	0,31	0,65	0,47	1100	0,2
Cobalt (Co)	ug/L	**100**	0,23	2,2	0,32	0,14	0,16	0,31	0,029
Cuivre (Cu)	ug/L	**2,3**	1,7	7,4	3,2	8,2	2,5	0,037	0,88
Fer (Fe)	ug/L	**1300**	400	350	150	260	330	2,9	69
Magnésium (Mg)	ug/L	**--**	460	890	780	330	430	63	180
Manganèse (Mn)	ug/L	**450**	9,1	41	13	7,6	19	220	3,1
Molybdène (Mo)	ug/L	**3200**	0,1	0,45	0,48	0,068	0,38	4,4	0,049
Nickel (Ni)	ug/L	**13**	0,88	8,9	3,2	0,63	0,68	0,077	0,22
Plomb (Pb)	ug/L	**0,38**	0,17	0,18	0,059	0,11	0,17	0,28	0,03
Potassium (K)	ug/L	**--**	440	2200	2100	460	1600	0,043	420
Sélénium (Se)	ug/L	**5**	0,079	0,12	0,078	<0,050	<0,050	310	<0,050
Sodium (Na)	ug/L	**--**	720	1900	2400	680	1800	<0,050	440
Strontium (Sr)	ug/L	**21000**	15	30	31	11	16	540	5,7
Uranium (U)	ug/L	**dureté hors limite**	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4,2	<1,0
Vanadium (V)	ug/L	**12**	0,37	0,3	0,15	0,28	0,28	<1,0	0,11
Zinc (Zn)	ug/L	**28**	8,4	110	27	6,6	6,3	0,13	2,9

Troilus Gold

Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E-1**	**E-2**	**E-3**	**E-4**	**E-5**	**E-6**	**E-7**
Date d'échantillonnage			19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13
Antimoine (Sb)	ug/L	**240**	0,047	0,067	0,068	0,056	0,052	0,038	0,017
Argent (Ag)	ug/L	**0,1**	0,017	0,0055	<0,0030	0,021	0,0053	0,0093	0,0031
Arsenic (As)	ug/L	**150**	0,19	0,3	0,23	0,22	0,29	0,11	0,24
Baryum (Ba)	ug/L	**75**	7,9	8,6	7,4	5,1	7,4	2,3	3
Béryllium (Be)	ug/L	**0,036**	0,023	0,011	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	<0,010
Bore (B)	ug/L	**5000**	2,1	5	4,5	1,2	3,7	1,1	1,6
Cadmium (Cd)	ug/L	**0,08**	0,048	0,27	0,071	0,025	0,019	0,013	0,0085
Calcium (Ca)	ug/L	**--**	3700	11000	9700	1800	5200	1100	2200
Chrome (Cr)	ug/L	**21 (Cr3+)**	0,46	0,7	0,35	0,63	0,6	0,44	0,22
Cobalt (Co)	ug/L	**100**	0,26	2,4	0,36	0,16	0,19	0,048	0,05
Cuivre (Cu)	ug/L	**2,3**	2,7	7,5	3,6	8,2	2,6	3	1
Fer (Fe)	ug/L	**1300**	410	450	200	290	390	100	110
Magnésium (Mg)	ug/L	**--**	410	770	670	270	370	200	160
Manganèse (Mn)	ug/L	**450**	11	41	15	8,9	20	6,8	5,8
Molybdène (Mo)	ug/L	**3200**	0,1	0,44	0,49	0,074	0,37	0,12	0,061
Nickel (Ni)	ug/L	**13**	0,92	9,2	3,2	0,67	0,69	0,36	0,2
Plomb (Pb)	ug/L	**0,38**	0,22	0,26	0,099	0,15	0,25	0,087	0,087
Potassium (K)	ug/L	**--**	450	2100	1900	420	1500	280	400
Sélénium (Se)	ug/L	**5**	<0,050	<0,050	0,067	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Sodium (Na)	ug/L	**--**	660	1700	1900	550	1500	410	370
Strontium (Sr)	ug/L	**21000**	16	28	28	11	16	5,7	5,9
Uranium (U)	ug/L	**ureté hors limi**	0,065	0,11	0,15	0,081	0,045	0,046	0,018
Vanadium (V)	ug/L	**12**	0,37	0,41	0,16	0,3	0,33	0,15	0,1
Zinc (Zn)	ug/L	**28**	11	96	26	5,3	4,4	3,6	1,3
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	**--**	11000	30000	27000	5500	15000	3600	5400

Troilus Gold

Qualité de l'eau du ruisseau sans nom

Paramètres	Unités	Critères protection de la vie aquatique (effet	Résultats analytiques						
Échantillon		**CVAC**	**E-1**	**E-2**	**E-3**	**E-4**	**E-5**	**E-6**	**E-7**
Date d'échantillonnage			19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13	19-08-13
CONVENTIONNELS									
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	**f(pH,T)**	0,031	<0,020	0,11	0,037	<0,020	0,03	0,043
Carbone organique dissous	mg/L	**--**	18	21	9,1	12	14	8,1	8,4
Conductivité	mS/cm	**--**	0,033	0,093	0,085	0,014	0,047	0,0088	0,013
Cyanures Totaux	mg/L	**0,005**	-	<0,0030	<0,0030	-	<0,0030	-	-
Fluorure (F)	mg/L	**0,2**	0,02	0,032	0,049	0,034	0,027	0,028	0,02
pH	pH	**6,5 à 9,0**	5,26	6,48	6,93	6,3	6,56	6,44	6,82
Turbidité	NTU	**--**	0,76	2,8	1,4	0,77	1,6	3,1	0,7
Alcalinité Totale (en CaCO3) pl	mg/L	**--**	1,4	6,2	7,5	1,6	5,3	2,5	3,2
Chlorophyle A	ug/L	**--**	-	-	0,73	-	-	1,3	2,2
Phéopigments	ug/L	**--**	-	-	0,62	-	-	1,6	2,5
Chlorures (Cl)	mg/L	**230**	0,2	0,61	0,75	0,3	0,7	0,18	0,17
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	**0,02**	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Sulfates	mg/L	**500*** **	10,1	30,9	26,9	1,72	11,6	0,74	0,8
Solides dissous totaux	mg/L	**--**	120	120	63	51	62	68	41
Matières en suspension (MES)	mg/L	**--**	<0,21	0,32	<0,74	<0,21	0,97	0,45	<0,59
TESTS MICROBIOLOGIQUES									
Coliformes fécaux	UFC/100ml	7	3	15	5	5	15	1	1
CONVENTIONNELS									
Sous-traiter									

Notes:

** pour le chrome VI (le plus sévère)

*** varie avec la dureté et les chlorures

**** pour limiter la croissance des algues

ANNEXE H

Polygéo (2019) Dénoyage des fosses 87 et J4, Troilus Gold, Photo-interprétation des matériaux de surface et analyse géomorphologique du cours d'eau et des lacs devant recevoir les eaux lors du dénoyage

DÉNOYAGE DES FOSSES F87 ET J4, TROILUS GOLD

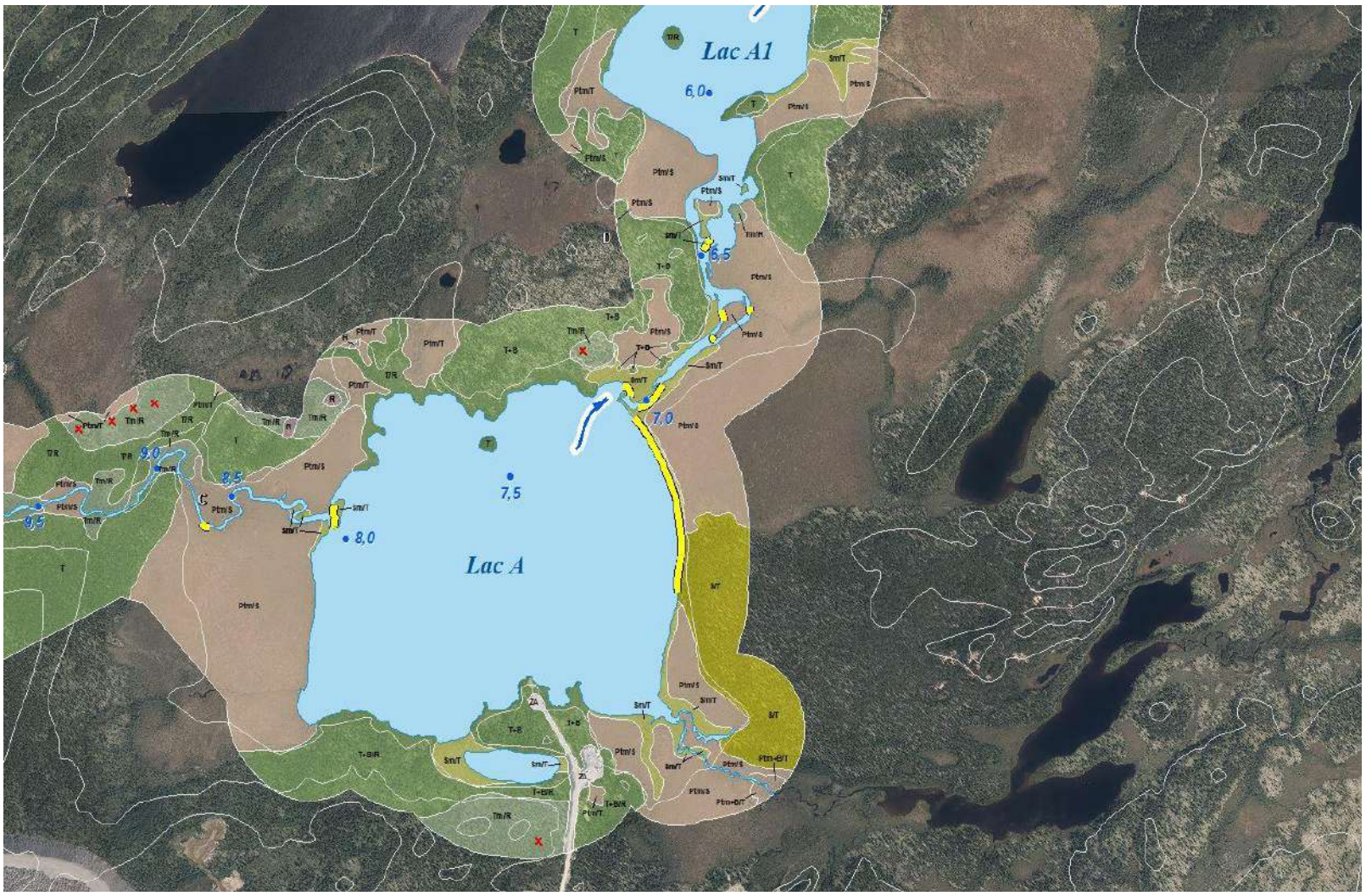


Photo-interprétation des matériaux de surface, analyse géomorphologique du cours d'eau et des lacs devant recevoir les eaux lors du dénoyage et évaluation des impacts sur la dynamique sédimentaire

Note technique préliminaire présentée à Troilus Gold

Novembre 2019

POLY-GÉO INC.

SOMMAIRE

Auteurs et titre (aux fins de citation) :

Poly-Géo inc., 2019. **DÉNOYAGE DES FOSSES F87 ET J4, TROILUS GOLD. Photo-interprétation des matériaux de surface, analyse géomorphologique du cours d'eau et des lacs devant recevoir les eaux lors du dénoyage et évaluation des impacts sur la dynamique sédimentaire.** Note technique préliminaire présentée à Troilus Gold. 13 pages et 4 annexes.

Version : préliminaire
Date : 25 novembre 2019

POLY-GÉO INC.
624, ave Notre-Dame
Saint-Lambert (Québec) J4P 2L1
Tél. : 450-465-2921 Téléc. : 450-465-7769
www.polygeo.com

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Troïlus Gold
Directrice en environnement:
Jacqueline Leroux, ing.

LAMONT inc.
Expert-Conseil
Directrice de projet
Ann Lamontagne, ing. Ph.D.

Poly-Géo inc.
Directeur de projet:
Richard Lévesque

Chargé de projet :
Guy Pâquet

Photo-interprétation :
Daniel Brosseau
Guy Pâquet

Analyse :
Daniel Brosseau
Guy Pâquet
Richard Lévesque

Rédaction :
Guy Pâquet

Cartographie :
Rhéal Tremblay

Édition et mise en page :
Rosie Morneau

Numéro de référence Poly-Géo inc. : 19103

TABLE DES MATIÈRES

1. MANDAT 1

2. MÉTHODES ET ACTIVITES REALISEES 2

2.1 Photo-interprétation et cartographie des bandes riveraines 2

2.2 Évaluation de la sensibilité des rives 2

2.3 Évolution de la dynamique sédimentaire 3

3. CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE ET SENSIBILITÉ DES RIVES 4

3.1 Le cours d'eau et les lacs 4

3.2 Contexte géomorphologique 4

3.3 Sensibilité des rives à l'érosion 5

4. EVOLUTION ANTICIPÉE DE LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE 7

4.1 Mise en contexte 7

4.2 Sources potentielles de sable et gravier mobilisables 7

4.2.1 Les rives du cours d'eau 7

4.2.2 Le lit du cours d'eau 10

4.3 Modifications potentielles à la dynamique sédimentaire 10

FIGURES, TABLEAUX ET CARTE

FIGURE 1 : Profil topographique du cours d'eau 6

FIGURE 2 : Diagramme de Hjulström 9

TABLEAU 1 : Caractérisation géomorphologique du ruisseau sans nom, vitesses modélisées et modification anticipées à la dynamique sédimentaire lors du dénoyage ..... Annexe 3

TABLEAU 2 : Modélisation des vitesses d'écoulement, des niveaux d'eau et des surfaces inondées en fonction des débits (de 2,5 à 5 m³/s) ..... Annexe 4

CARTE 1 : Photo-interprétation détaillée des matériaux de surface et de la sensibilité à l'érosion ..... Annexe 5

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Album photos

Annexe 2 : Topographie des sections transversales du cours d'eau

Annexe 3. Tableau 1 : Caractérisation géomorphologique du ruisseau sans nom, vitesses modélisées et modification anticipées à la dynamique sédimentaire lors du dénoyage

Annexe 4. Tableau 2 : Modélisation des vitesses d'écoulement.

Annexe 5. Carte 1 : Photo-interprétation détaillée des matériaux de surface et de la sensibilité à l'érosion

MANDAT 1

La firme Poly-Géo a été mandatée par l'entreprise Troïlus Gold, en septembre 2019, afin de réaliser la photo-interprétation détaillée des matériaux de surface le long des rives du cours d'eau sans nom et de quelques petits lacs par lesquels seront déversées les eaux de dénoyage des fosses F87 et J4 de la mine Troïlus. Le mandat comprend également une évaluation de la sensibilité des rives à l'érosion. Une bande de terrain de 200 m de largeur a été interprétée le long des rives, sur une longueur d'environ 14 km depuis une rivière sans nom qui se jette dans le lac Boisfort, au nord-nord-ouest, jusqu'au site minier, au sud.

Dans une seconde étape, Poly-Géo a été mandatée pour procéder à une analyse détaillée de l'évolution anticipée de la dynamique sédimentaire du cours d'eau sans nom, dans les conditions hydrodynamiques qui pourraient prévaloir lors des activités de dénoyage. Cette analyse a été réalisée en considérant des débits de 2,5 à 5 m^3/s, pour un tronçon de 11,9 km compris entre le secteur de la fosse J4 et l'embouchure du cours d'eau. Selon les scénarios envisagés à cette étape des études, le débit du cours d'eau pendant les opérations de dénoyage serait de l'ordre 3 à 3,5 m^3/s.

MÉTHODES ET ACTIVITÉS RÉALISÉES 2

2.1 PHOTO-INTERPRÉTATION ET CARTOGRAPHIE DES BANDES RIVERAINES

La photo-interprétation et la cartographie ont été réalisées à l'aide des logiciels *Summit Evolution* et *ArcGIS*, à partir de photographies aériennes numériques d'une résolution de 30 cm prises par le gouvernement du Québec (MERN), en 2013. Les résultats sont présentés sur une orthomosaïque des photographies ariennes de 2013, à l'échelle du 1 : 10 000 (carte 1, l'annexe 5). La légende utilisée, présentée directement sur la carte, distingue le roc des grandes classes de matériaux meubles en présence (till, sable et tourbe) en plus d'indiquer l'épaisseur et la superposition des couches meubles. On a ajouté sur la carte la localisation des affleurements rocheux répertoriés dans le Système d'information géominière du gouvernement du Québec (SIGÉOM[1]). La sensibilité des rives à l'érosion est indiquée par un large trait de couleur rose superposé à la rive. Des points kilométriques ont été attribués au cours d'eau de l'aval vers l'amont, depuis son embouchure (PK 0) jusqu'à la limite sud de la zone d'étude (PK 13,7), au sud-ouest de la fosse F87.

Un technicien de la firme DDM a mené une courte campagne de terrain, du 17 au 21 septembre dernier, afin de documenter la biologie et l'hydrologie du milieu, mais aussi de procéder à une validation de la photo-interprétation préliminaire de Poly-Géo. Une rencontre préalable avait été tenue à nos bureaux afin de planifier cette activité. Des arrêts à plus d'une cinquantaine de points de contrôle le long des rives ont permis de vérifier la nature des matériaux, de mesurer l'épaisseur de la tourbe et de relever la présence d'affleurements rocheux. La photo–interprétation a ensuite été ajustée en fonction des résultats de ces observations et la carte finale a été produite. Des photographies représentatives du cours d'eau prises lors des relevés de terrain sont présentées à l'annexe 1. Le débit qui prévalait lors des relevés de terrain et de la prise des photos a été estimé à 2,26 m^3/s (DDM, 2019).

2.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ DES RIVES

La sensibilité des rives à l'érosion a été déterminée principalement en fonction de la composition et de la morphologie des rives, de leur exposition aux courants fluviaux et de la pente longitudinale du cours d'eau, qui influence directement les vitesses d'écoulement. Au pourtour des lacs, la sensibilité tient compte de la largeur des plans d'eau et de leur exposition aux vents, qui déterminent la hauteur et la capacité érosive des vagues. L'analyse tient également compte de la pente de la zone d'avant-plage.

Le profil en long du cours d'eau a été généré en relevant les altitudes du cours d'eau à tous les 50 m avec le logiciel *Summit Evolution*, sur les photographies aériennes numériques dont chaque pixel (de 30 X 30 cm) est doté d'une valeur d'altitude. La marge d'erreur de valeurs d'altitude ainsi relevées est de l'ordre de 0,5 m.

---

[1] *SIGÉOM; Système d'Information géominière - Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2019. Carte interactive du Système d'information géominière du Québec.*
http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCarteIntr
Site consulté en octobre 2019.

2.3 ÉVOLUTION DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

L'analyse de l'évolution de la dynamique sédimentaire a été réalisée en s'appuyant sur l'examen des photographies aériennes de haute résolution (30 cm) prises en 2013, en tenant compte de l'ensemble des informations suivantes :

- la composition des matériaux formant les bandes riveraines et leur sensibilité à l'érosion, réalisée dans le cadre de la présente étude (carte 1, annexe 5);
- la caractérisation du cours d'eau par les firmes DDM (2019)[1] et Wachiih (2019)[2] et, comportant une subdivision en 45 segments longitudinaux, selon les faciès d'écoulement, la nature du substrat et l'identification des frayères potentielles ou confirmées, ainsi que les relevés de la topographie et des matériaux en présence au droit de 57 sections transversales (DDM, 2019 et Poly-Géo, 2019). Au droit de 13 des 57 sections, la profondeur d'eau excédait 1,7 m et n'a pu être mesurée au terrain. Les sections transversales du cours d'eau relevées au terrain ont été prolongées latéralement, de part et d'autre des rives, par Poly-Géo, en mesurant les altitudes sur les photographies aériennes numériques de haute résolution, à l'aide du logiciel *Summit Evolution*. Les sections transversales sont présentées à l'annexe 2. Les 45 segments et les 57 sections transversales sont localisés et numérotés sur la carte 1 (annexe 5).
- la modélisation des vitesses d'écoulement et autres données associées (par exemple les niveaux d'eau) aux sections transversales, selon différents débits variant de 2,5 à 5 m^3/s (MH_2O, 2019)[3]. Les résultats détaillés sont fournis à l'annexe 4;
- une cartographie des bancs de sable et/ou gravier réalisée par Poly-Géo dans le cadre de la présente étude, à partir des photographies aériennes de 2013 (les plus récentes), qui intègre les données recueillies au terrain par DDM et Wachiih. Les bancs de sable et gravier apparaissent en rouge sur la carte 1 de l'annexe 5;
- le diagramme de de Hjulström, qui indique les vitesses critiques minimales de courant nécessaire pour mobiliser, transporter ou déposer les particules sédimentaires en fonction de leur taille (figure 2).

[1] *DDM, novembre 2019. Détermination des débits propices pour la reproduction des poissons du ruisseau Sans Nom. Rapport préliminaire présenté à Troilus Gold. 14 p. et annexes.*

[2] *MH20, 2019. Troilus. Capacité hydraulique du cours d'eau Sans Nom. Document annexé au rapport de DDM, 2019. 11 p et annexes.*

[3] *Wachiih, août 2019. Caractérisation de l'habitat et des populations de poisson dans le réseau hydrographique du lac A. Mémo technique. 18 p. et annexes*

CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE ET SENSIBILITÉ DES RIVES

3

3.1 LE COURS D'EAU ET LES LACS

Le tronçon du cours d'eau qui fait l'objet de la présente étude s'allonge sur 13,7 km suivant un axe général SSO/NNE (carte 1, annexe 5). Sa largeur varie de moins 5-10 m à plus d'une cinquantaine de mètres au droit de certains segments à écoulement lent. Le tracé du cours d'eau est interrompu, entre les PK 4 et 8, par trois petits plans d'eau (les lacs A, A1 et A2) séparés de courts segments fluviaux. Dans la portion de la zone d'étude qui recoupe le site minier, entre les PK 10,5 et l3,7, le tracé du cours d'eau été rectifié et la majorité des rives est formée de matériaux grossiers d'origine anthropique : roc dynamité et matériaux de déblai variés (photo 2, annexe 1).

Le cours d'eau enregistre un dénivelé de plus de 25 m le long de la zone d'étude. Son profil en long (figure 1) se caractérise par une alternance de segments en pente relativement forte et de segments en pente douce. Un premier segment en pente assez forte occupe la portion amont de la zone d'étude, entre les PK 13,7 et 9,2. L'altitude du cours d'eau s'y abaisse d'environ 3 m par kilomètre. La pente du cours d'eau devient ensuite très faible et le demeure jusqu'aux environs du PK 4, le long d'un segment de plus de 5 km qui comprend les lacs A, A1 et A2. Plus en aval, de l'exutoire du lac A2 jusqu'au PK 2,4, la pente devient plus prononcée (12 m de dénivelé sur 1,6 km) et le cours d'eau forme une succession de petits rapides (photo 7, annexe 1). Suivent un segment fluvial en pente faible, entre les PK 2,4 et 0,4, puis un dernier petit ressaut, sur les derniers 0,4 km du parcours.

3.2 CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE

Dans le secteur à l'étude, le cours d'eau traverse des terrains faiblement ondulés formés de basses collines rocheuses et de longues crêtes évasées de till (drumlins), d'axe général NE/SO. Des dépôts sableux ont été mis en place par les eaux de fonte du glacier dans les points bas séparant les collines rocheuses et les crêtes de till. Leur épaisseur est généralement inférieure à 2 m, mais pourrait atteindre 4-5 m par endroits. Des tourbières se sont régulièrement développées en surface des dépôts de sable et dans les dépressions séparant les crêtes de till.

Le till constitue le matériau dominant dans les bandes riveraines cartographiées et sur les rives du cours d'eau et des lacs. La plupart des berges développées dans ce matériau sont formées d'un mélange de sable, de gravier, de cailloux et de blocs. Elles sont résistantes à l'érosion. Dans les segments où les vitesses d'écoulement sont les plus élevées, la fraction sablo-graveleuse du till a été emportée par les courants pour ne laisser en place qu'un mélange grossier de cailloux et de blocs. La couverture de till s'amincit localement et le roc sous-jacent affleure sur les rives et dans le lit du cours d'eau le long de quelques courts segments compris entre les PK 10,5 et 9,5, entre les PK 4 et 3 puis enfin, entre les PK 1,2 et 1.

Les matériaux sableux occupent des segments discontinus de rive, principalement en aval du PK 9. Les rives sableuses s'inclinent en pente douce (photo 4, annexe 1) ou forment des talus en pente forte dont la hauteur est généralement inférieure à1-2 m. Un talus sableux un peu plus

élevé (~3 m) forme la rive droite du cours d'eau sur une centaine de mètres de longueur, entre les PK 1,4 et 1,3 (photo 10, annexe 1). Les rives sableuses sont de loin les plus sensibles à l'érosion, car elles sont formées de matériaux peu cohésifs et facilement mobilisables par les eaux courantes et les vagues sensibles à l'érosion, car elles sont formées de matériaux peu cohésifs, facilement mobilisables par les eaux courantes et les vagues.

Des tourbières développées sur le sable ou le till occupent une proportion appréciable des bandes riveraines en aval du PK 10. Elles forment d'importants segments de rive entre les PK 9 et 6 ainsi qu'entre les PK 2,4 et 1,2, sur la rive gauche (ouest). Les rives de tourbe sont généralement basses et en pente douce, mais elles peuvent former de petits talus dont la hauteur ne devrait pas dépasser 1 m. La tourbe est constituée de débris organiques densément enchevêtrés et elle est plutôt résistante à l'érosion. Les matériaux minéraux (sable ou till) sous la tourbe, qui forment habituellement la berge du cours d'eau et des lacs, sont probablement exondés en période d'étiage. Ces matériaux doivent être submergés en conditions de forte hydraulicité (comme ce devrait être le cas lors du dénoyage des fosses minières).

3.3 SENSIBILITÉ DES RIVES À L'ÉROSION

La grande majorité des rives de la zone d'étude ne présente aucune sensibilité à l'érosion, car elles sont composées de till, de roc ou de matériaux de déblai de texture grossière (photo 7, annexe 1). Les rives tourbeuses sont résistantes à l'érosion. Une proportion importante des rives sableuses ne sont pas sensibles, car leur pente est faible et qu'elles sont stabilisées par la végétation (photos 3 et 4, annexe 1).

Seule une faible proportion des rives est considéré sensible à l'érosion et leur sensibilité est faible. Il s'agit de rives sableuses, localement couvertes de tourbe. Elles s'allongent au total sur 1,3 km, ce qui représente moins de 3,5 % de l'ensemble des rives à l'étude. Elles correspondent à de talus de sable exposés aux plus forts courants, parce qu'elles occupent les rives concaves du cours d'eau, ou exposées aux plus fortes vagues, sur les rives nord-est des lacs A et A1. Deux segments de rive sensible correspondent à des talus de sable déjà partiellement dénudés (photos 10 et 11, annexe 1), donc plus susceptibles d'être déstabilisés. Les rives sensibles se concentrent principalement entre les PK 9 et 6 (dans le secteur des lacs A et A1) et plus en aval, entre les PK 2 et 0,5.

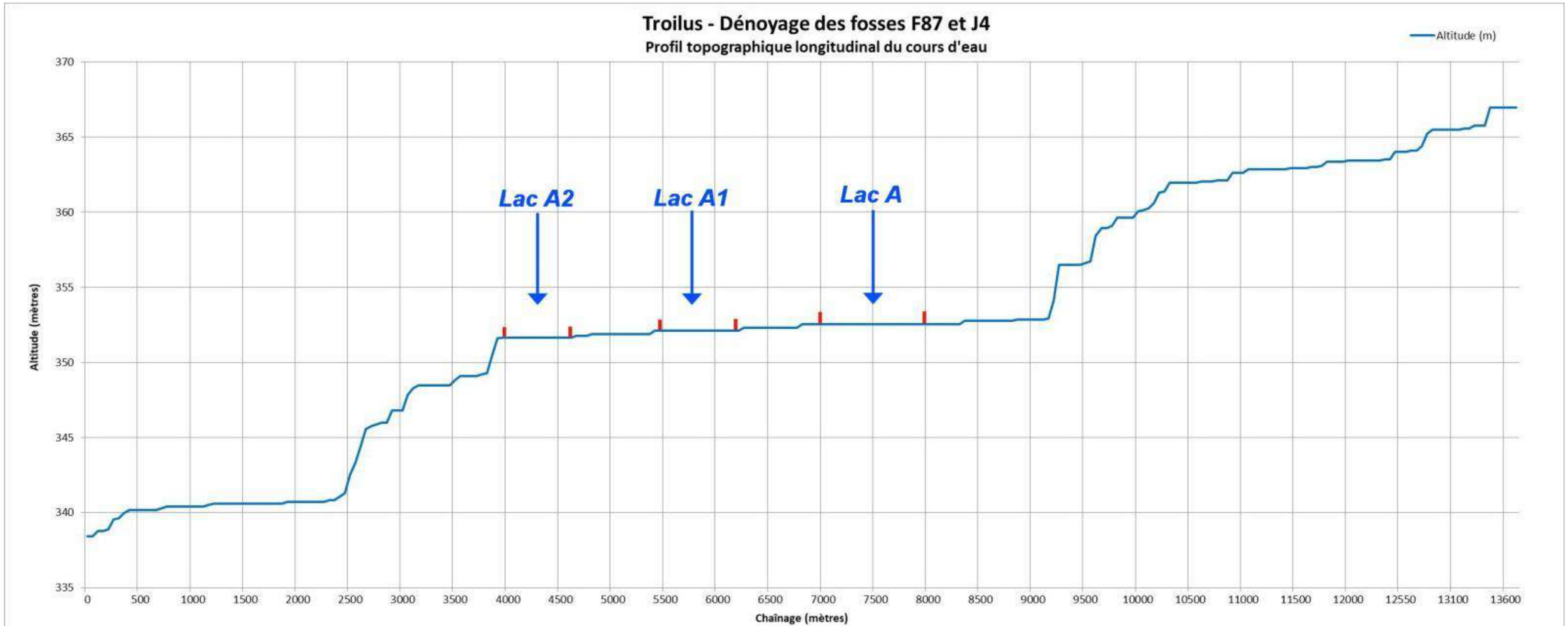


Figure 1 : Profil topographique longitudinal du cours d'eau à l'étude

ÉVOLUTION ANTICIPÉE DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

4

4.1 MISE EN CONTEXTE

Les principaux éléments considérés dans l'analyse de l'évolution anticipée de la dynamique sédimentaire le long de chacun des 45 segments longitudinaux définis par Wachiih (2019) et DDM (2019) sont colligés dans le tableau 1 (annexe 3). On y retrouve, pour chaque segment ou groupe de segments apparentés, les numéros des sections transversales correspondantes, une synthèse de la composition des rives et du lit, les plages de vitesses modélisées au droit des sections transversales pour les débits de 2,5 à 5 m^3/s (MH_2O, 2019), les modifications attendues à la dynamique sédimentaire et, enfin : 1) une évaluation des risques de mobilisation et de transport des particules de sable et de gravier et 2) une évaluation des risques que ces particules se déposent et puissent contribuer à l'ensablement des frayères potentielles ou confirmées. Ces risques ont été évalués que pour les grains de sables (0,63 µm à 2 mm) et les petits graviers (2 à 10 mm), qui sont sont les seuls sédiments susceptibles d'être mobilisés et de contribuer au colmatage des frayères aux vitesses qui pourraient être atteintes lors du dénoyage.

Les risques de mobilisation, de transport et de sédimentation ont été évalués à l'aide du diagramme de Hjulström (figure 2), qui indique les vitesses critiques minimales de courant nécessaires pour mobiliser, transporter et déposer les particules sédimentaires, selon leur taille. La vitesse du courant, en abscisse, est indiquée en cm/seconde. Les valeurs de 10, de 100 et de 1000 cm/s qui y sont inscrites correspondent respectivement à 0,1 m/s, 1m/s et 10 m/s. Le diagramme est divisé en trois zones : l'érosion, aux vitesses les plus élevées, le transport, aux vitesses intermédiaires et la déposition (ou sédimentation), aux vitesses les plus basses. À l'examen du diagramme, on constate que les grains de sable seront mobilisés par les eaux courantes à de vitesses de 0,4 à 0,9 m/s, selon leur taille. Pour les petits graviers (< 10 cm), ces vitesses sont de 0,9 à 2 m/s. Les vitesses requises pour maintenir les particules en transport dans le cours d'eau sont plus faibles; soit de 0,2 à 0,4 m/s pour les sables et de 0,4 à 0,9 m/s, pour les petits graviers. À des vitesses plus basses, les grains se déposeront sur le lit du cours d'eau.

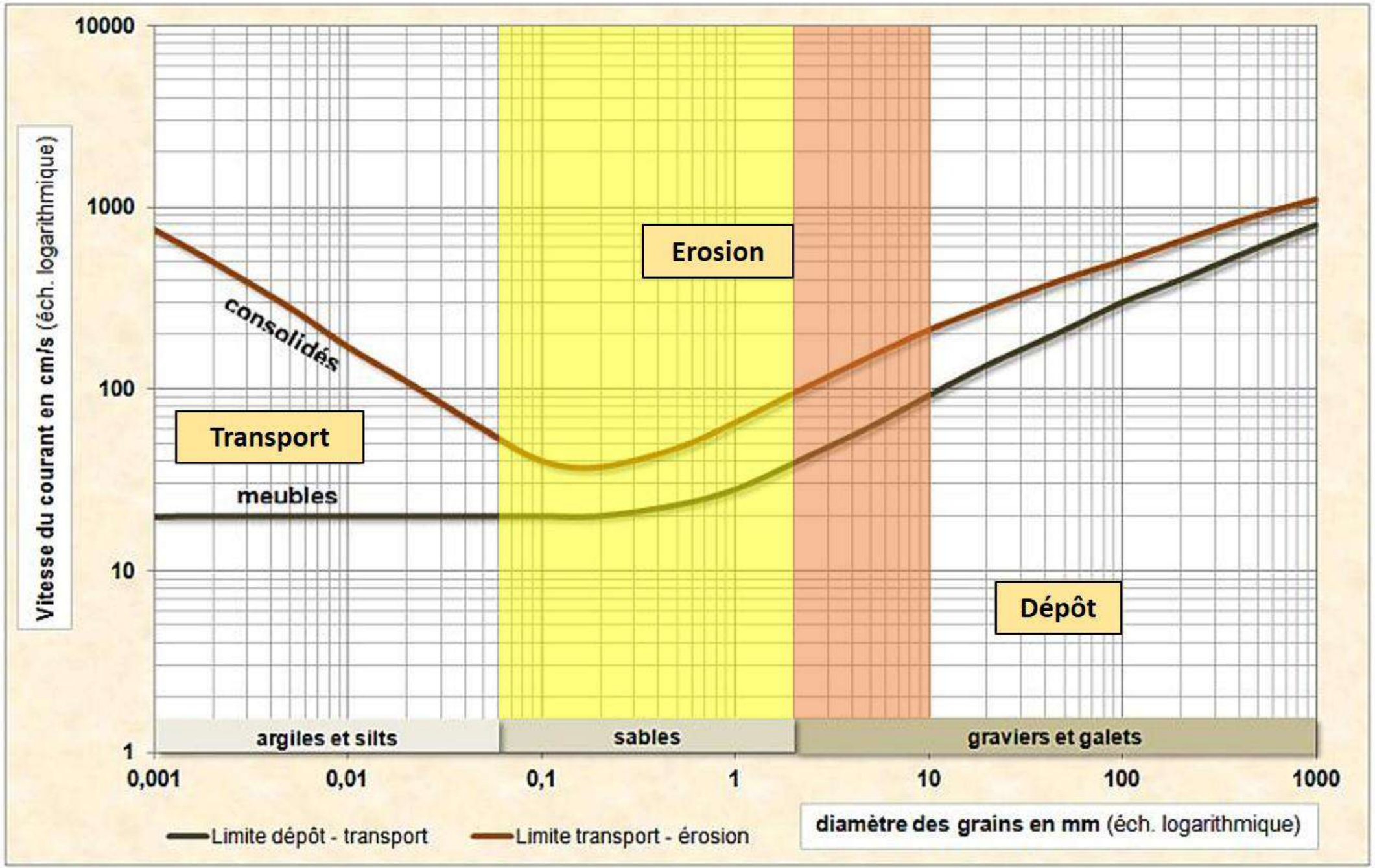
Les vitesses modélisées par la firme MH_20 (2019) aux sections transversales du cours d'eau (voir annexe 4) sont des vitesses moyennes pour la section d'écoulement considérée. Elles sont maximales en surface, au centre du chenal, et elles sont plus faibles près du fond et des rives, en raison du frottement.

4.2 SOURCES POTENTIELLES DE SABLE ET DE GRAVIER MOBILISABLES

4.2.1 LES RIVES DU COURS D'EAU

Nous avons vu à la section 3.3 que la grande majorité (96,5 %) des rives de la zone d'étude ne présente aucune sensibilité à l'érosion, car elles sont composées de till, de roc ou matériaux de déblai de texture grossière. Les rives de tourbe présentes le long de certains segments sont résistantes à l'érosion. La majorité des rives sableuses ne présente aucune sensibilité à l'érosion, car elles s'inclinent en pente douce et sont stabilisées par un dense

couvert végétal (photos 3 et 4, annexe 1). Les seules rives sensibles correspondent à des talus de sable 1 à 3 m de hauteur qui s'allongent sur 1,3 km au total. Près de la moitié (0,63 km) constituent les rives « est » et nord-est des lacs A et A1 et ne seront pas affectées par le dénoyage de la mine, car leur évolution est essentiellement liée à l'action des vagues. Au final, ce ne sont donc que 0,67 km de talus sableux situées le long des segments fluviaux qui pourraient potentiellement être déstabilisés et fournir des apports de sable au cours d'eau.



Source : Hjulstrom, F. (1935). Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris, Bulletin. Geological Institute Upsalsa, 25, 221-527 – Modifié par Poly-Géo inc. 2019.

Figure 2 : Diagramme de Hjulström (modifié par Poly-Géo, 2019)

4.2.2. LE LIT DU COURS D'EAU

Selon les données disponibles (Wachiih, 2019 et DDM, 2019), des sédiments sableux (et localement graveleux) susceptibles d'être mobilisés par les courants lors du dénoyage de la mine sont rencontrés dans le lit du cours d'eau dans 11 des 45 segments longitudinaux, lesquels totalisent 6,3 km. Sur le reste du parcours, le lit est composé de matériaux grossiers (cailloux, galets, blocs et roc) qui ne seront pas affectés par les opérations de dénoyage.

Les segments sableux se concentrent dans les secteurs où la pente du cours d'eau et les vitesses d'écoulement sont faibles. La majorité de ces segments, totalisant 4,15 km, se situe dans la portion centrale du parcours. Il s'agit du segment 64, du lac A (non numéroté), des segments 1 à 4 et des segments 5 (lac A1), 6 et 8. Dans la portion amont de la zone d'étude, entre le site minier et le lac A, où la pente du cours d'eau est assez prononcée, seuls quelques segments totalisant 0,63 km sont sableux et/ou graveleux. Dans la portion aval de la zone d'étude, seuls trois segments sur 16 (totalisant 2,1 km) présentent un lit au moins partiellement sableux.

De petits bancs de sable et/ou de gravier ont été identifiés par photo-interprétation le long de deux segments dont le lit est constitué de matériaux grossiers (selon Wachiih, 2019). Il s'agit des segments 44 et 60. Dans les deux cas, ces matériaux se sont accumulés dans des élargissements constituant des bassins de sédimentation, en aval de petits rapides.

4.3 MODIFICATIONS POTENTIELLES À LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

Le texte qui suit documente uniquement les cas où des modifications à la dynamique sédimentaire découlant du dénoyage de la mine sont susceptibles de survenir et pourraient affecter l'habitat du poisson. Tel que mentionné précédemment, il s'agit essentiellement des segments du cours d'eau le long desquels les vitesses de courants atteintes aux plus forts débits modélisés pourraient mobiliser les sédiments sableux et/ou graveleux, les transporter et les déposer plus en aval, dans des secteurs constituant des sites de fraie potentiels ou confirmés pour l'omble de fontaine, le doré ou le meunier. Les informations prises en compte ici sont synthétisées sur la carte 1 (annexe 5) et dans le tableau 1 (annexe 3). Pour plus de détails, le lecteur pourra aussi se référer aux annexes 2 et 4.

Segments 11 à 14

Les segments 11 12, 13 sont situés à l'extrémité amont de la zone d'étude, au sud-ouest de la fosse J4. Les modifications envisagées ici ne surviendront que si les eaux de dénoyage sont déversées dans le cours d'eau à l'amont de ces segments. Aucune modification ne surviendra si les eaux sont évacuées plus en aval.

Les segments 11, 12 et 13 s'allongent respectivement sur 24, 19 et 88 m. Les rives du cours d'eau sont formées de remblai grossier, mais son lit est composé de sable (segments 11 et 13) et de gravier (segment 12). Un petit banc de composition probablement graveleuse chevauche les segments 12 et 13. Selon les modélisations réalisées à la section S-57, un peu en aval dans un contexte comparable, les vitesses du courant seront de l'ordre de 0,6 m/s pour des débits de 3 à 3,5 m^3/s et elles atteindraient près de 0,69 m/s au débit de 5 m^3/s. Si i l'on se fie à la photo 1 (annexe 1), prise alors que débit était estimée à

2,26 m^3/s, les vitesses seront sans doute supérieures le long du segment 11, qui se trouve juste en aval de deux ponceaux constituant une restriction à l'écoulement. Les vitesses devraient donc être suffisantes le long des segments 11 et 13 pour éroder/transporter les sédiments sableux de son lit. Les volumes de sable impliqués seront toutefois modestes compte tenu de la longueur limitée de ces segments (110 m). Les sédiments pris en charge devraient se déposer plus en aval, le long du segment 14, où se trouvent des frayères potentielles à omble de fontaine.

Segments 38 à 43

Le segment 38 correspond à un long tronçon (504 m) en pente douce, aux rives basses et végétalisées. Le cours d'eau est relativement large dans la portion amont (jusqu'à 10-12 m) du segment, mais devient plus étroit (± 5 m) dans sa portion aval. Son lit est sableux et un petit banc de sable a été identifié dans la portion centrale du segment. Pour des débits de 3 à 3,5 m^3/s, les vitesses d'écoulement seraient d'environ 0,5 m/s dans la portion centrale du segment (section S-53) et elles atteindraient ± 0,9 m/s dans sa portion aval, plus étroite (section S-52). Compte tenu du frottement sur le lit, les courants seront sans doute insuffisants pour mobiliser les sables de la portion amont du segment. Dans sa portion aval par contre, aux vitesses modélisées, le cours d'eau aura la capacité de mobiliser et de prendre en charge les sables pour les évacuer vers l'aval. Les matériaux charriés par le cours d'eau pourraient se déposer dans les frayères potentielles situées plus en aval, le long des segments 39, 41 et 43.

Segments 44 et 45

Le segment 44 est situé juste en aval des rapides. Ses rives sont résistantes à l'érosion et son lit est constitué surtout de matériaux grossiers. La portion amont du segment, plus large (± 20m) constitue une zone de sédimentation des alluvions provenant de l'amont et on y observe sur les photos aériennes un banc de sable et/ou de gravier d'environ 20 m de long par 7-8 m de large. Plus en aval, le cours d'eau devient nettement plus étroit (< 5 m) et les vitesses d'écoulement augmentent. Les vitesses qui pourraient être atteintes dans ce secteur pour des débits de 3 à 3,5 m^3/s n'ont pas été documentées, mais il est probable qu'elles seront suffisantes pour mobiliser les matériaux sableux du banc de sable/gravier. Plus en aval, le long du segment 45, dans un contexte assez comparable où le cours d'eau fait ± 8 m de large, les vitesses modélisées pour ces débits sont de 0,75 à 0,8 m/s. Les sables mobilisés le long du segment 44 sont susceptibles de se déposer dans les frayères potentielles du segment 45. Les volumes de sable impliqués sont toutefois faibles.

Segments 64 à 10

Cette suite de segments située dans la portion centrale du parcours s'allonge sur un peu plus de 5 km et comprend les lacs A, A1 et A2.

Le segment 64 s'allonge sur un peu plus de 0,97 km en amont du lac A. Le cours d'eau y traverse des terrains bas, en partie tourbeux, et ses rives sont stables et végétalisées. Son lit est essentiellement sableux avec présence de petits bancs de sable dans la portion amont du segment. Les vitesses d'écoulement qui pourraient y être atteintes pour des débits de 3 à 3,5 m^3/s sont de l'ordre de 0,4 à 0,5 m/s, mais elles chutent à moins de 0,25 m/s à l'approche de l'embouchure dans le lac A (section S-40), où se trouve un petit delta sableux.

Les vitesses maximales modélisées pour des débits de 5 m^3/s le long de ce segment sont de 0,63 m/s entre les sections transversales S-44 et S-43. Compte tenu du de frottement sur le lit, les vitesses des courants seront donc à peine suffisantes, même aux plus forts débits modélisés, pour éroder les sable du lit du cours d'eau. S'il y avait tout même prise en charge et migration des sables, ces sédiments se déposeront à l'embouchure dans le lac A et ne présentent aucun risque pour les habitats du poisson.

Quatre segments fluviaux (segments 1 à 4) s'allongent sur 940 m entre les lacs A et A1. Les rives du cours d'eau y sont stables et végétalisées, mais en partie sableuses et elles présentent localement une faible sensibilité à l'érosion. La largeur du cours d'eau est assez variable (de 10 à ± 100 m). Son lit est sableux et les segments les plus larges constituent des zones de sédimentation où l'on observe de nombreux bancs de sable. Les vitesses d'écoulement modélisées pour des débits de 3 à 3,5 m^3/s sont généralement trop faibles pour mobiliser les sables, sauf au droit de la section S-38 (segment 1), où elles devraient dépasser 1 m/s. Les vitesses chutent par contre à 0,03 m/s juste en aval (section S-37) et à 0,06 m/s à l'embouchure du cours d'eau dans le lac A1 (segment 4). On peut donc s'attendre à ce qu'il y ait érosion et migration localisées des sables dans ce secteur, mais ces matériaux termineront leur course à l'embouchure du lac A1, où les vitesses deviennent négligeables.

Le segment 6 (263 m) est situé à l'exutoire du lac A2. Les rives du cours d'eau y sont stables et son lit est sableux. Les vitesses d'écoulement anticipées demeureront ici nettement insuffisantes (0,09 à 0,11 m/s), même aux plus forts débits (5 m^3/s), pour qu'il y a mobilisation de sables. On ne prévoit donc aucune modification à la dynamique sédimentaire et aucun risque d'ensablement de la frayère confirmée à meunier du segment 7, immédiatement en aval.

Le segment 8 s'allonge sur 435 m en amont d'une frayère confirmée à doré (segment 9). Ses rives sont stables et son lit est au moins en partie sableux. On note la présence de quelques bancs de sable dans la portion amont du segment. Encore ici, comme dans le segment 6, les vitesses d'écoulement seront trop faibles pour mobiliser les sables. Elles seront inférieures à 0,15 m/s dans la portion amont du segment et pourraient atteindre de valeurs maximales de 0,4 m/s dans sa portion aval (section S-29) où le lit semble plus grossier. On ne prévoit donc aucune modification à la dynamique sédimentaire ni risque d'ensablement de la frayère confirmée du segment 9.

Notons enfin que lac A2 ne peut fournir de sédiments sableux au tronçon du cours d'eau qui s'allonge à son aval, puisque les vitesses d'écoulent y sont négligeables et que ses rives sont constituées de matériaux grossiers. Les bancs de sable situés dans la portion sud du lac pourront tout au plus être remobilisés localement par les vagues

Segments SH7 et SH6

Ce segment de 1,1 km de longueur présente des rives basses et stables, sauf à son extrémité aval, où un talus de sable de 2-3 m de hauteur, considéré faiblement sensible à l'érosion, est partiellement dénudé sur une trentaine de mètres de longueur (photo 10, annexe 1). Le lit du cours d'eau y est surtout sableux, mais devient sablo-graveleux à l'extrémité aval du segment (section S-9). Les vitesses d'écoulement prévues sont trop faibles (0,14 à 0,38 m/s), même aux plus forts débits considérés (5 m^3/s), pour mobiliser les

sables, sauf possiblement à l'extrémité aval du segment, vis-à-vis la section S-9, où les vitesses seraient de 0,55 à 0,58 m/s pour des débits de 3 à 3,5 m^3/s et de 0,7 m/s pour un débit de 5 m^3/s. Compte tenu du frottement sur le lit et les rives, ces vitesses nous semblent tout juste suffisantes pour mobiliser les sables du lit et du talus riverain dénudé. Si c'était le cas, les volumes impliqués seraient faibles, mais il est possible que les sédiments qui seraient pris en charge se déposeraient plus en aval dans le segment SH6, qui constitue une frayère potentielle à meunier et doré

Segments SH5 et SH4

Le segment SH5 est comparable au segment SH7, mais plus court (302 m). Le cours d'eau s'y écoule en pente douce sur un lit sableux et ses rives sont stables, quoique localement sensibles à l'érosion. On note aussi la présence, à son extrémité aval, d'un talus de sable de 2-3 m de hauteur en érosion (mais partiellement stabilisé) d'environ 30 m de longueur (photo 11, annexe 1). Au droit de ce talus, à l'approche des rapides du segment SH4, le lit devient sablo-graveleux. Les vitesses d'écoulement modélisées pour des débits de 0,3 à 0,35 m/s sont de seulement 0,1 m/s dans la portion amont du segment et elles atteignent 0,4 m/s à l'extrémité aval du segment, au droit du talus en érosion (section S-7). Sachant que les vitesses du courant sont plus faibles près du lit et des rives, en raison du frottement, les vitesses prévues paraissent insuffisantes pour mobiliser les sables. Néanmoins, en raison de la présence du talus en érosion, on doit considérer qu'il y a une faible possibilité que les sables soient mobilisés et qu'ils puissent contribuer à l'ensablement de la frayère potentielle à meunier et doré située juste en aval (segment SH4). Ces risques sont toutefois considérés très faibles.

ANNEXE 1

ALBUM PHOTOS



Photo 1 : Vue vers l'amont du segment 11 montrant les vitesses d'écoulement élevées à la sortie de ponceaux (DDM, 19 sept. 2019).



Photo 2 : Matériaux de remblai grossiers formant les rives du cours d'eau le long du segment 15 (DDM, 21 sept. 2019).



Photo 3 : Vue vers l'amont du segment 1, immédiatement en aval du lac A. (DDM, 21 sept. 2019).



Photo 4 : Rive sableuse végétalisée au nord-est du lac A1. (DDM, 19 sept. 2019).



Photo 5 : Vue vers l'aval d'un élargissement du cours d'eau le long du segment 8, entre les lacs A1 et A2 (DDM, 21 sept. 2019).



Photo 6 : Vue vers l'aval du segment 9 où se trouve une frayère confirmée à doré (DDM, 19 sept. 2019).



Photo 7 : Vue vers l'amont des rapides du segment 63, juste en aval du lac A2 (DDM, 19 sept. 2019).



Photo 8 : Petite chute à l'extrémité aval du segment 59 (DDM, 19 sept. 2019).



Photo 9 : Vue vers l'aval de l'élargissement du cours d'eau situé dans la portion amont du segment 56 (DDM, 19 sept. 2019).



Photo 10 : Talus de sable partiellement dénudé à l'extrémité aval du segment SH7, sur la rive droite du cours d'eau (DDM, 18 sept. 2019).



Photo 11 : Talus de sable partiellement dénudé à l'extrémité aval du segment SH5, sur la rive droite du cours d'eau (DDM, 18 sept. 2019).



Photo 12 : Vue vers l'aval de lit de matériaux grossiers du segment SH2 (DDM, 18 sept. 2019).

ANNEXE 2

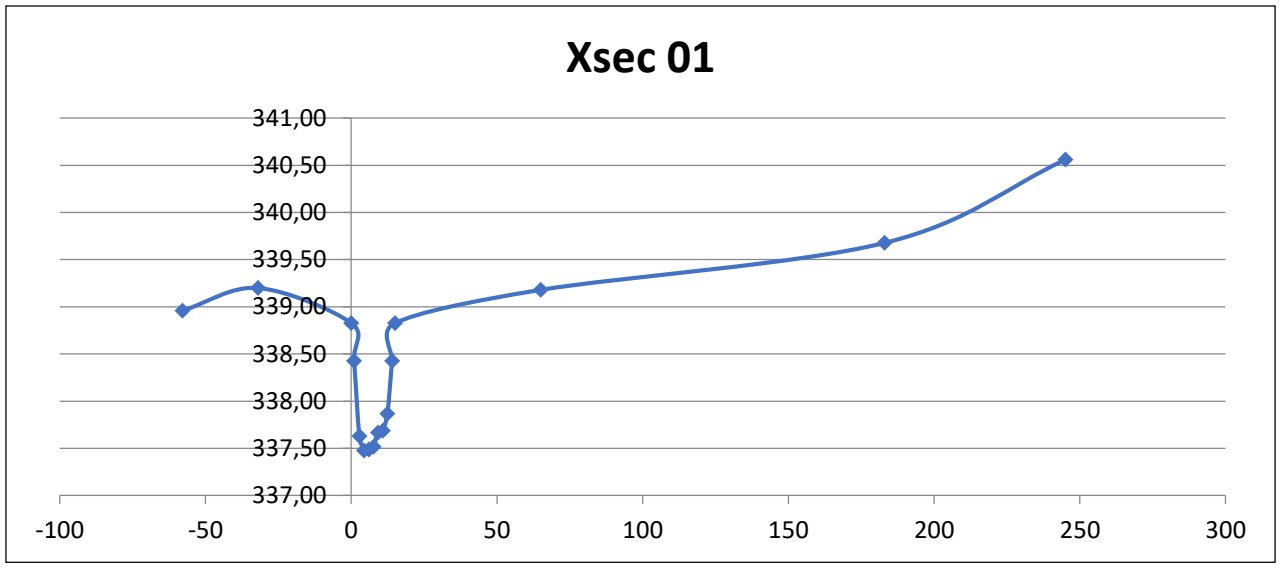
Topographie des sections transversales du cours d'eau

Topographie des sections transversales du cours d'eau

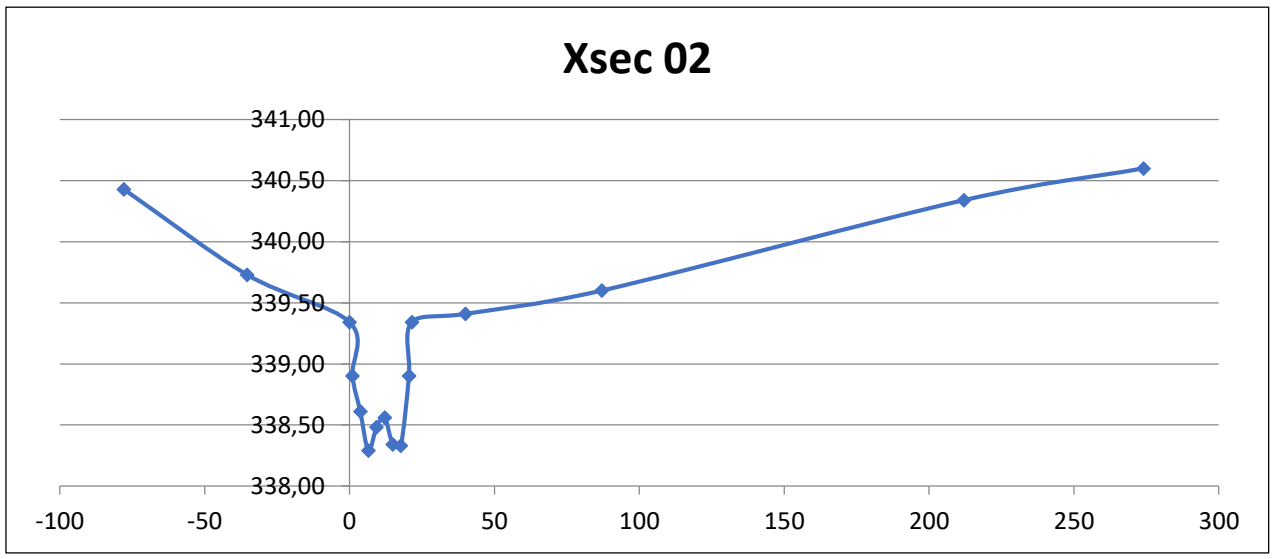
Code couleur	
Données acquises sur le terrain (DDM – 2019)	Données acquises par photo-interprétation (Poly-Géo inc.- 2019)

Toutes les sections sont vues vers l'aval du cours d'eau

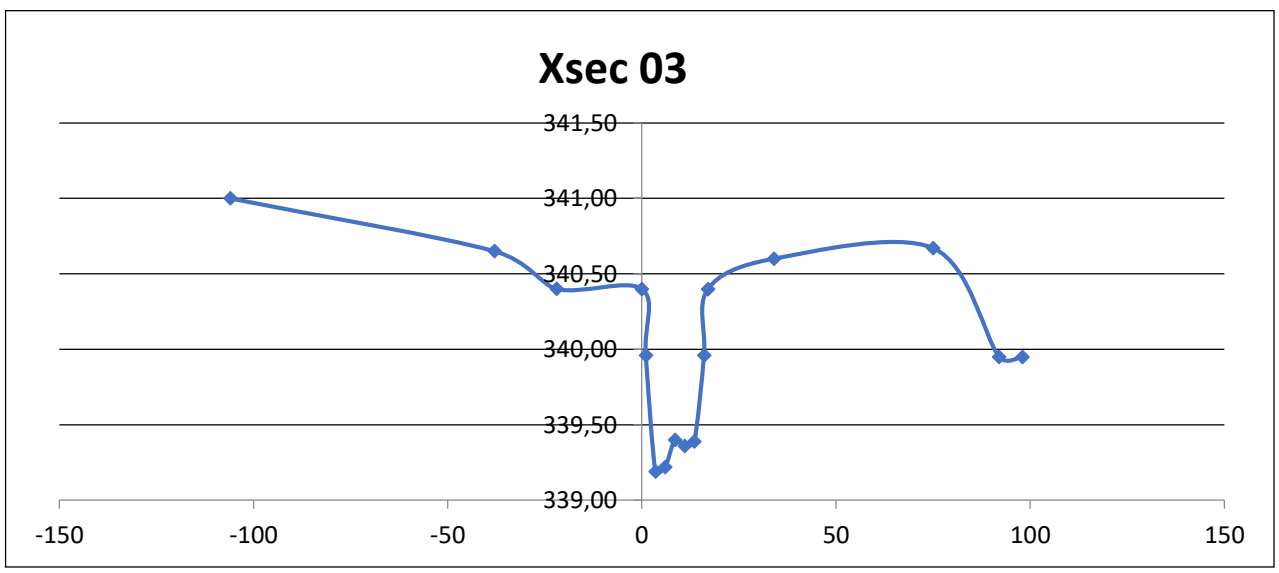
Nom	Station	Élévation
Xsec 01	-57,89	338,96
	-32	339,20
	0	338,83
	1	338,43
	2,8	337,63
	4,4	337,48
	6	337,49
	7,6	337,52
	9,2	337,67
	10,8	337,69
	12,4	337,87
	14	338,43
	15	338,83
	65	339,18
	183	339,68
	245	340,56



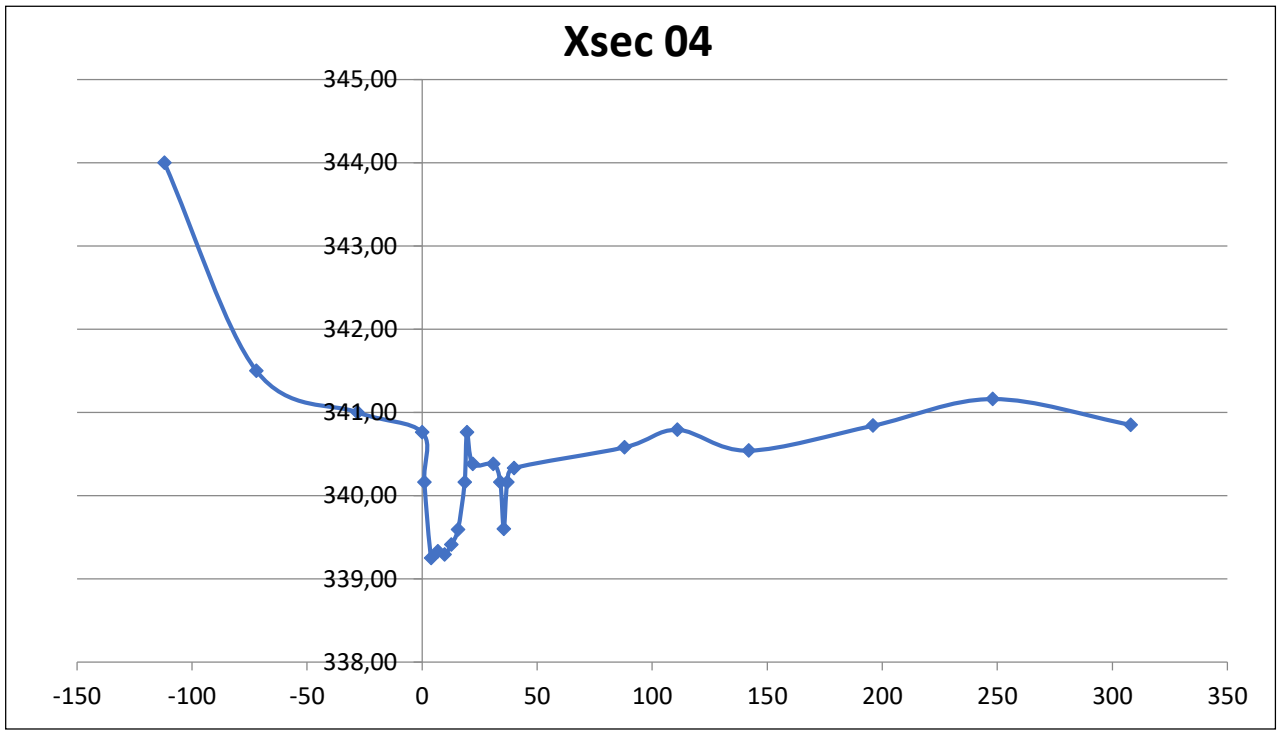
Nom	Station	Élévation
Xsec 02	-77,95	340,43
	-35,36	339,73
	0	339,34
	1	338,90
	3,7	338,61
	6,5	338,29
	9,3	338,48
	12,1	338,56
	14,9	338,34
	17,7	338,33
	20,5	338,90
	21,5	339,34
	40	339,41
	87	339,60
	212	340,34
	274	340,60



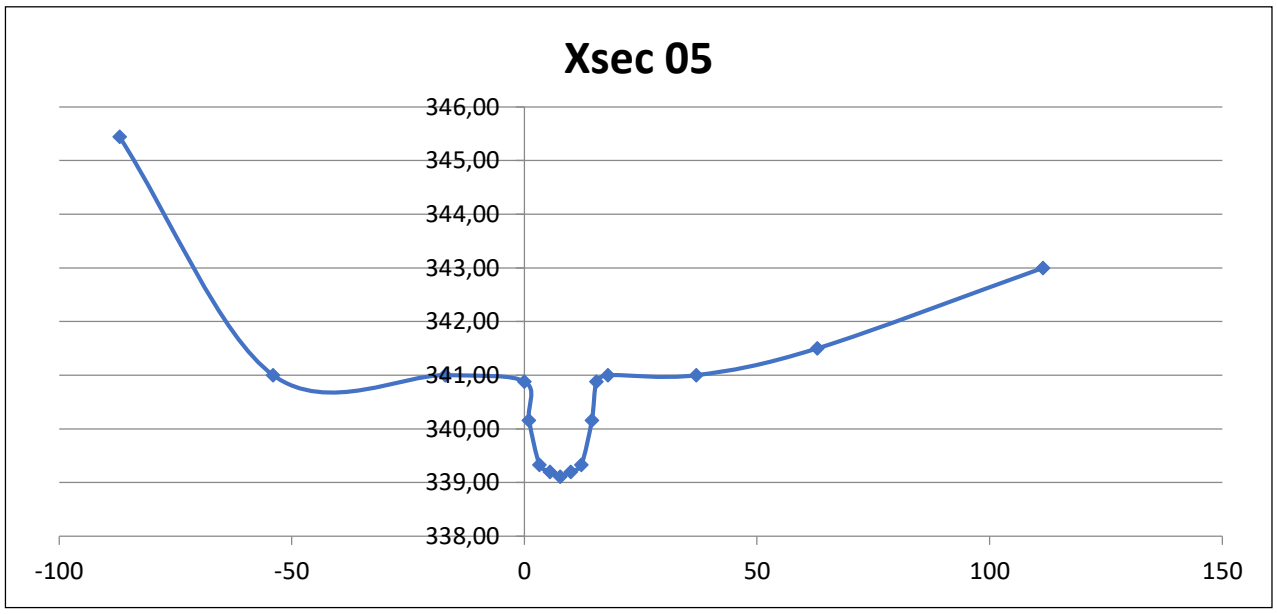
Nom	Station	Élévation
Xsec 03	-106	341,00
	-38	340,65
	-22	340,40
	0	340,40
	1	339,96
	3,5	339,19
	6	339,22
	8,5	339,40
	11	339,36
	13,5	339,39
	16	339,96
	17	340,40
	34	340,60
	75	340,67
	92	339,95
	98	339,95



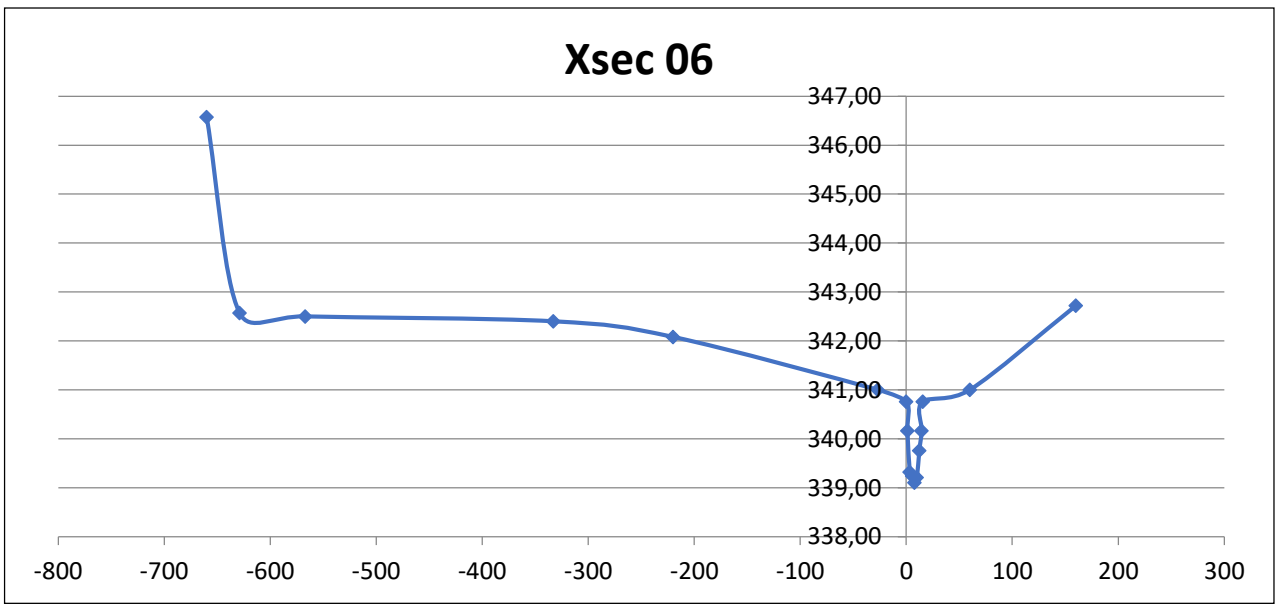
Nom	Station	Élévation
Xsec 04	-112	344,00
	-72	341,50
	-28	341,00
	0	340,76
	1	340,16
	4	339,25
	6,9	339,33
	9,8	339,29
	12,7	339,41
	15,6	339,59
	18,5	340,16
	19,5	340,76
	22	340,38
	31	340,38
	34	340,16
	35,5	339,60
	37	340,16
	40	340,33
	88	340,58
	111	340,79
	142	340,54
	196	340,84
	248	341,16
	308	340,85



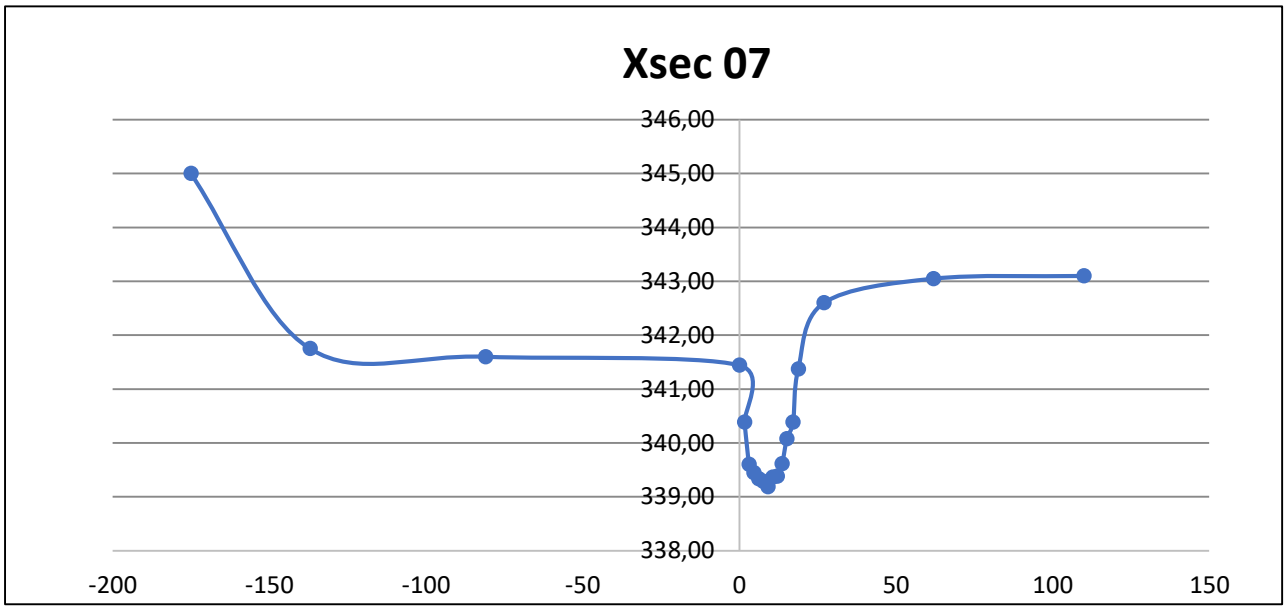
Nom	Station	Élévation
Xsec 05	-87	345,44
	-54	341,00
	-17	341,00
	0	340,88
	1	340,16
	3,25	339,33
	5,5	339,20
	7,75	339,11
	10	339,20
	12,25	339,33
	14,5	340,16
	15,5	340,88
	18	341,00
	37	341,00
	63	341,50
	111,5	343,00



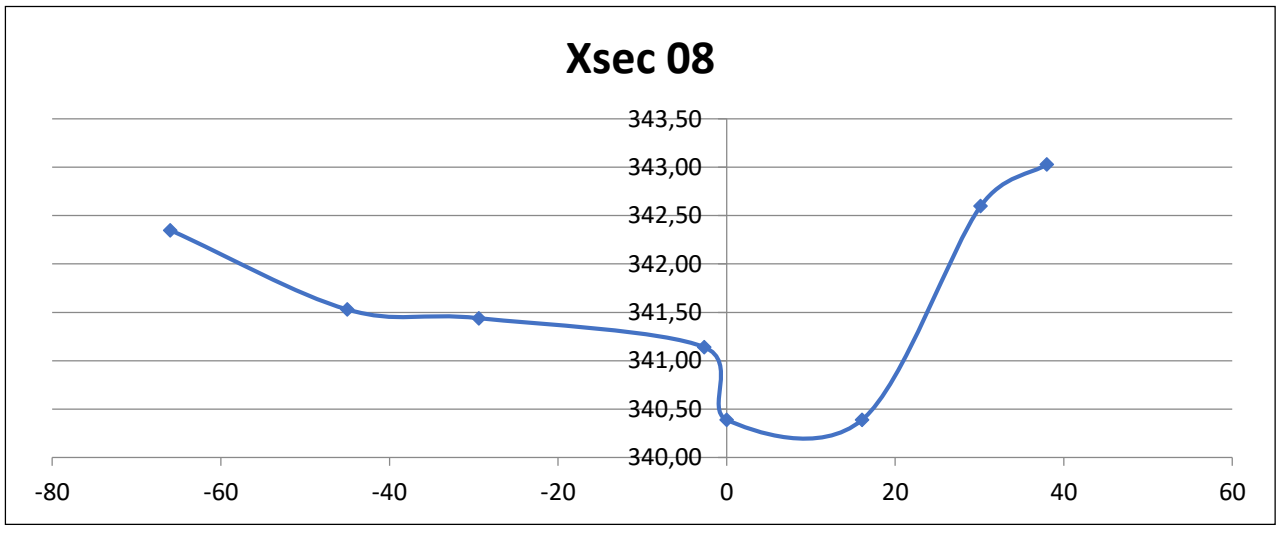
Nom	Station	Élévation
Xsec 06	-660	346,57
	-629	342,57
	-567	342,50
	-333	342,40
	-220	342,08
	-27	341,00
	0	340,76
	1	340,16
	3,25	339,32
	5,5	339,24
	7,75	339,10
	10	339,21
	12,25	339,76
	14,5	340,16
	15,5	340,76
	60	341,00
	160	342,72



Nom	Station	Élévation
Xsec 07	-175	345,00
	-137	341,75
	-81	341,60
	0	341,44
	1,65	340,39
	3,15	339,61
	4,65	339,45
	6,15	339,34
	7,65	339,29
	9,15	339,19
	10,65	339,37
	12,15	339,39
	13,65	339,62
	15,15	340,08
	17,15	340,39
	18,8	341,38
	27	342,60
	62	343,05
	110	343,10

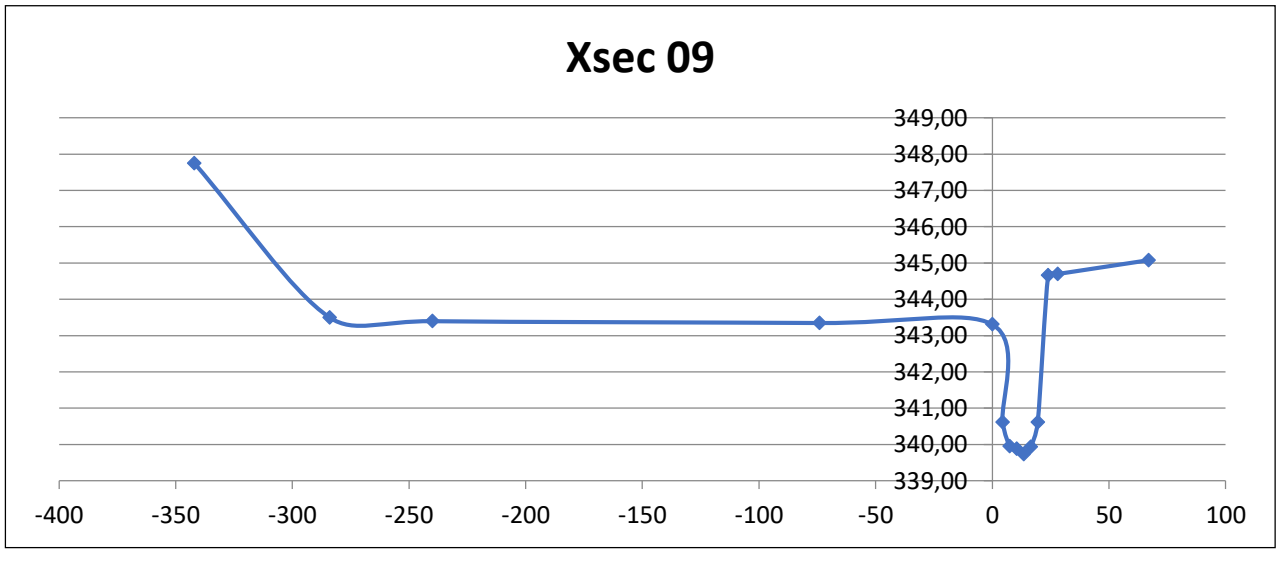


Nom	Station	Élévation
Xsec 08	-66	342,35
	-45	341,53
	-29,38	341,44
	-2,65	341,14
	0	340,39
	16,07	340,39
	30,13	342,60
	38	343,03

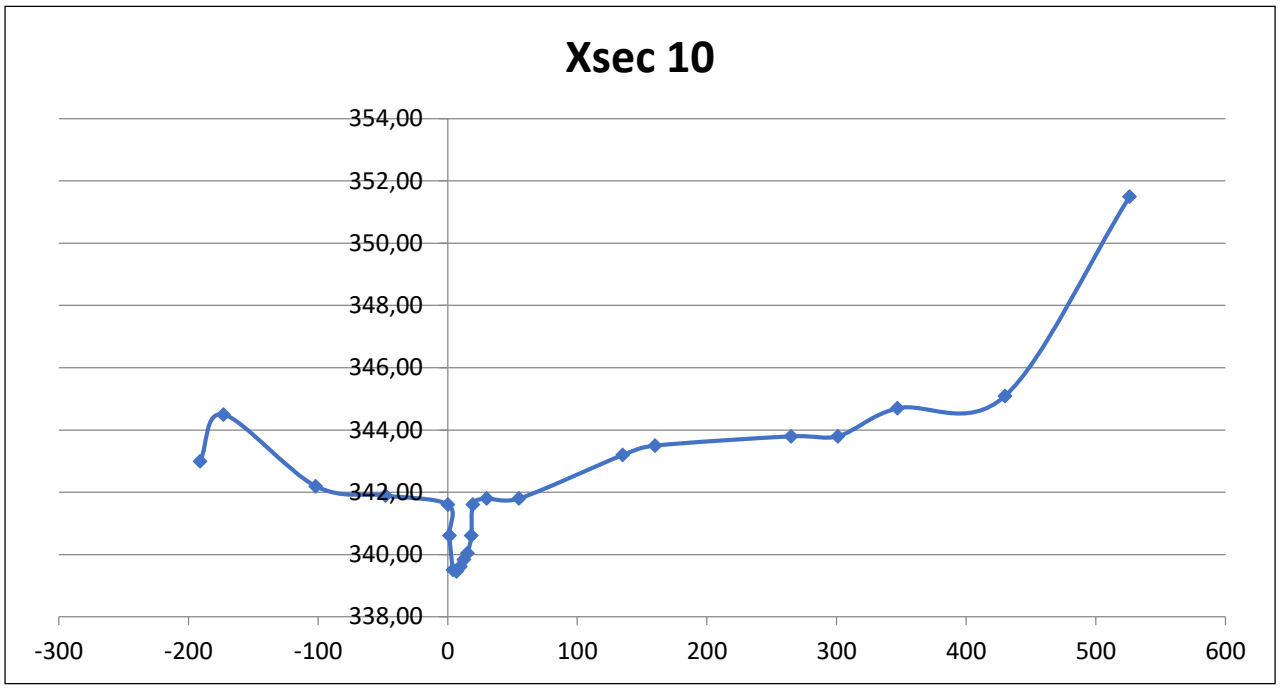


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

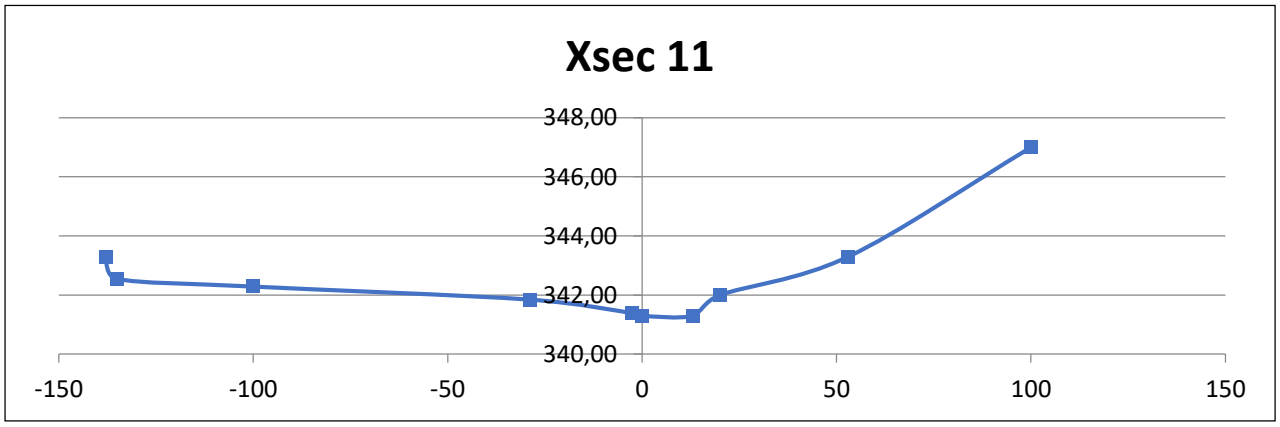
Nom	Station	Élévation
Xsec 09	-342	347,75
	-284	343,50
	-240	343,40
	-74	343,35
	0	343,31
	4,5	340,61
	7,5	339,95
	10,5	339,88
	13,5	339,73
	16,5	339,93
	19,5	340,61
	24	344,66
	28	344,70
	67	345,08



Nom	Station	Élévation
Xsec 10	-191	343,00
	-173	344,50
	-102	342,20
	-48	341,90
	0	341,61
	1,25	340,61
	4,05	339,51
	6,85	339,46
	9,65	339,61
	12,45	339,84
	15,25	340,05
	18,25	340,61
	19,5	341,61
	30	341,80
	55	341,80
	135	343,20
	160	343,50
	265	343,80
	301	343,80
	347	344,70
	430	345,10
	526	351,50

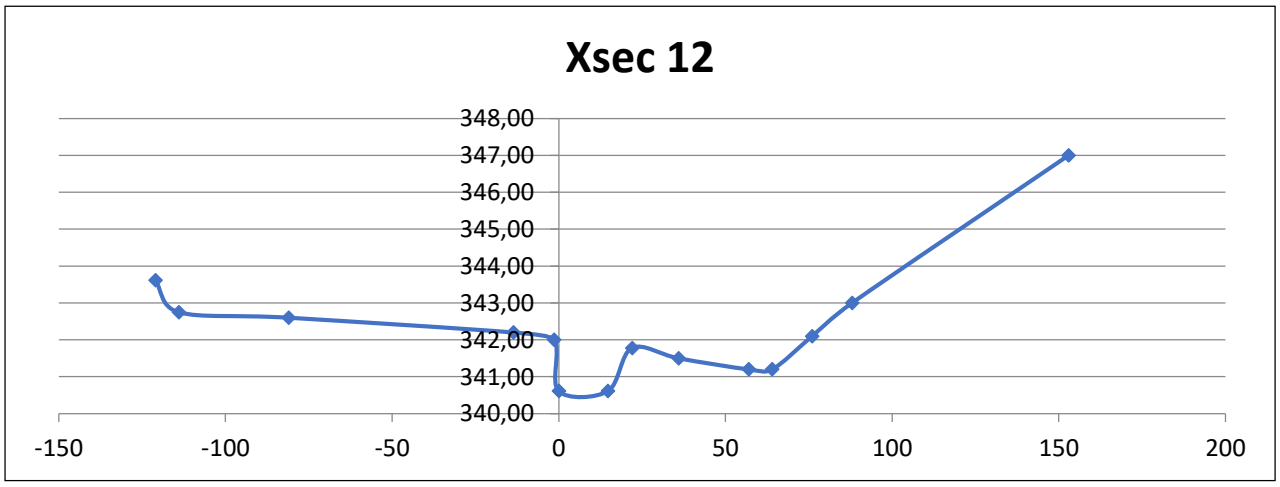


Nom	Station	Élévation
Xsec 11	-138	343,27
	-135	342,55
	-100	342,29
	-29	341,85
	-2,5	341,39
	0	341,30
	13	341,30
	20	342,00
	53	343,30
	100	347,00



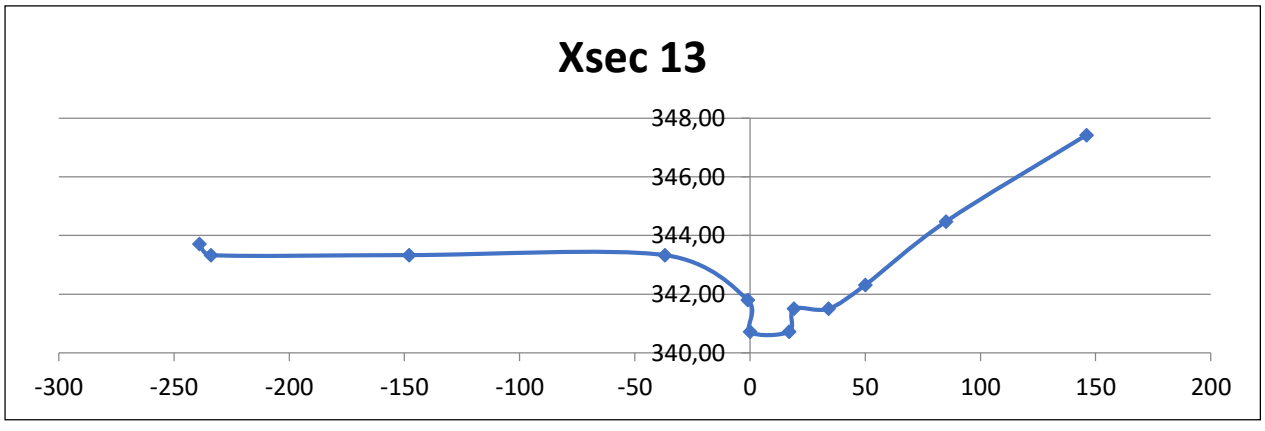
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

Nom	Station	Élévation
Xsec 12	-121	343,62
	-114	342,75
	-81	342,60
	-13,6	342,20
	-1,4	342,00
	0	340,61
	14,7	340,61
	22	341,78
	36	341,50
	57	341,20
	64	341,20
	76	342,10
	88	343,00
	153	347,00



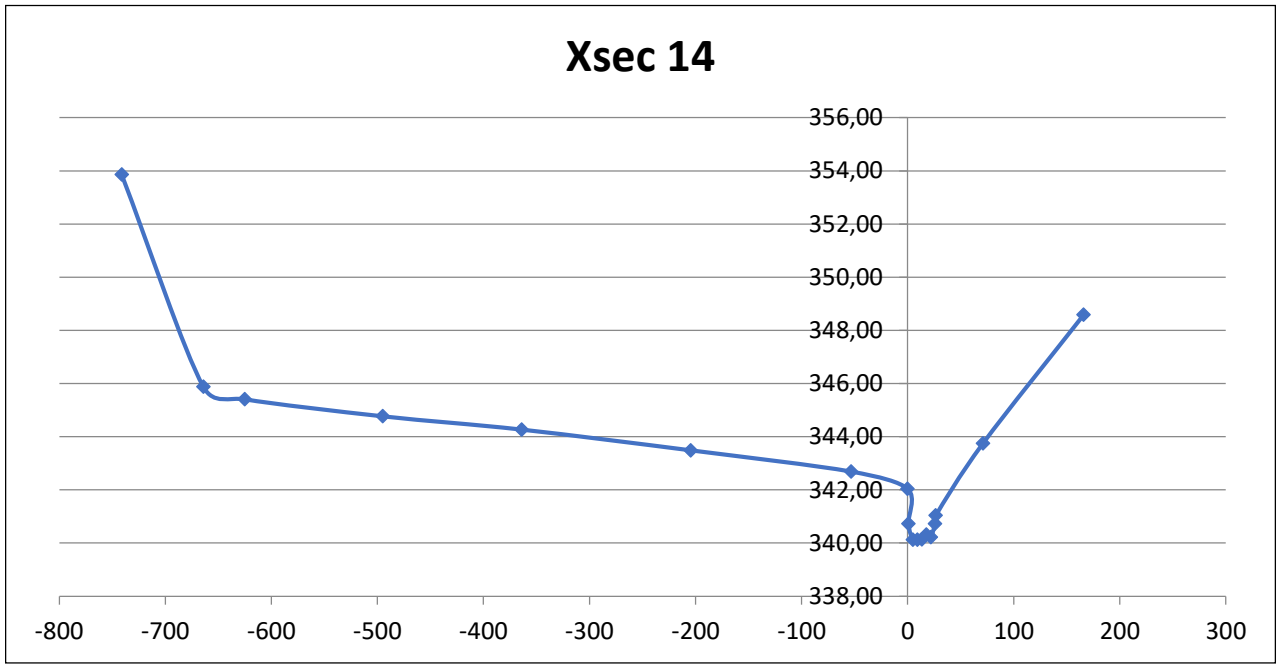
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

Nom	Station	Élévation
Xsec 13	-239	343,71
	-234	343,33
	-148	343,33
	-37	343,33
	-1	341,80
	0	340,72
	17	340,72
	19	341,50
	34	341,50
	50	342,31
	85	344,47
	146	347,42

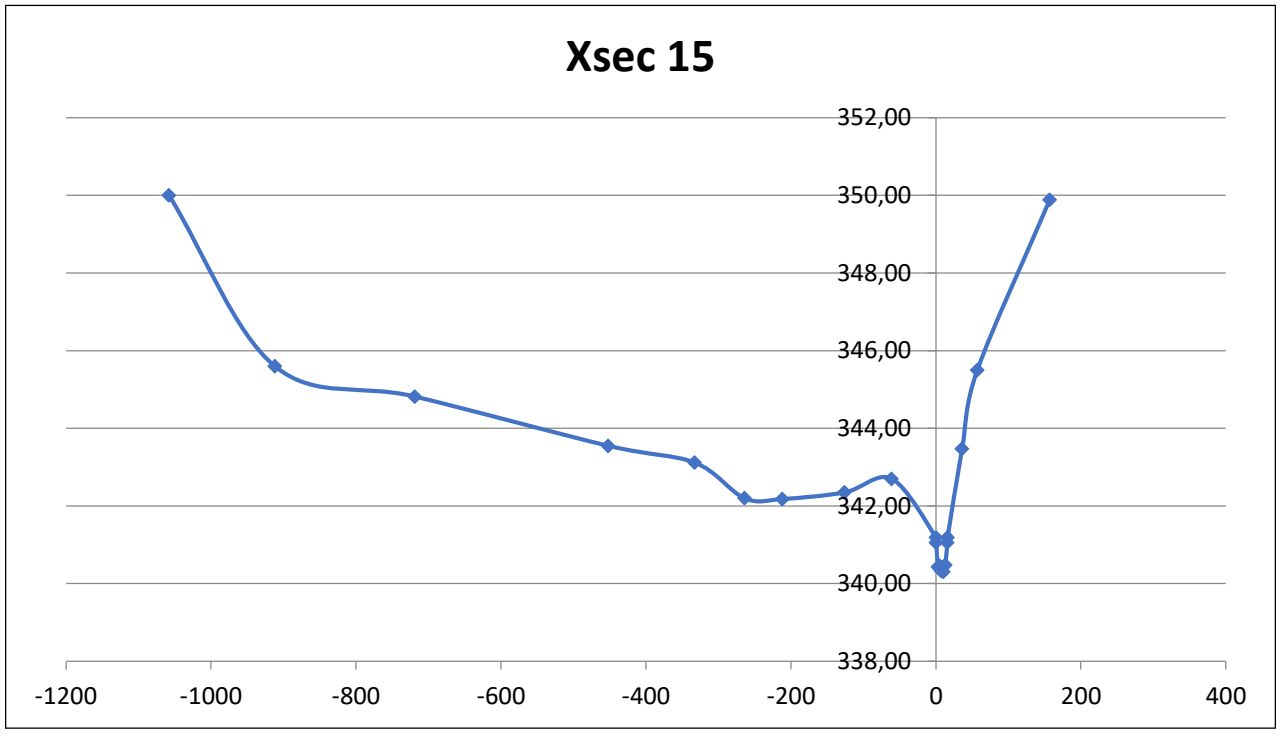


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

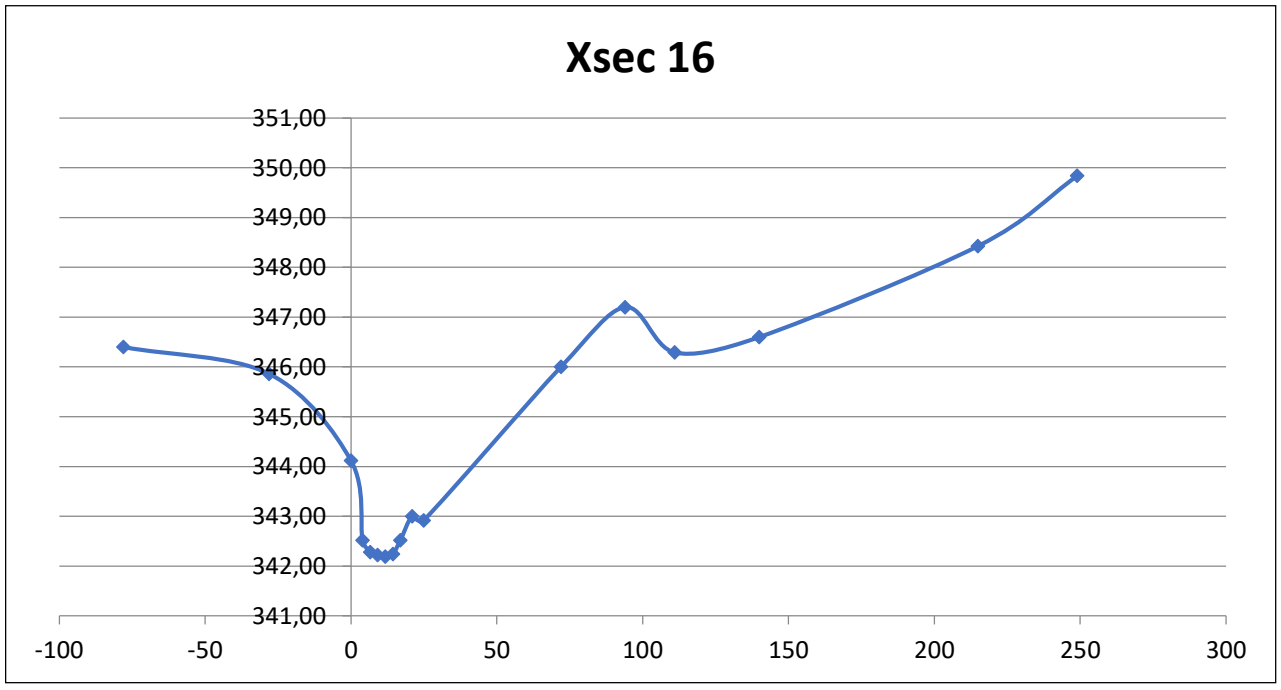
Nom	Station	Élévation
Xsec 14	-741	353,86
	-664	345,88
	-625	345,41
	-495	344,77
	-364	344,27
	-204,66	343,49
	-53,23	342,69
	0	342,04
	0,75	340,72
	4,95	340,12
	9,15	340,12
	13,35	340,14
	17,55	340,32
	21,75	340,22
	25,75	340,72
	26,5	341,04
	71	343,75
	166	348,59



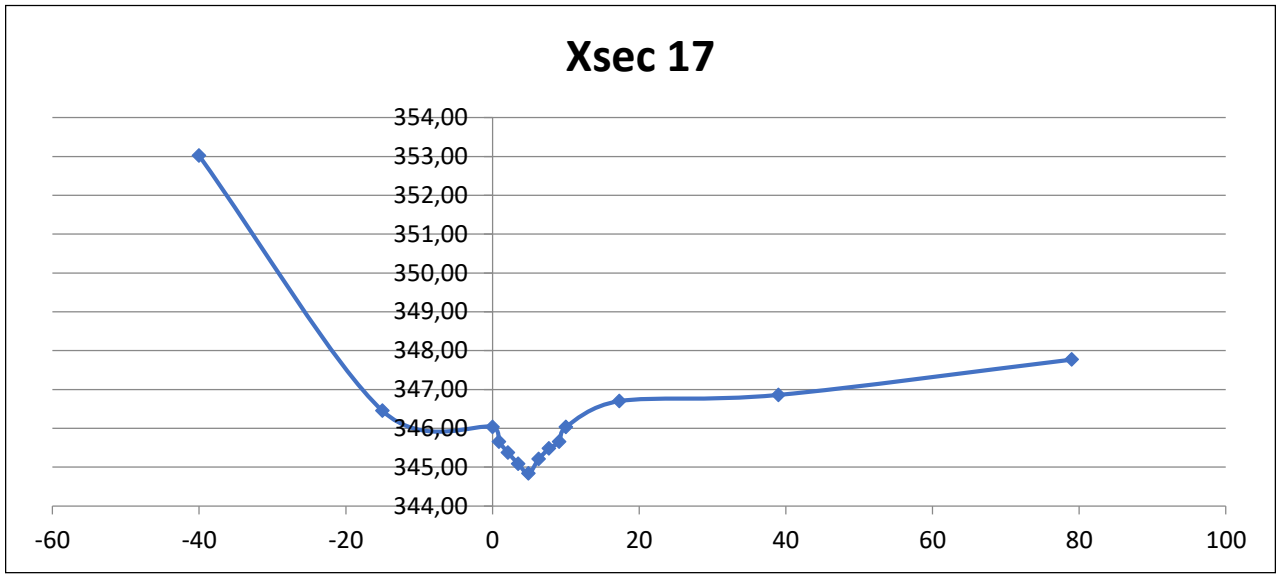
Nom	Station	Élévation
Xsec 15	-1058	350,00
	-912	345,60
	-719	344,82
	-452	343,55
	-333	343,12
	-264	342,20
	-212	342,18
	-126	342,35
	-61	342,70
	0	341,19
	0,3	341,06
	2,8	340,43
	5,3	340,46
	7,8	340,32
	10,3	340,31
	12,8	340,48
	15,7	341,06
	16	341,19
	36	343,47
	57	345,50
	157	349,89



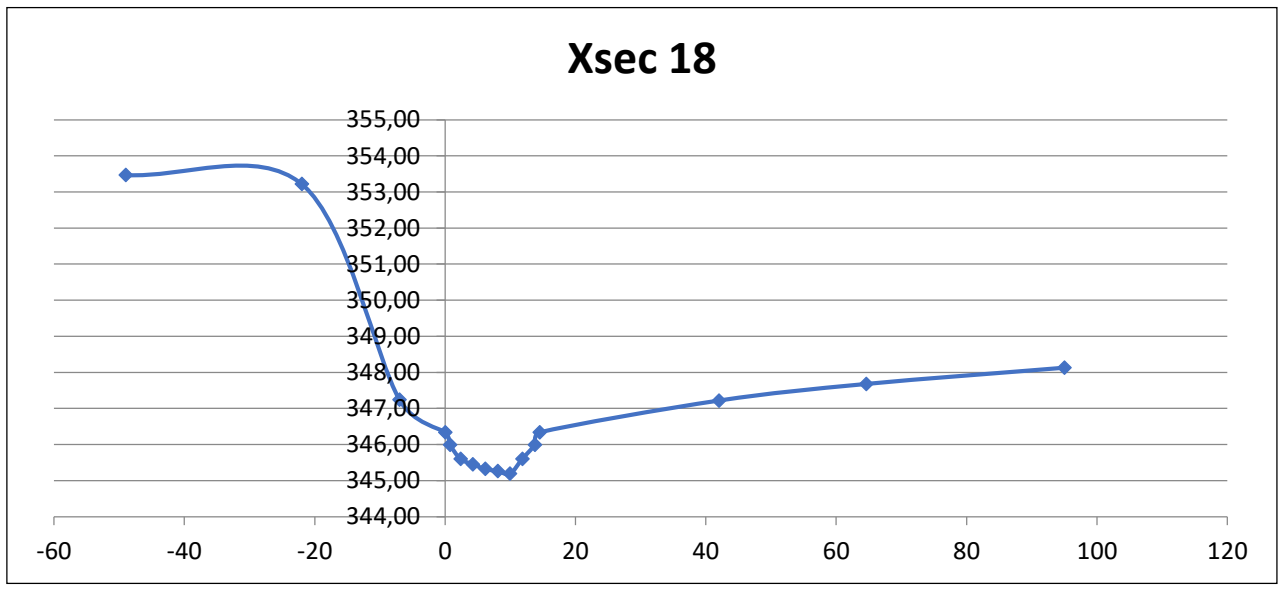
Nom	Station	Élévation
Xsec 16	-78	346,40
	-28	345,86
	0	344,12
	4	342,52
	6,6	342,28
	9,2	342,22
	11,8	342,19
	14,4	342,24
	17	342,52
	21	343,00
	25	342,92
	72	346,00
	94	347,20
	111	346,29
	140	346,60
	215	348,43
	249	349,84



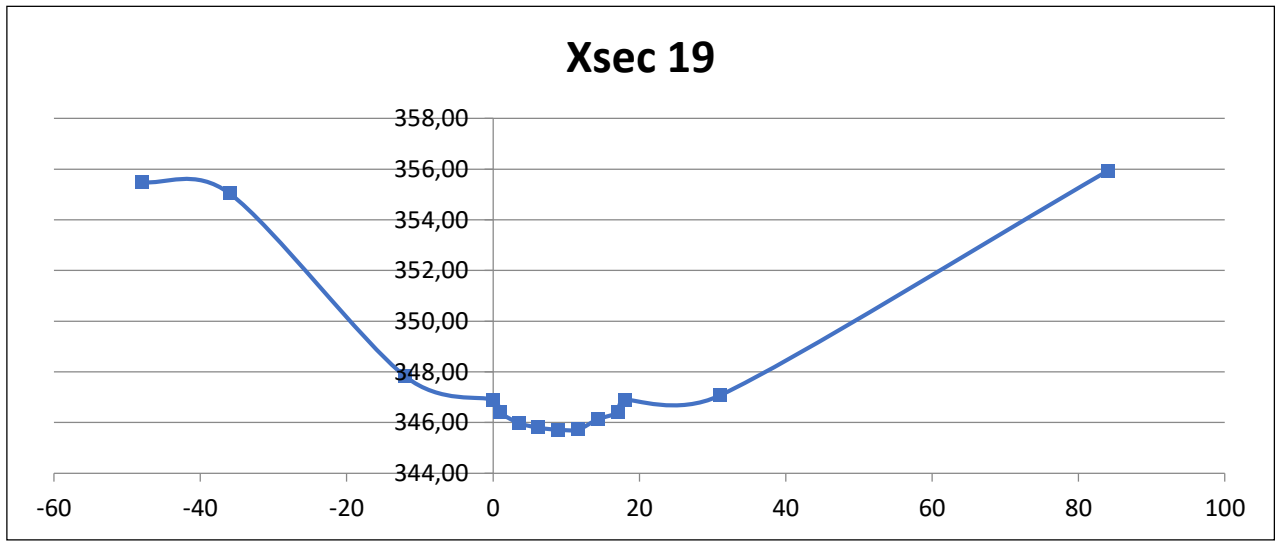
Nom	Station	Élévation
Xsec 17	-40	353,02
	-15	346,45
	0	346,04
	0,9	345,66
	2,1	345,38
	3,5	345,09
	4,9	344,84
	6,3	345,21
	7,7	345,48
	9,1	345,66
	10	346,04
	17,3	346,70
	39	346,86
	79	347,77



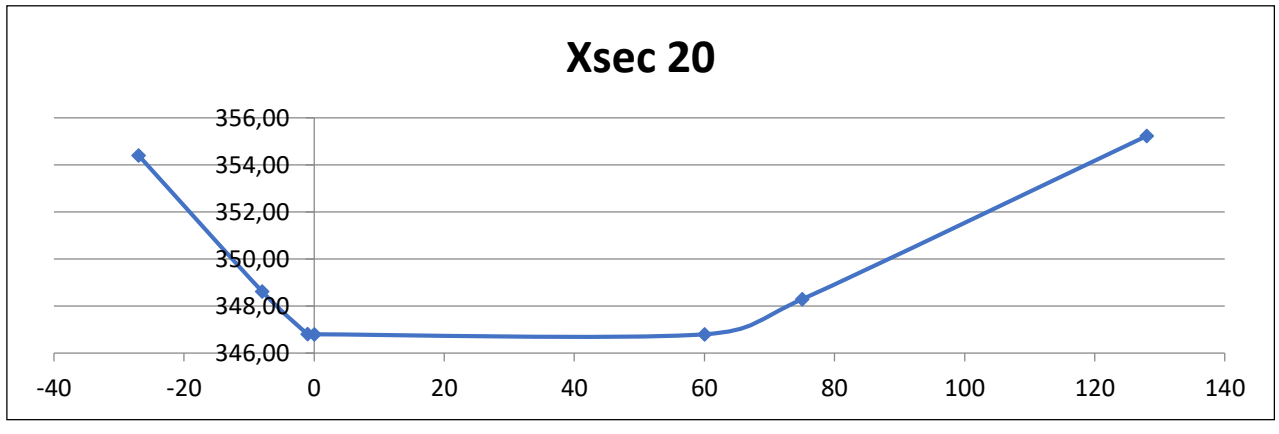
Nom	Station	Élévation
Xsec 18	-49	353,47
	-22	353,22
	-7	347,24
	0	346,34
	0,75	345,99
	2,35	345,60
	4,25	345,45
	6,15	345,32
	8,05	345,26
	9,95	345,19
	11,85	345,60
	13,75	345,99
	14,5	346,34
	42	347,22
	64,6	347,68
	95	348,13



Nom	Station	Élévation
Xsec 19	-48	355,49
	-36	355,04
	-12	347,82
	0	346,90
	1	346,40
	3,5	345,99
	6,2	345,80
	8,9	345,72
	11,6	345,73
	14,3	346,13
	17	346,40
	18	346,90
	31	347,07
	84	355,93

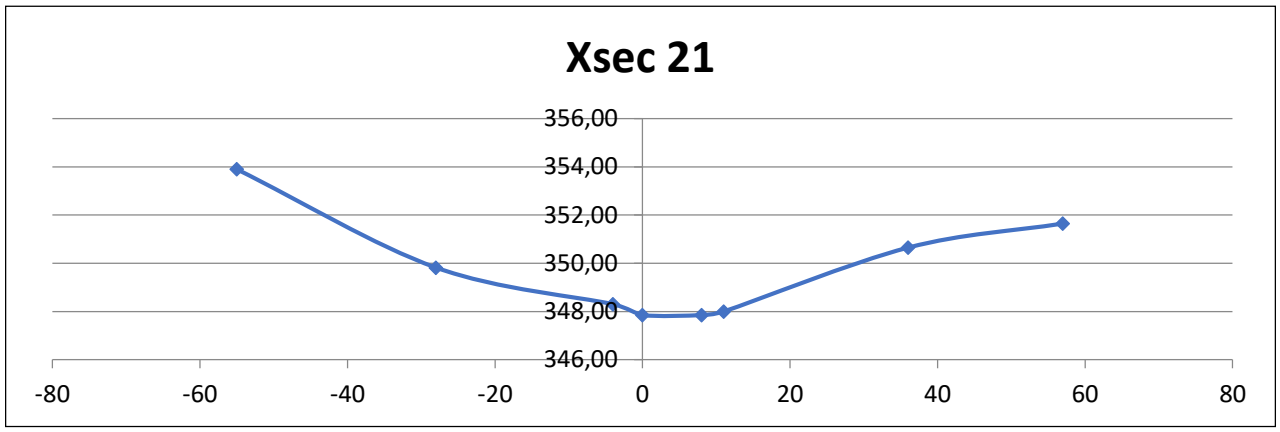


Nom	Station	Élévation
Xsec 20	-27	354,40
	-8	348,61
	-1	346,80
	0	346,79
	60	346,79
	75	348,28
	128	355,23



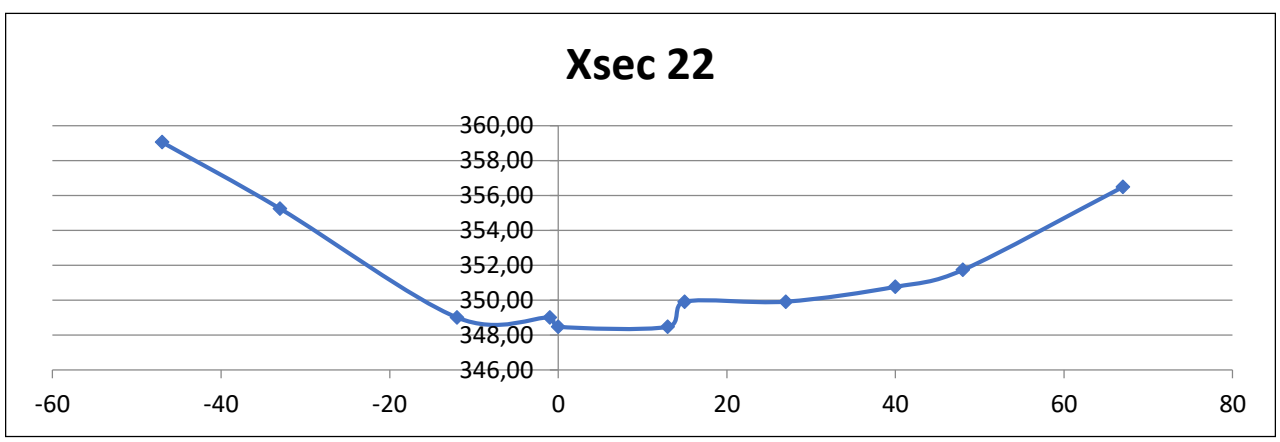
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

Nom	Station	Élévation
Xsec 21	-55	353,90
	-28	349,82
	-4	348,30
	0	347,85
	8	347,85
	11	348,00
	36	350,65
	57	351,65



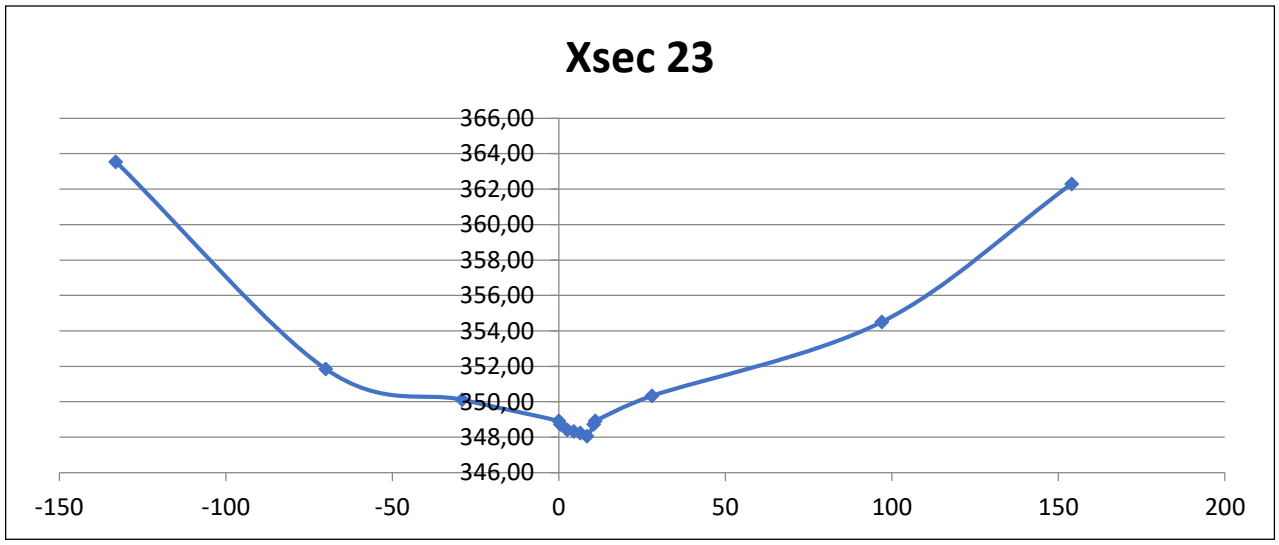
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

Nom	Station	Élévation
Xsec 22	-47	359,05
	-33	355,24
	-12	349,00
	-1	349,00
	0	348,47
	13	348,47
	15	349,91
	27	349,91
	40	350,76
	48	351,73
	67	356,49

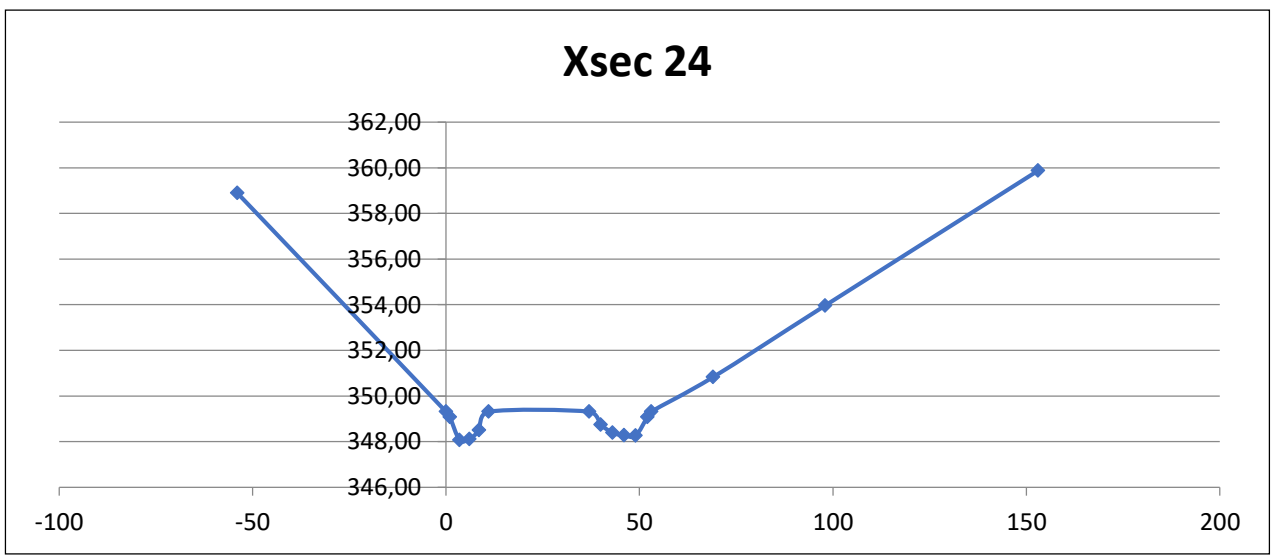


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

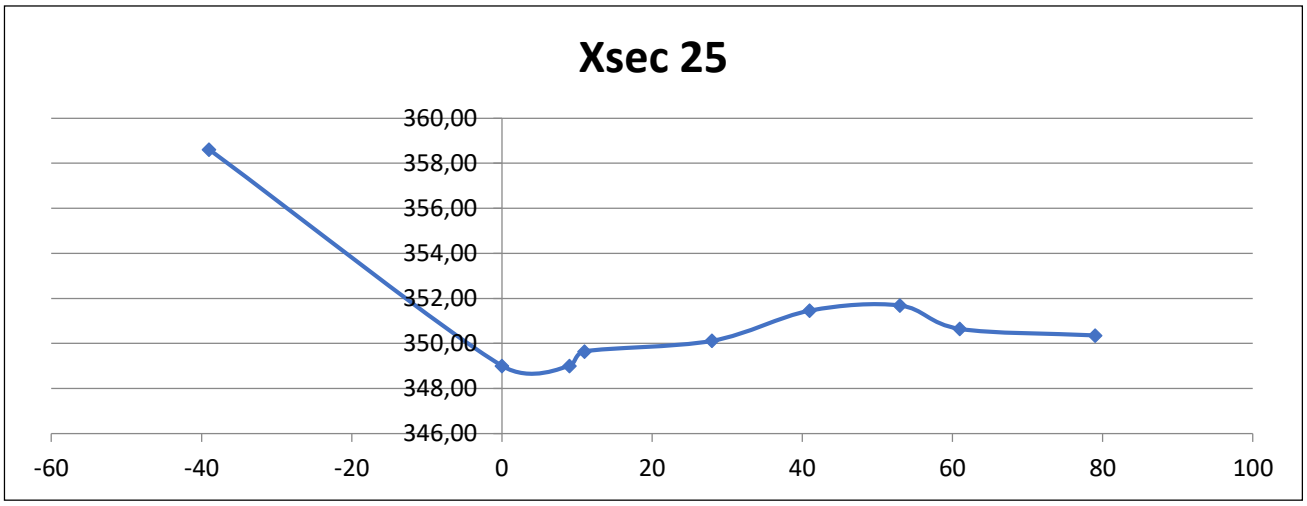
Nom	Station	Élévation
Xsec 23	-133	363,54
	-70	351,85
	-29	350,11
	0	348,91
	0,5	348,71
	2,5	348,41
	4,5	348,33
	6,5	348,23
	8,5	348,05
	10,5	348,71
	11	348,91
	28	350,33
	97	354,50
	154	362,29



Nom	Station	Élévation
Xsec 24	-54	358,91
	0	349,32
	1	349,08
	3,5	348,08
	6	348,12
	8,5	348,51
	11	349,32
	37	349,32
	40	348,75
	43	348,40
	46	348,28
	49	348,27
	52	349,08
	53	349,32
	69	350,83
	98	353,97
	153	359,88

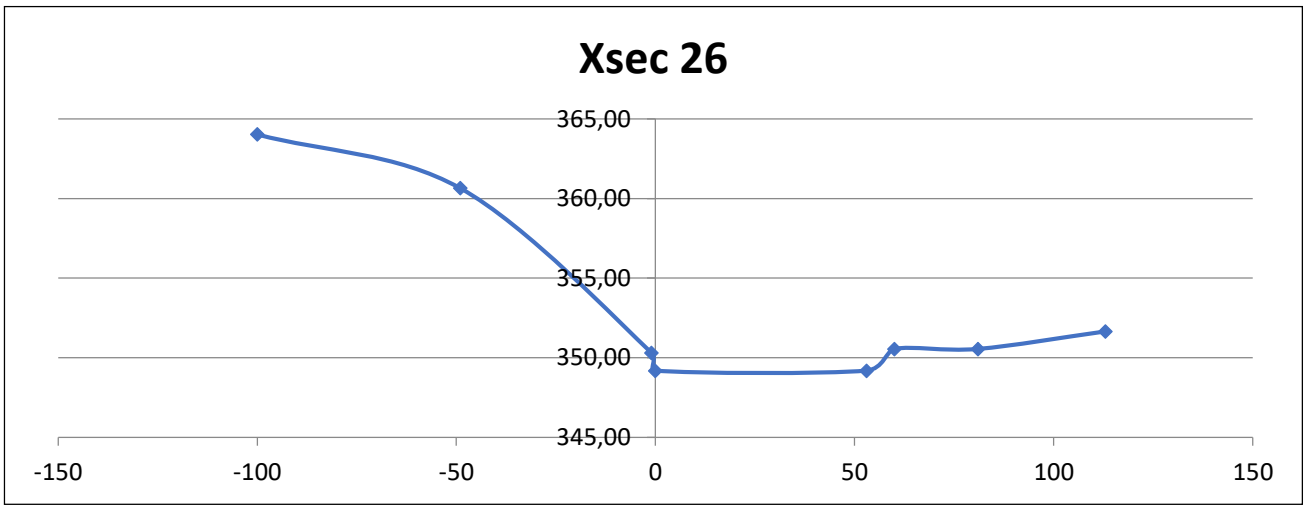


Nom	Station	Élévation
Xsec 25	-39	358,61
	0	349,00
	9	349,00
	11	349,64
	28	350,11
	41	351,45
	53	351,68
	61	350,64
	79	350,35



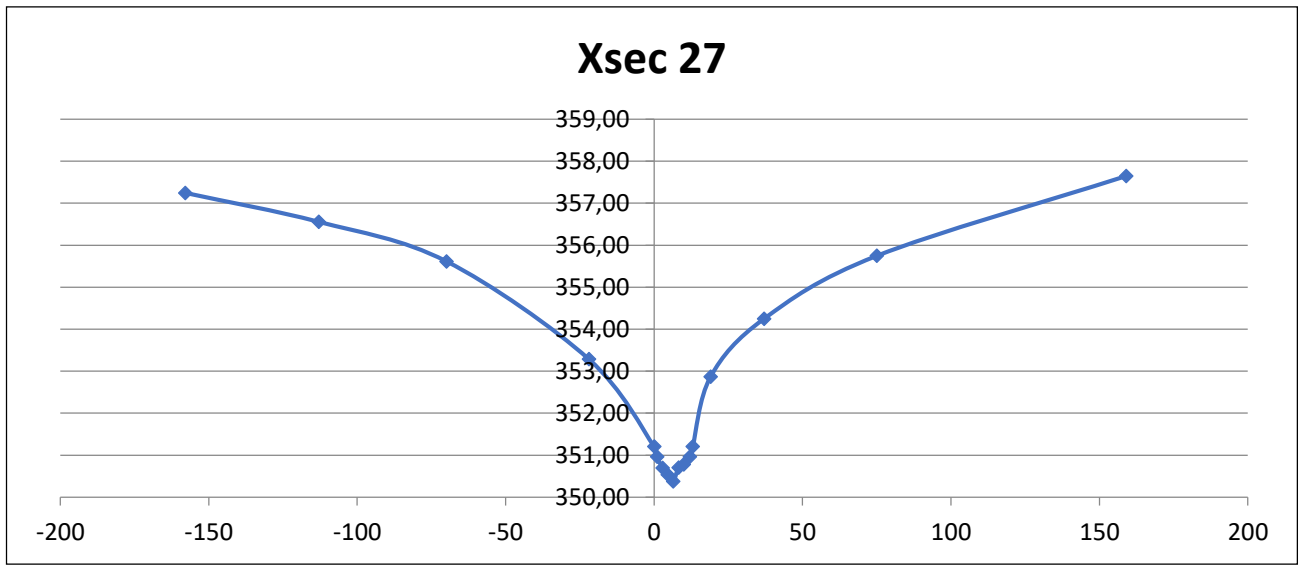
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

Nom	Station	Élévation
Xsec 26	-100	364,03
	-49	360,65
	-1	350,31
	0	349,19
	53	349,19
	60	350,55
	81	350,55
	113	351,65

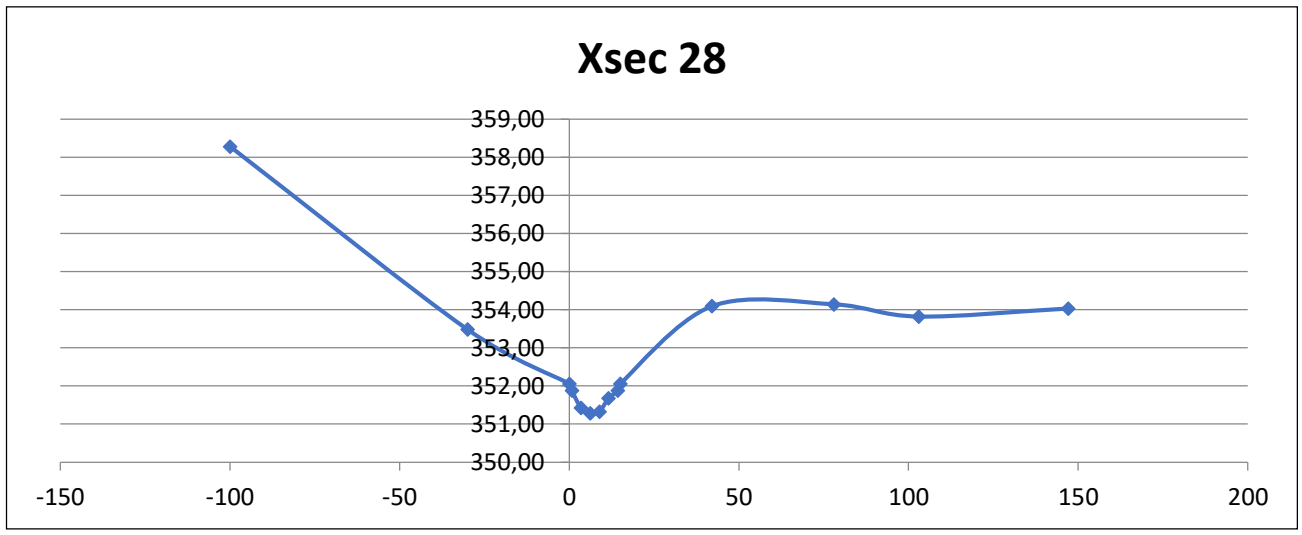


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

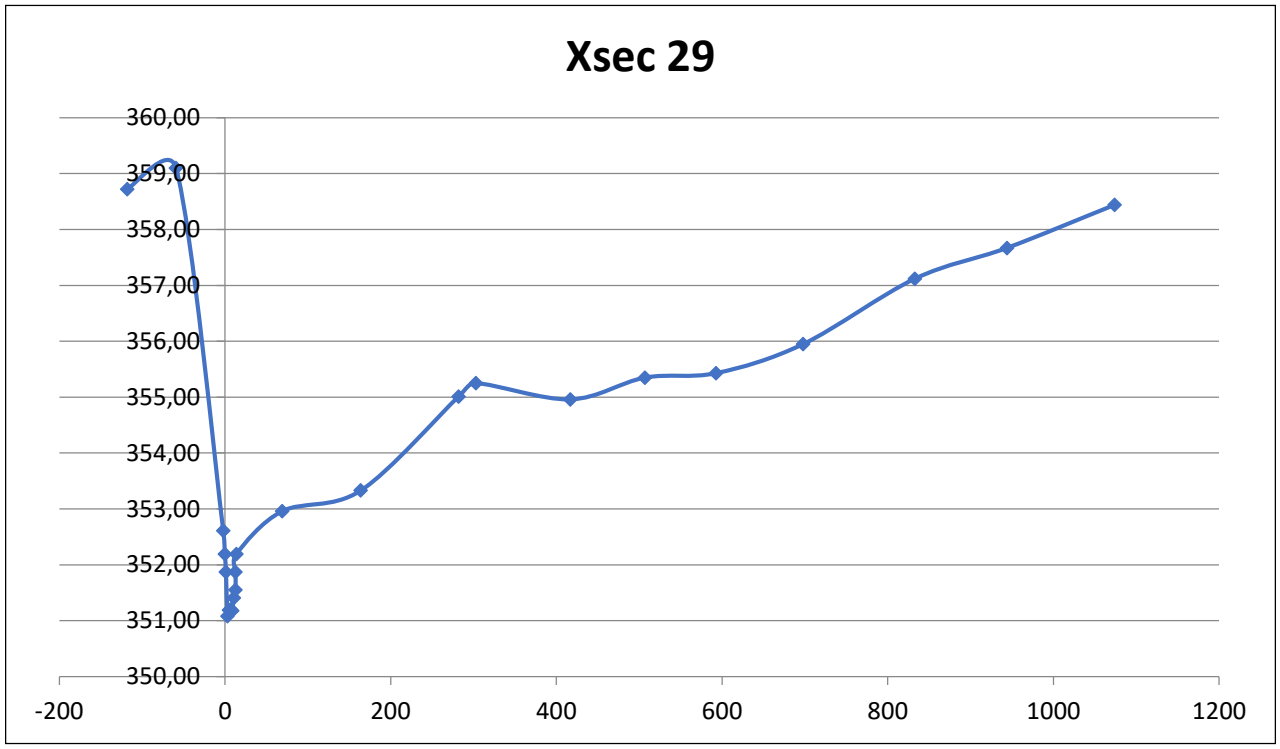
Nom	Station	Élévation
Xsec 27	-158	357,25
	-113	356,56
	-70	355,62
	-22	353,29
	0	351,21
	1	350,97
	2,8	350,70
	4,6	350,54
	6,4	350,38
	8,2	350,71
	10	350,79
	12	350,97
	13	351,21
	19	352,87
	37	354,25
	75	355,75
	159	357,65



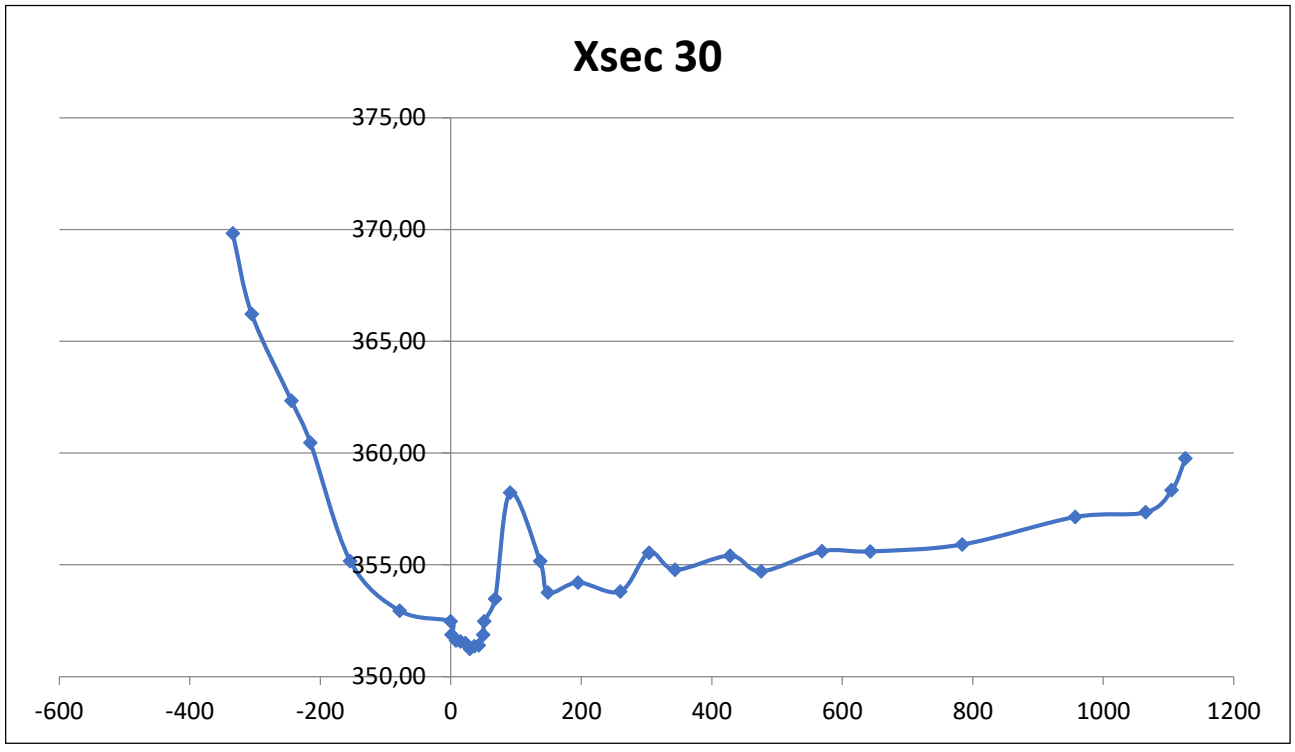
Nom	Station	Élévation
Xsec 28	-100	358,28
	-30	353,48
	0	352,05
	0,75	351,87
	3,45	351,42
	6,15	351,28
	8,85	351,32
	11,55	351,67
	14,25	351,87
	15	352,05
	42	354,09
	78	354,14
	103	353,82
	147	354,03



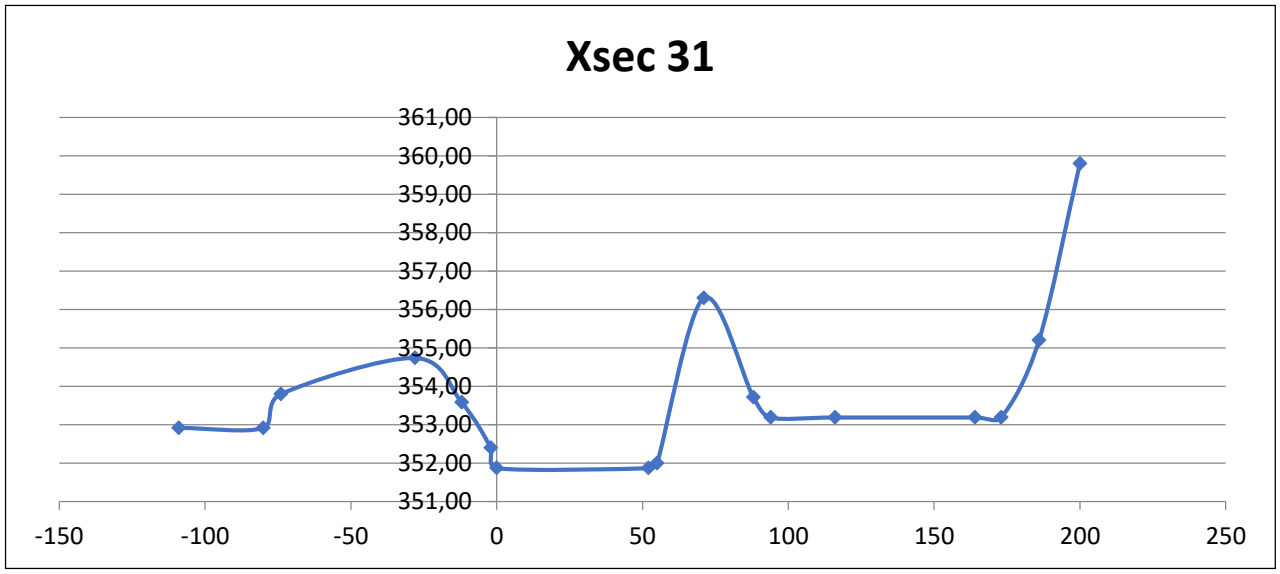
Nom	Station	Élévation
Xsec 29	-118	358,72
	-59	359,10
	-2	352,61
	0	352,20
	1,25	351,87
	3,15	351,08
	5,05	351,19
	6,95	351,20
	8,85	351,18
	10,75	351,41
	12,85	351,55
	12,85	351,87
	13,85	352,20
	69	352,96
	164	353,33
	282	355,01
	303	355,25
	417	354,96
	507	355,35
	593	355,43
	698	355,95
	833	357,12
	944	357,67
	1074	358,44



Nom	Station	Élévation
Xsec 30	-334	369,82
	-305	366,22
	-244	362,34
	-215	360,46
	-154	355,17
	-78	352,94
	0	352,47
	1,5	351,87
	8,4	351,61
	15,3	351,57
	22,2	351,50
	29,1	351,24
	36	351,35
	42,9	351,39
	50	351,87
	51,5	352,47
	68	353,48
	91	358,23
	137	355,16
	149	353,76
	195	354,21
	260	353,81
	304	355,54
	344	354,78
	428	355,41
	476	354,71
	569	355,61
	643	355,60
	784	355,91
	957	357,14
	1065	357,35
	1105	358,34
	1126	359,76

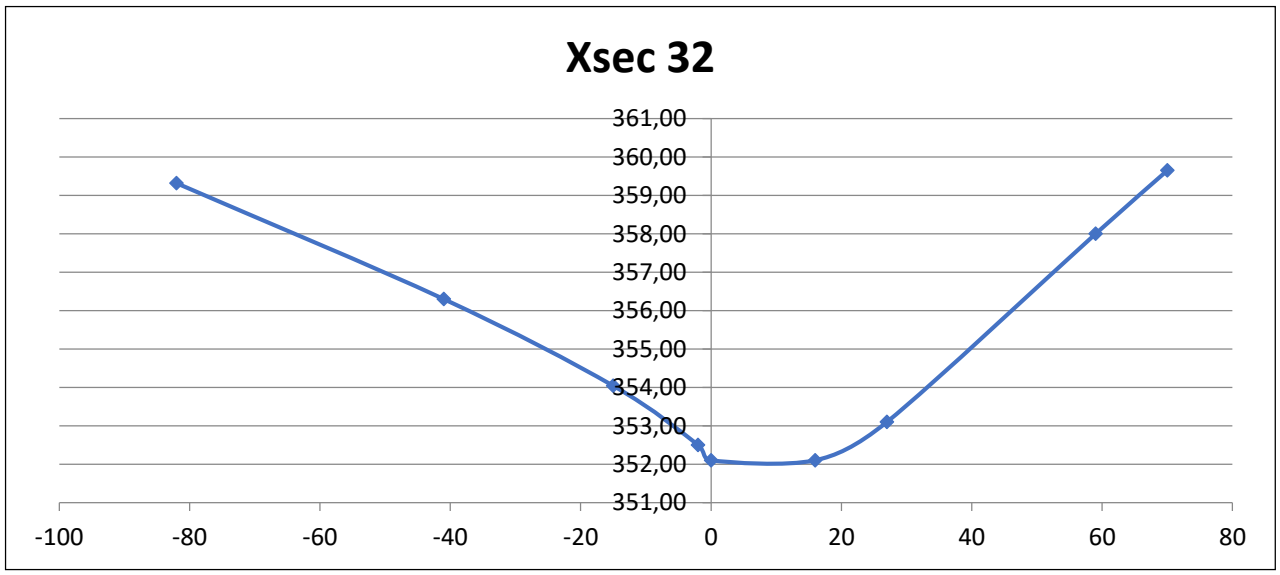


Nom	Station	Élévation
Xsec 31	-109	352,92
	-80	352,92
	-74	353,80
	-28	354,74
	-12	353,58
	-2	352,40
	0	351,87
	52	351,87
	55	352,00
	71	356,30
	88	353,72
	94	353,19
	116	353,19
	164	353,19
	173	353,19
	186	355,20
	200	359,80



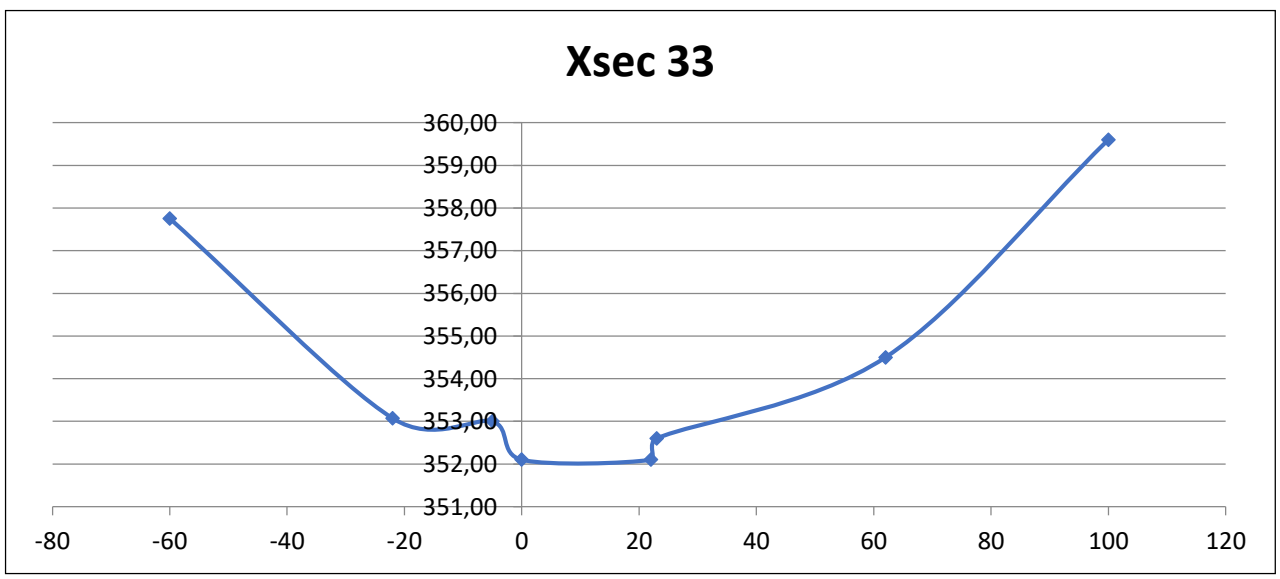
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

Nom	Station	Élévation
Xsec 32	-82	359,32
	-41	356,30
	-15	354,04
	-2	352,50
	0	352,10
	16	352,10
	27	353,10
	59	358,00
	70	359,65



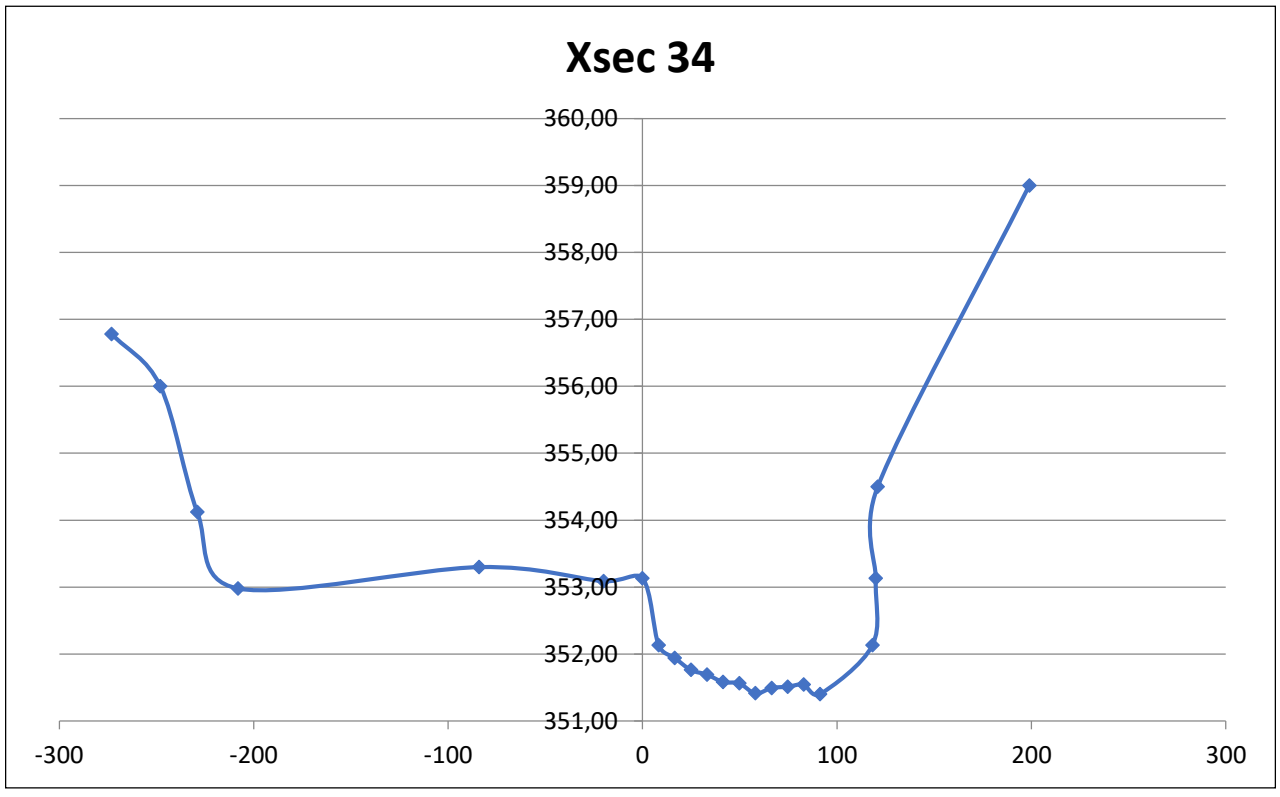
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

Nom	Station	Élévation
Xsec 33	-60	357,75
	-22	353,07
	-5	353,00
	0	352,10
	22	352,10
	23	352,60
	62	354,50
	100	359,60

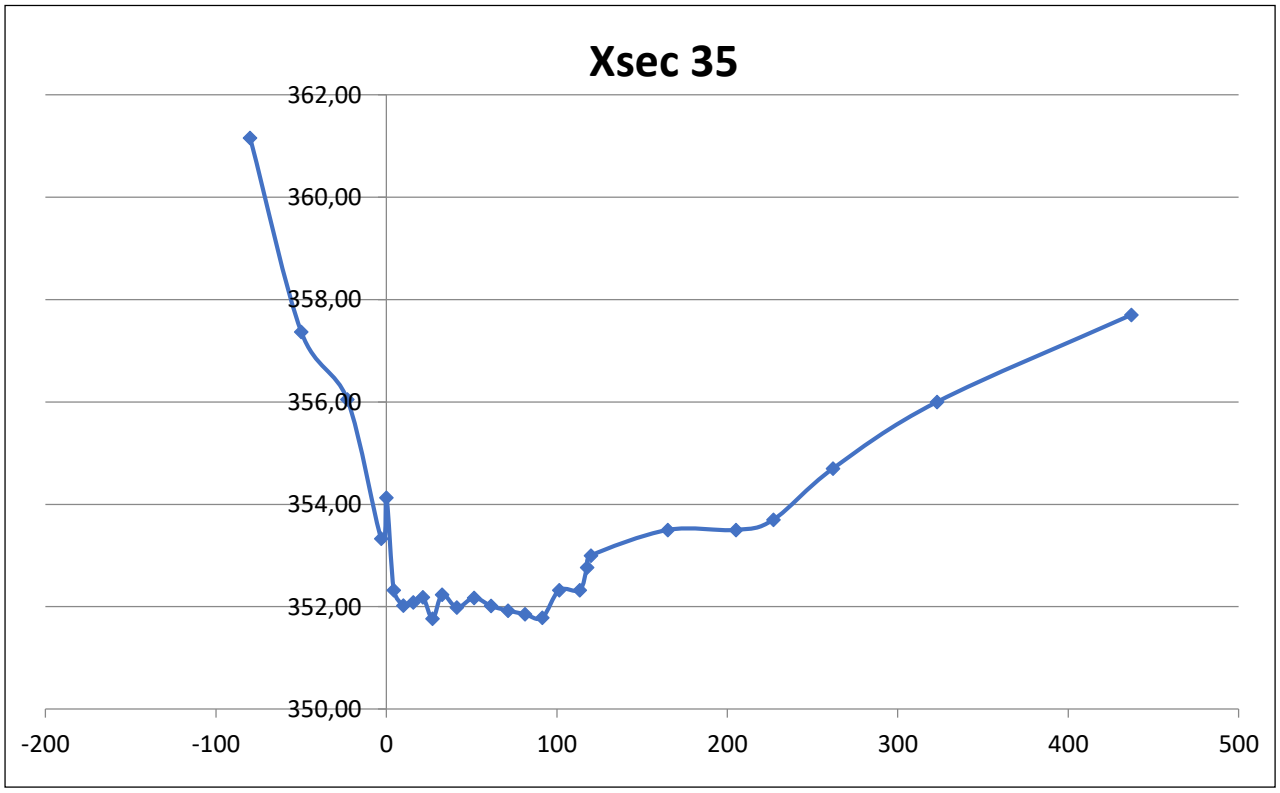


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

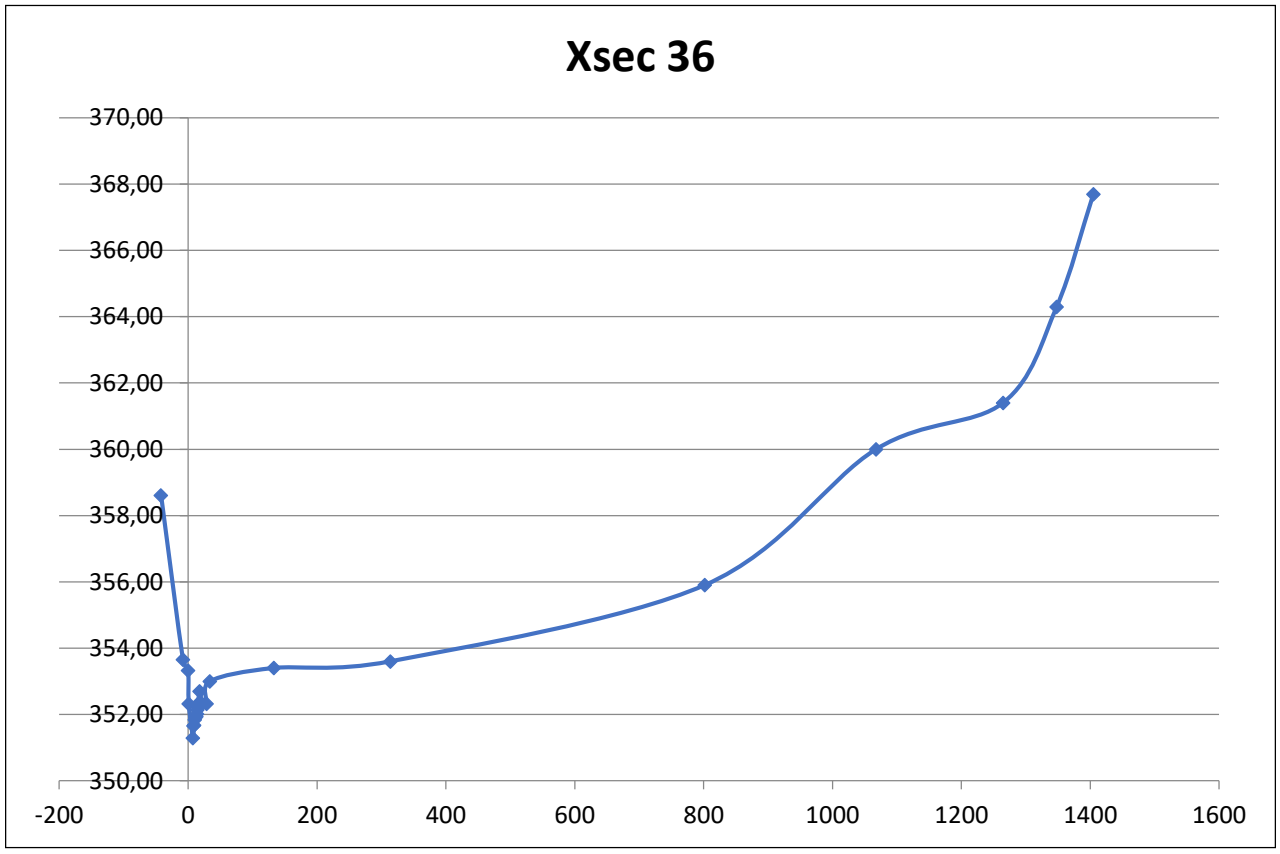
Nom	Station	Élévation
Xsec 34	-273	356,78
	-248	356,00
	-229	354,12
	-208	352,98
	-84	353,30
	-20	353,09
	0	353,13
	8,3	352,13
	16,6	351,94
	24,9	351,76
	33,2	351,69
	41,5	351,58
	49,8	351,56
	58,1	351,41
	66,4	351,49
	74,7	351,51
	83	351,54
	91,3	351,40
	118,3	352,13
	120	353,13
	121	354,50
	199	359,00



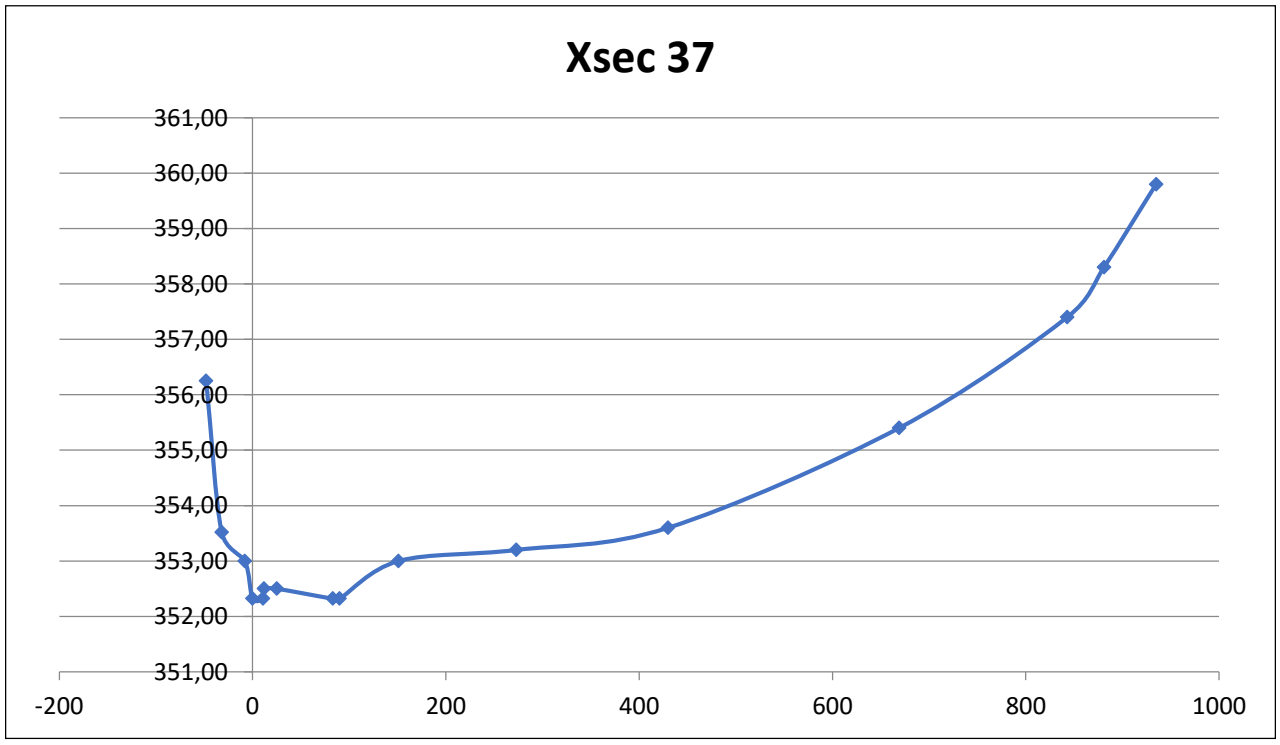
Nom	Station	Élévation
Xsec 35	-80	361,16
	-50	357,37
	-23	356,05
	-3	353,33
	0	354,13
	4,3	352,32
	10	352,02
	15,7	352,08
	21,4	352,18
	27,1	351,76
	32,7	352,24
	41,37	351,98
	51,37	352,17
	61,37	352,01
	71,37	351,92
	81,37	351,85
	91,37	351,78
	101,37	352,32
	113,37	352,32
	117,67	352,76
	120	353,00
	165	353,50
	205	353,50
	227	353,70
	262	354,70
	323	356,00
	437	357,70



Nom	Station	Élévation
Xsec 36	-42	358,61
	-8	353,65
	0	353,32
	1	352,32
	7,67	351,28
	8,67	351,65
	9,67	351,67
	10,67	351,83
	11,67	351,90
	12,67	351,93
	13,67	352,01
	14,47	352,13
	15,47	352,22
	15,47	352,32
	18	352,70
	22	352,32
	29	352,32
	34	353,00
	133	353,40
	314	353,60
	802	355,90
	1068	360,00
	1265	361,40
	1348	364,29
	1405	367,69

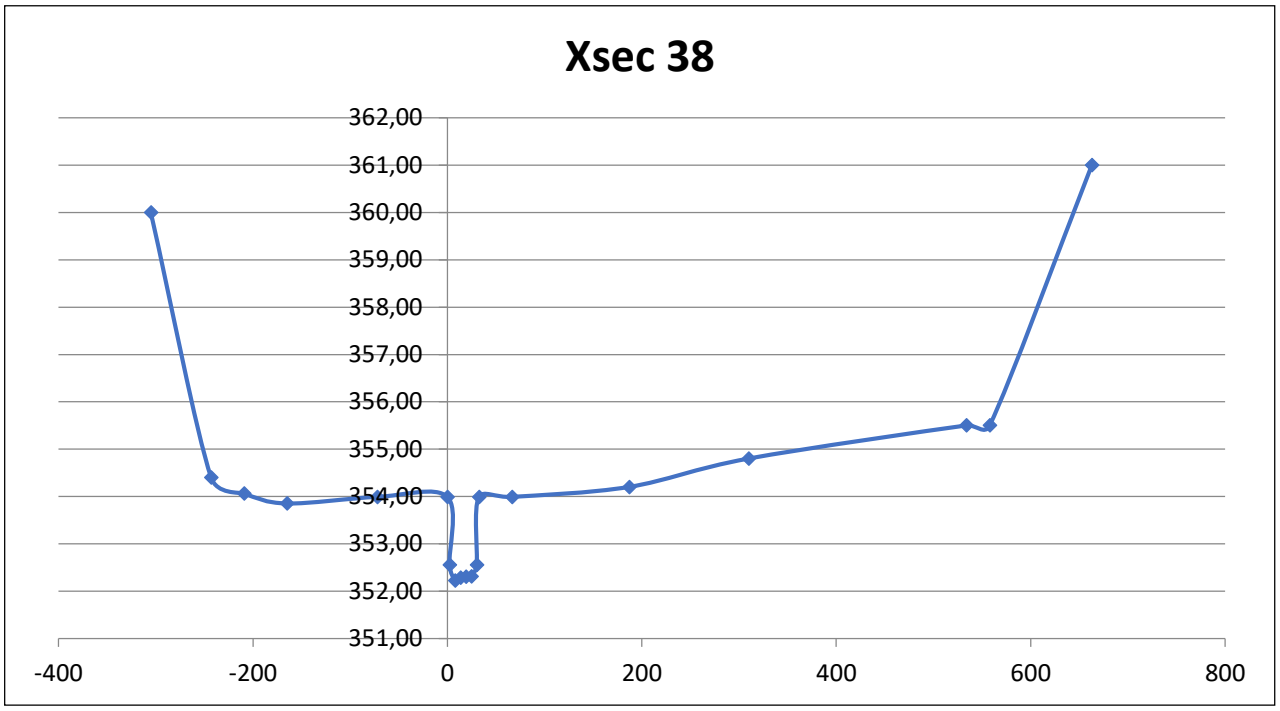


Nom	Station	Élévation
Xsec 37	-48	356,25
	-32	353,52
	-8	353,00
	0	352,32
	11	352,32
	12	352,50
	25	352,50
	83	352,32
	90	352,32
	151	353,00
	273	353,20
	430	353,60
	669	355,40
	843	357,40
	881	358,30
	935	359,80

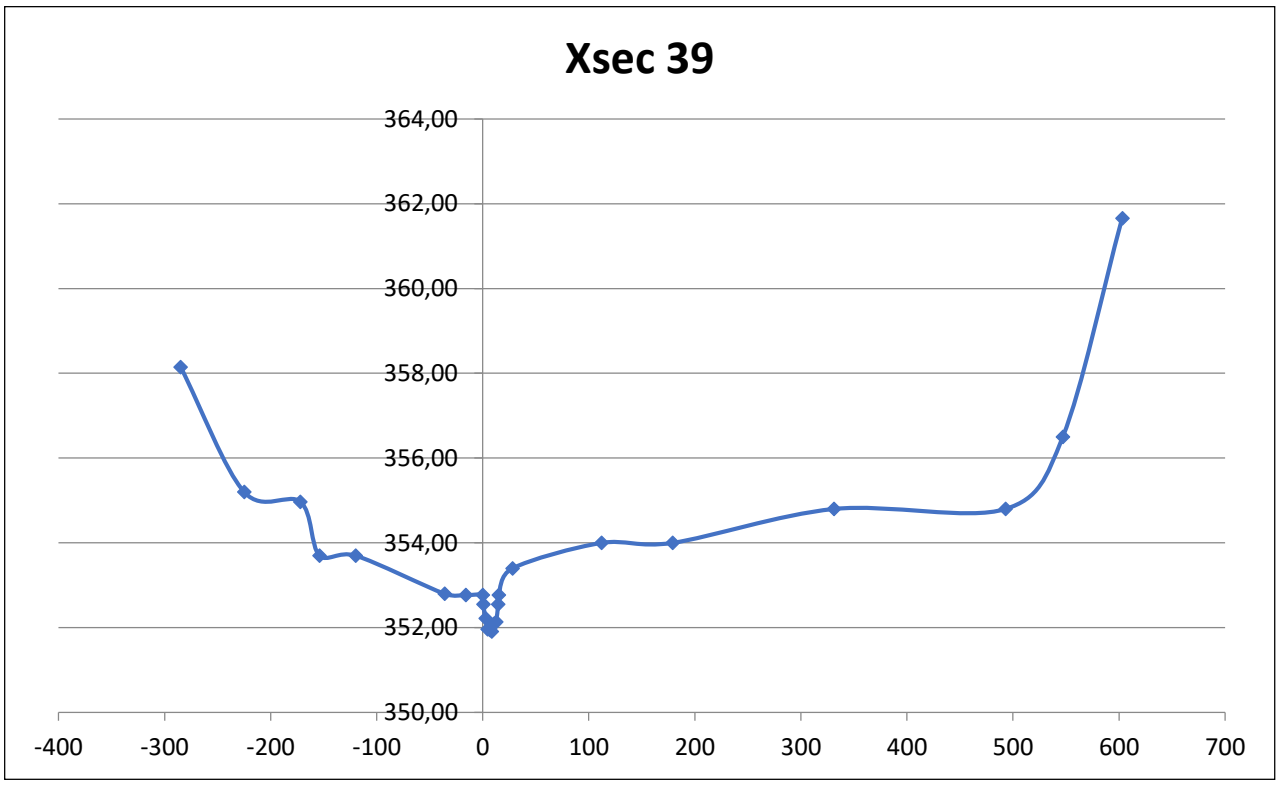


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

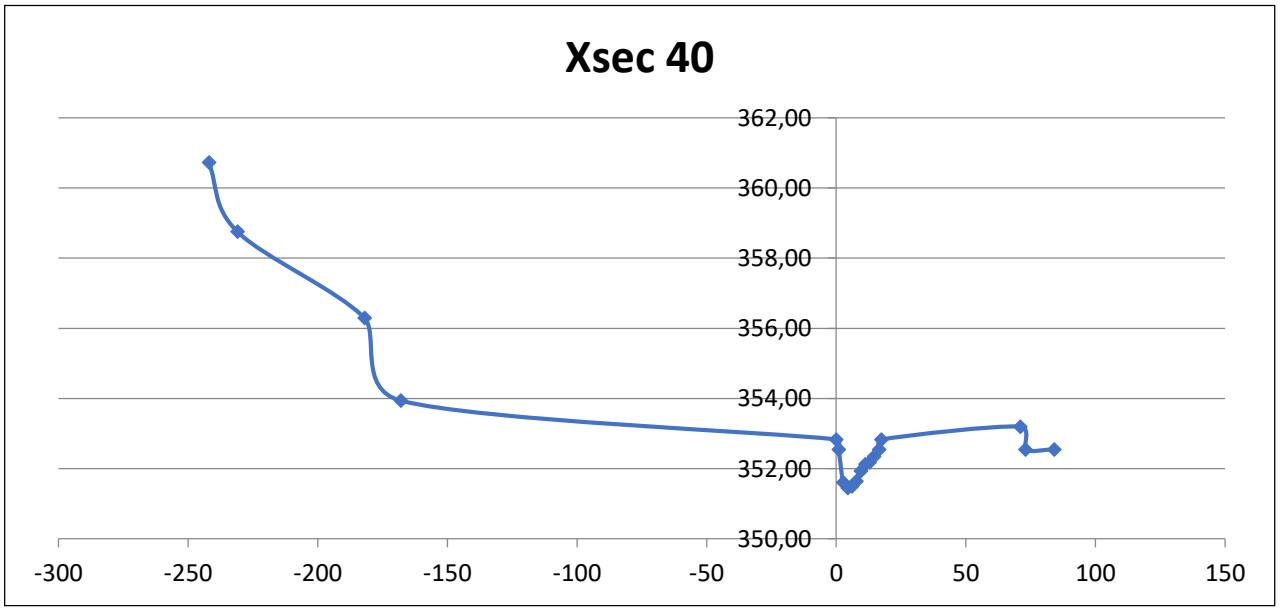
Nom	Station	Élévation
Xsec 38	-305	360,00
	-243	354,40
	-209	354,06
	-165	353,85
	-72	353,99
	0	353,99
	2,25	352,55
	7,85	352,22
	13,45	352,28
	19,05	352,30
	24,65	352,31
	30,25	352,55
	32,5	353,99
	66,6	353,99
	187	354,20
	310	354,80
	534	355,50
	558	355,50
	663	361,00



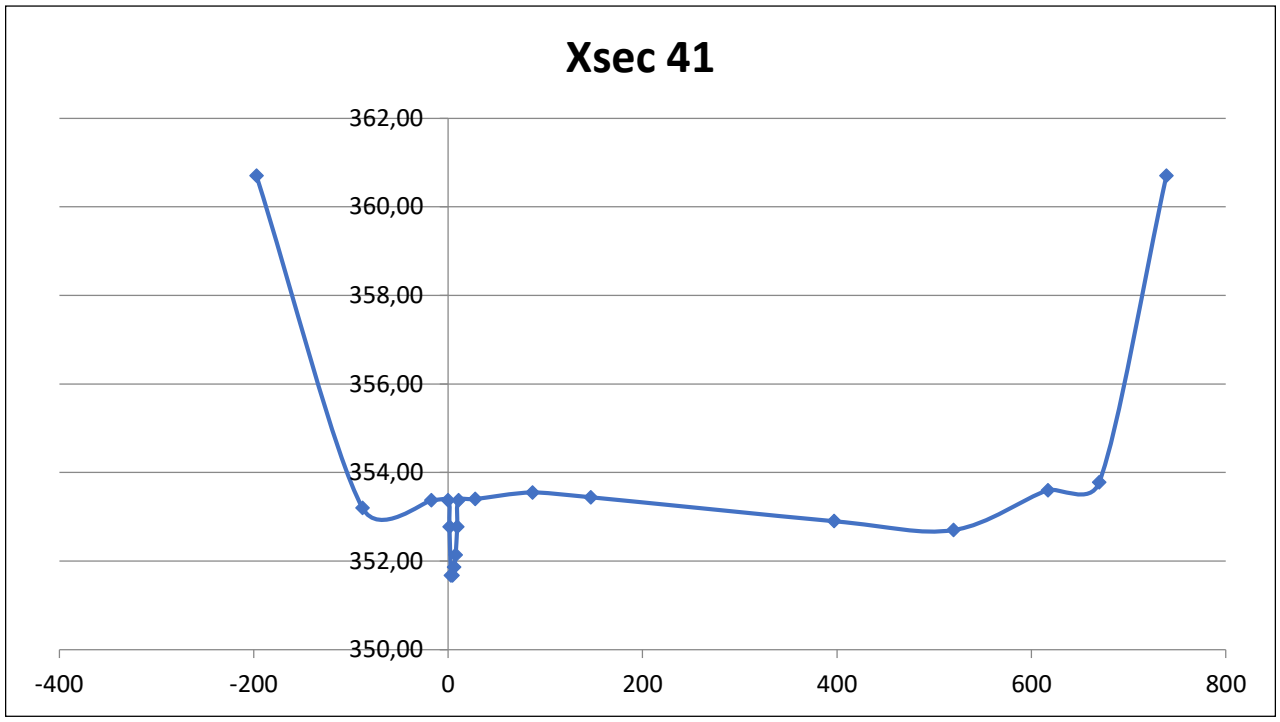
Nom	Station	Élévation
Xsec 39	-285	358,15
	-225	355,20
	-172	354,97
	-154	353,70
	-120	353,70
	-36	352,80
	-16	352,77
	0	352,77
	0,5	352,55
	2,5	352,22
	4,5	351,96
	6,5	351,95
	8,5	351,91
	10,5	352,09
	12,5	352,14
	14,5	352,55
	15	352,77
	28	353,40
	112	354,00
	179	354,00
	331	354,80
	493	354,80
	547	356,50
	603	361,66



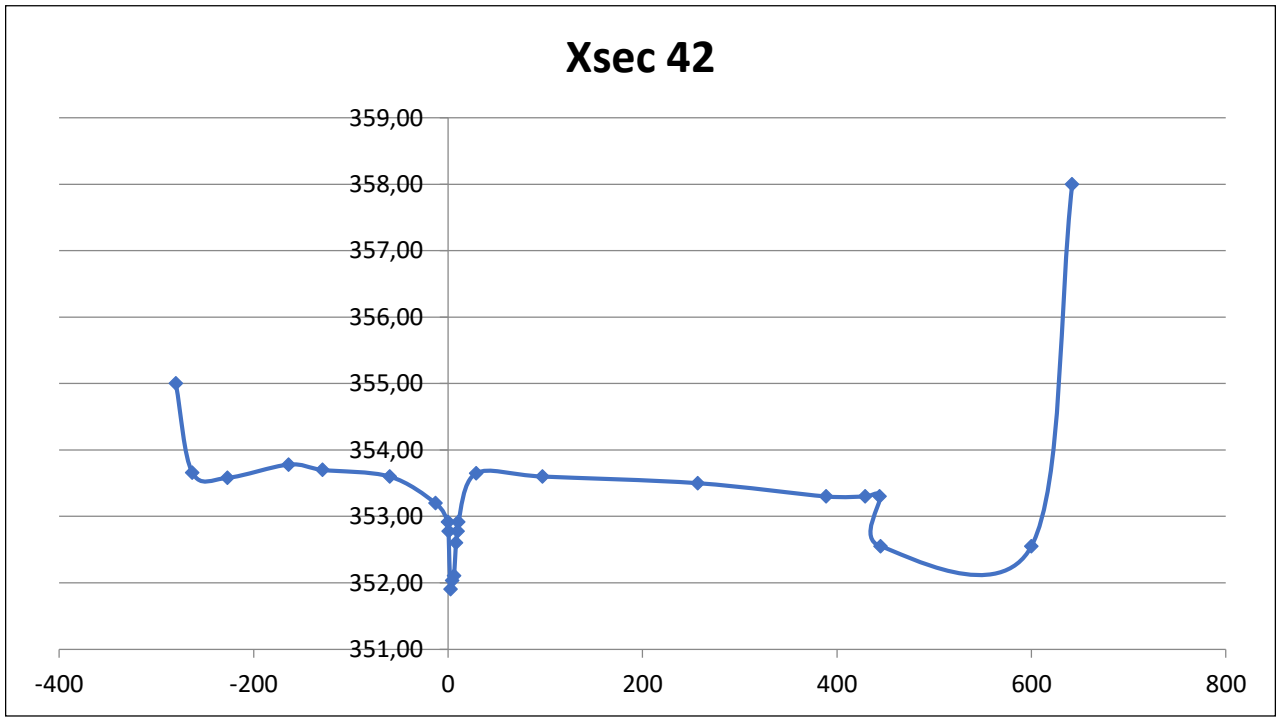
Nom	Station	Élévation
Xsec 40	-242	360,73
	-231	358,76
	-182	356,30
	-168	353,94
	0	352,83
	0,95	352,55
	2,65	351,61
	4,35	351,45
	6,05	351,50
	7,75	351,65
	9,45	351,94
	11,15	352,13
	12,85	352,18
	14,55	352,35
	16,45	352,55
	17,4	352,83
	71	353,20
	73	352,55
	84	352,55



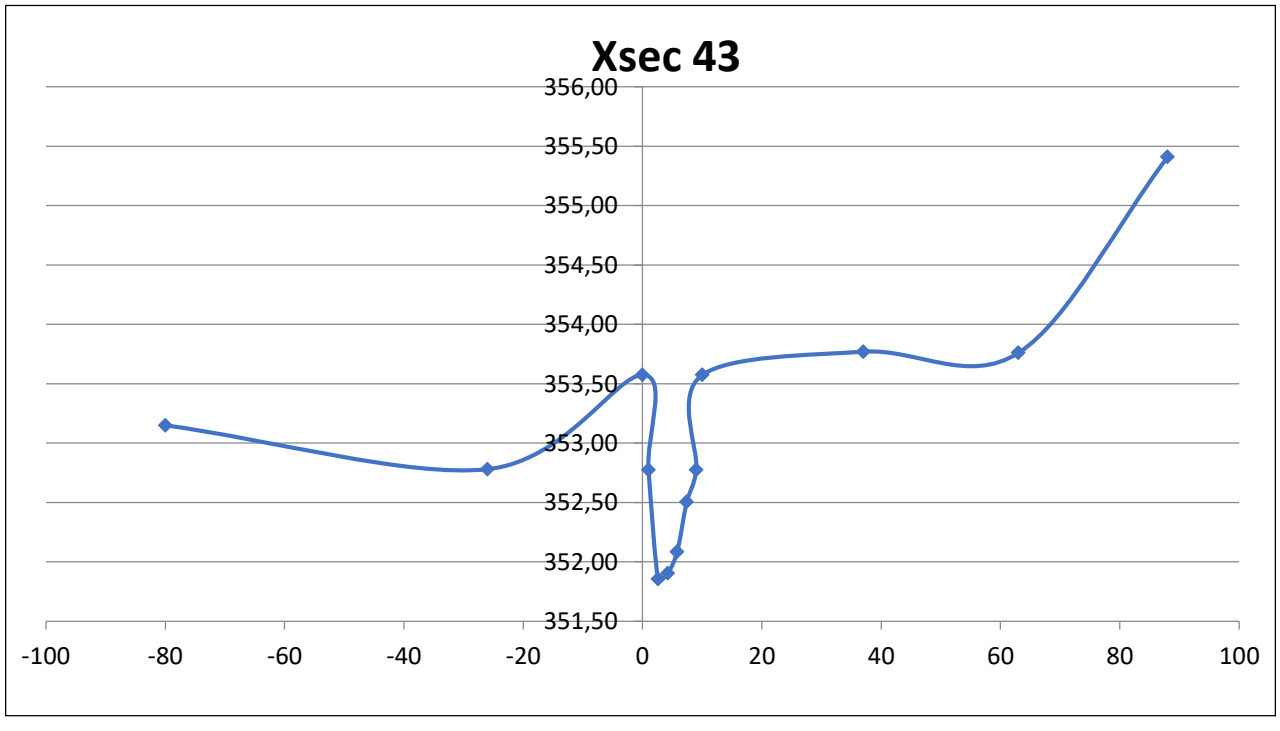
Nom	Station	Élévation
Xsec 41	-197	360,70
	-88	353,20
	-17	353,37
	0	353,37
	1,5	352,77
	3,1	351,67
	4,7	351,67
	6,3	351,86
	7,9	352,13
	9,5	352,77
	11	353,37
	28	353,40
	87	353,55
	147	353,44
	397	352,90
	520	352,70
	617	353,60
	670	353,78
	739	360,70



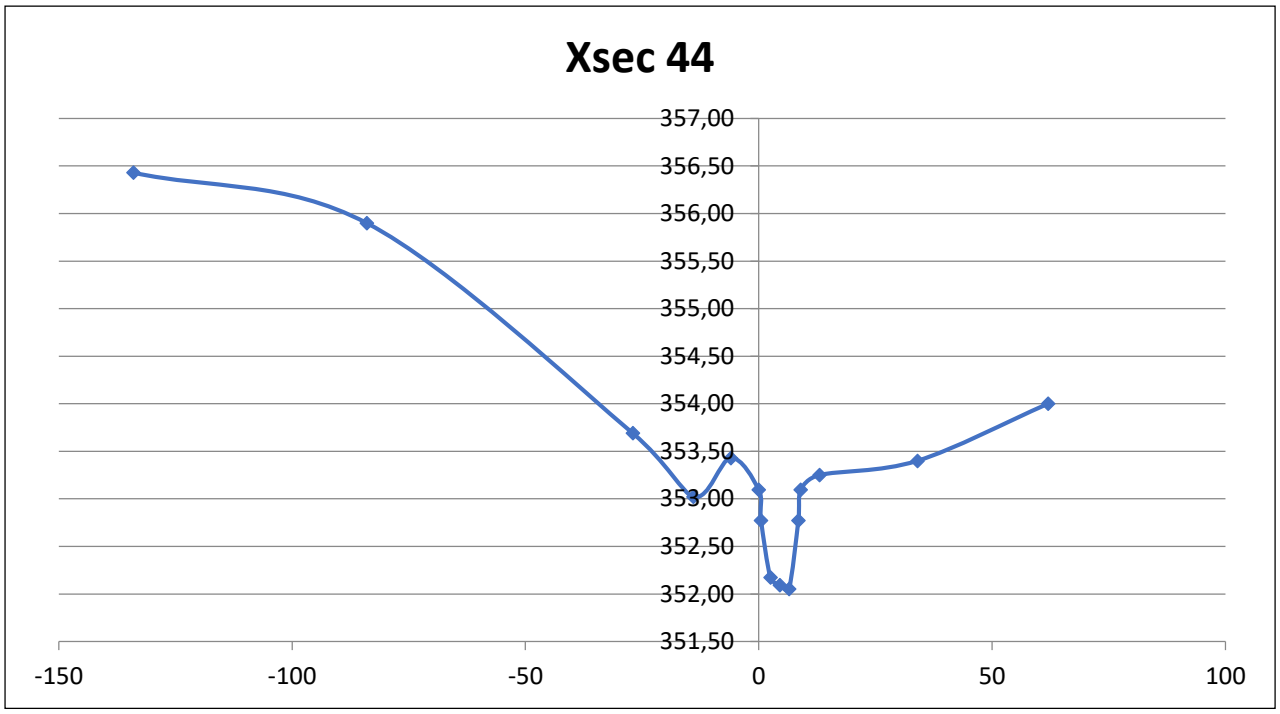
Nom	Station	Élévation
Xsec 42	-280	355,00
	-263	353,66
	-227	353,58
	-164	353,78
	-129	353,70
	-60	353,60
	-13	353,20
	0	352,92
	0,55	352,77
	2,45	351,90
	4,35	352,03
	6,25	352,10
	8,15	352,60
	9,95	352,77
	10,5	352,92
	29	353,65
	97	353,60
	257	353,50
	389	353,30
	429	353,30
	444	353,30
	445	352,55
	600	352,55
	642	358,00



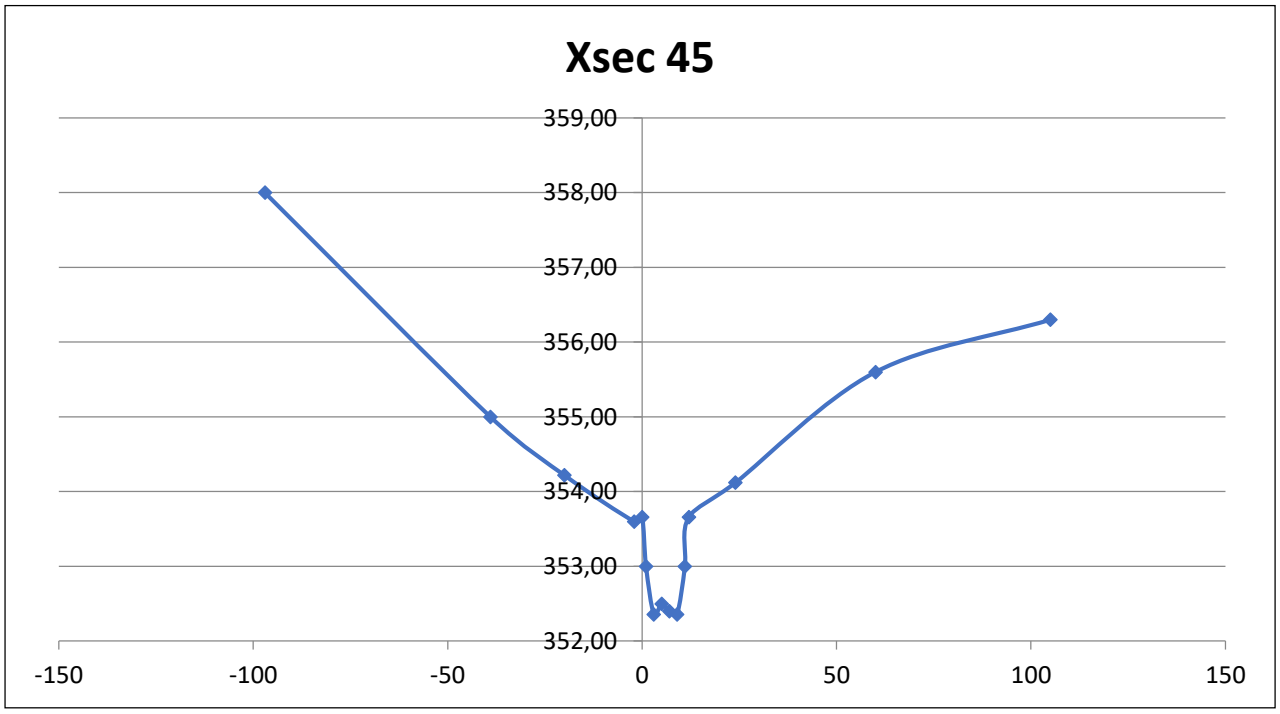
Nom	Station	Élévation
Xsec 43	-80	353,15
	-26	352,78
	0	353,57
	1	352,77
	2,6	351,85
	4,2	351,90
	5,8	352,08
	7,4	352,50
	9	352,77
	10	353,57
	37	353,77
	63	353,76
	88	355,41



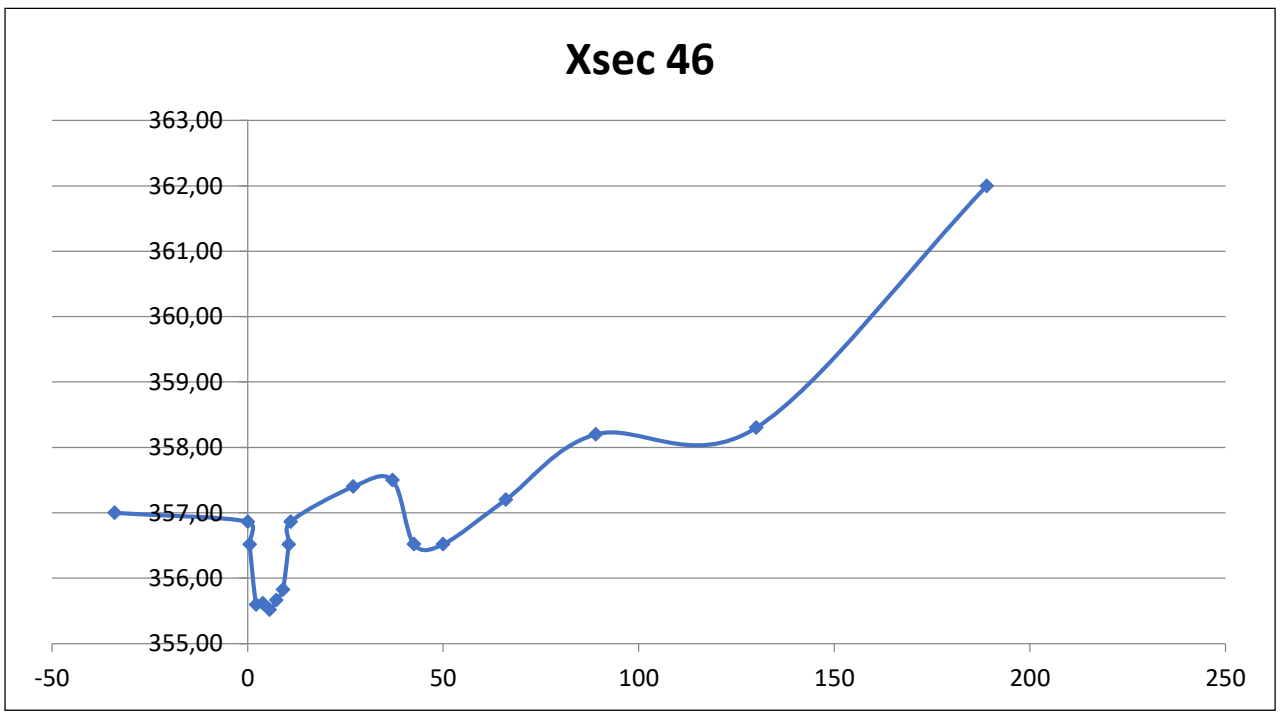
Nom	Station	Élévation
Xsec 44	-134	356,43
	-84	355,90
	-27	353,69
	-14	353,02
	-6	353,43
	0	353,09
	0,5	352,77
	2,5	352,17
	4,5	352,09
	6,5	352,05
	8,5	352,77
	9	353,09
	13	353,25
	34	353,40
	62	354,00



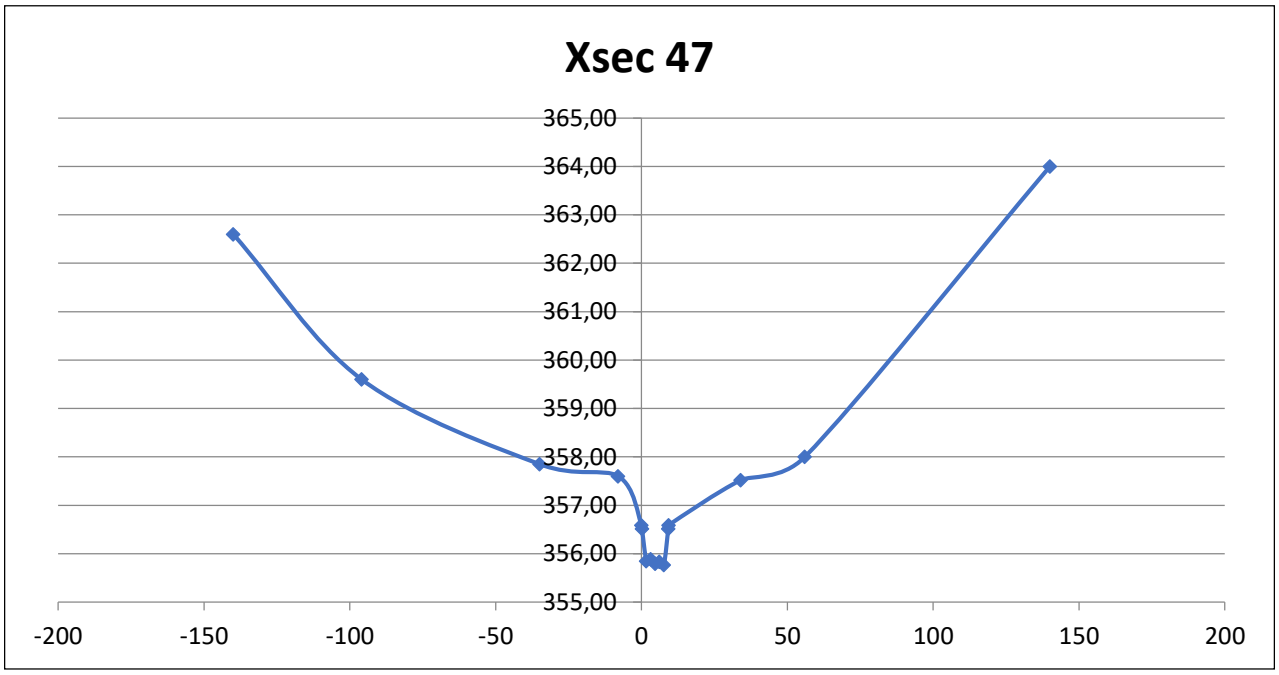
Nom	Station	Élévation
Xsec 45	-97	358,00
	-39	355,00
	-20	354,22
	-2	353,60
	0	353,66
	1	353,00
	3	352,36
	5	352,50
	7	352,40
	9	352,36
	11	353,00
	12	353,66
	24	354,12
	60	355,60
	105	356,30



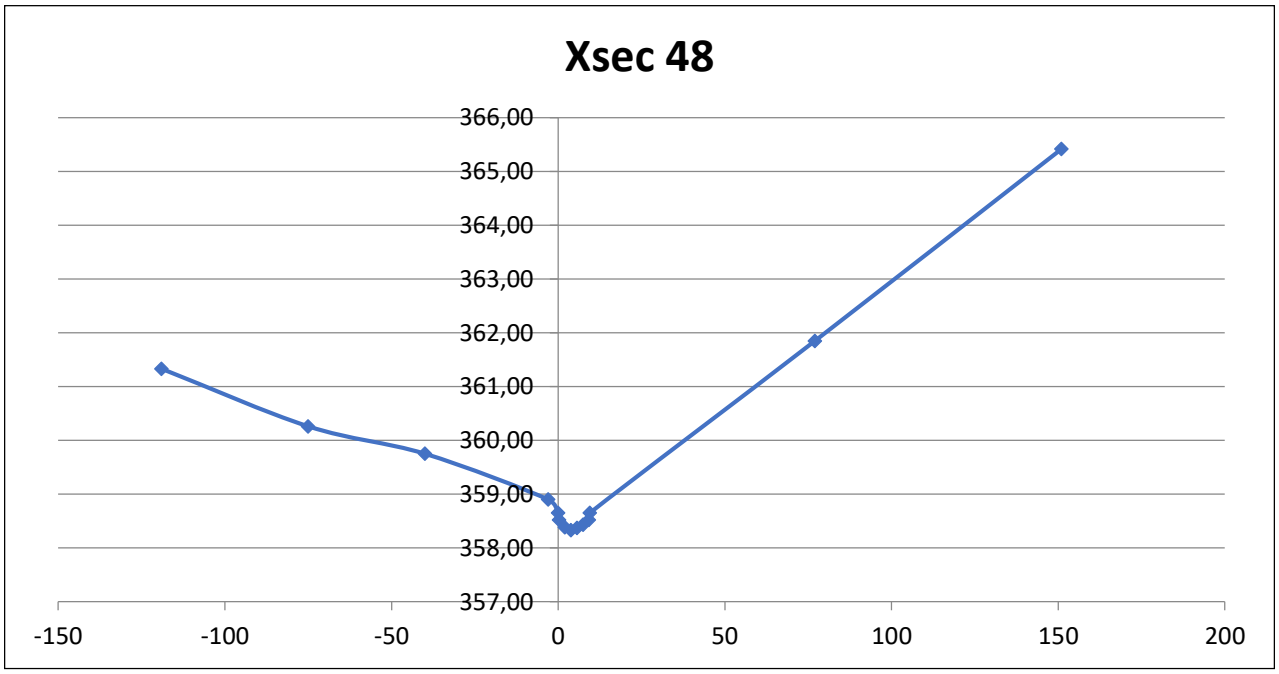
Nom	Station	Élévation
Xsec 46	-34	357,00
	0	356,87
	0,5	356,52
	2,2	355,60
	3,9	355,62
	5,6	355,52
	7,3	355,67
	9	355,83
	10,5	356,52
	11	356,87
	27	357,40
	37	357,50
	42,5	356,52
	50	356,52
	66	357,20
	89	358,20
	130	358,30
	189	362,00



Nom	Station	Élévation
Xsec 47	-140	362,60
	-96	359,60
	-35	357,85
	-8	357,60
	0	356,59
	0,15	356,52
	1,65	355,85
	3,15	355,89
	4,65	355,80
	6,15	355,84
	7,65	355,77
	9,15	356,52
	9,3	356,59
	34	357,52
	56	358,00
	140	364,00



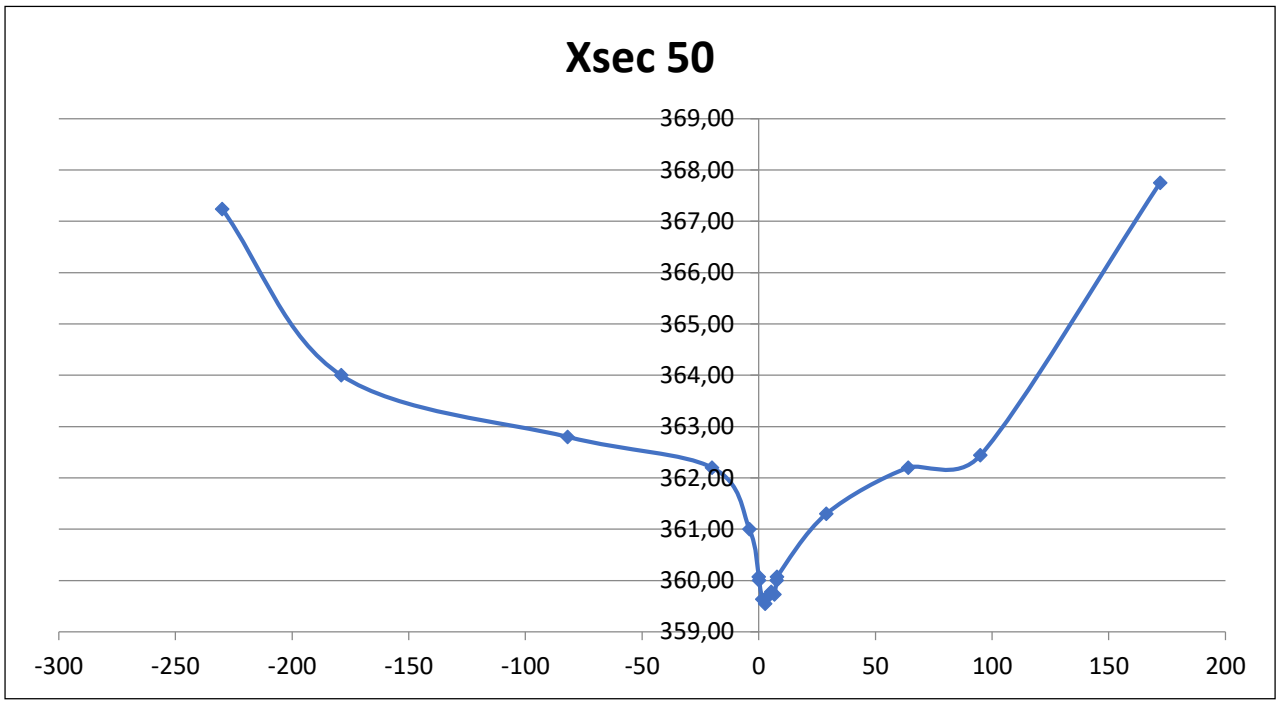
Nom	Station	Élévation
Xsec 48	-119	361,33
	-75	360,26
	-40	359,75
	-3	358,90
	0	358,65
	0,25	358,52
	2,05	358,38
	3,85	358,33
	5,65	358,37
	7,45	358,43
	9,25	358,52
	9,5	358,65
	77	361,85
	151	365,42



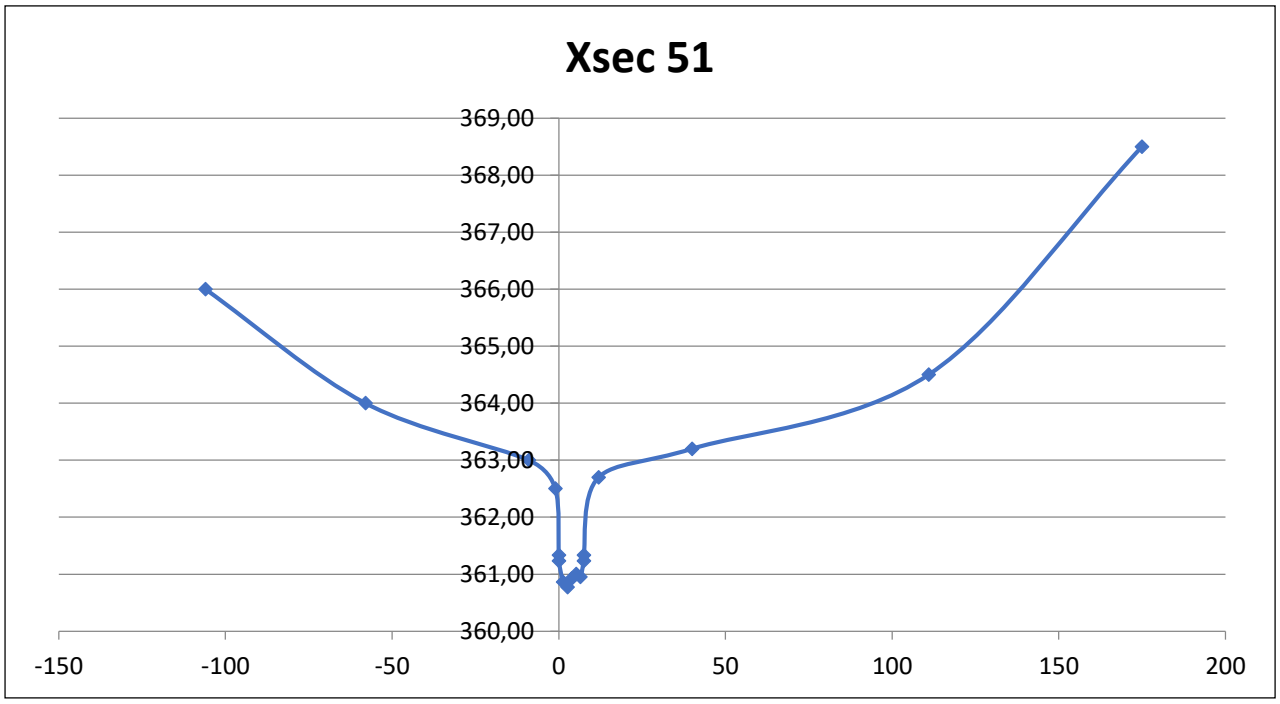
Nom	Station	Élévation
Xsec 49	-110	362,94
	-93	361,13
	-24	360,00
	-3	359,70
	0	359,40
	0,5	359,18
	2,1	359,18
	3,7	358,87
	5,3	358,80
	6,9	358,88
	8,5	358,87
	8,5	359,18
	9	359,40
	27	360,10
	76	360,80
	124	361,60
	193	364,80



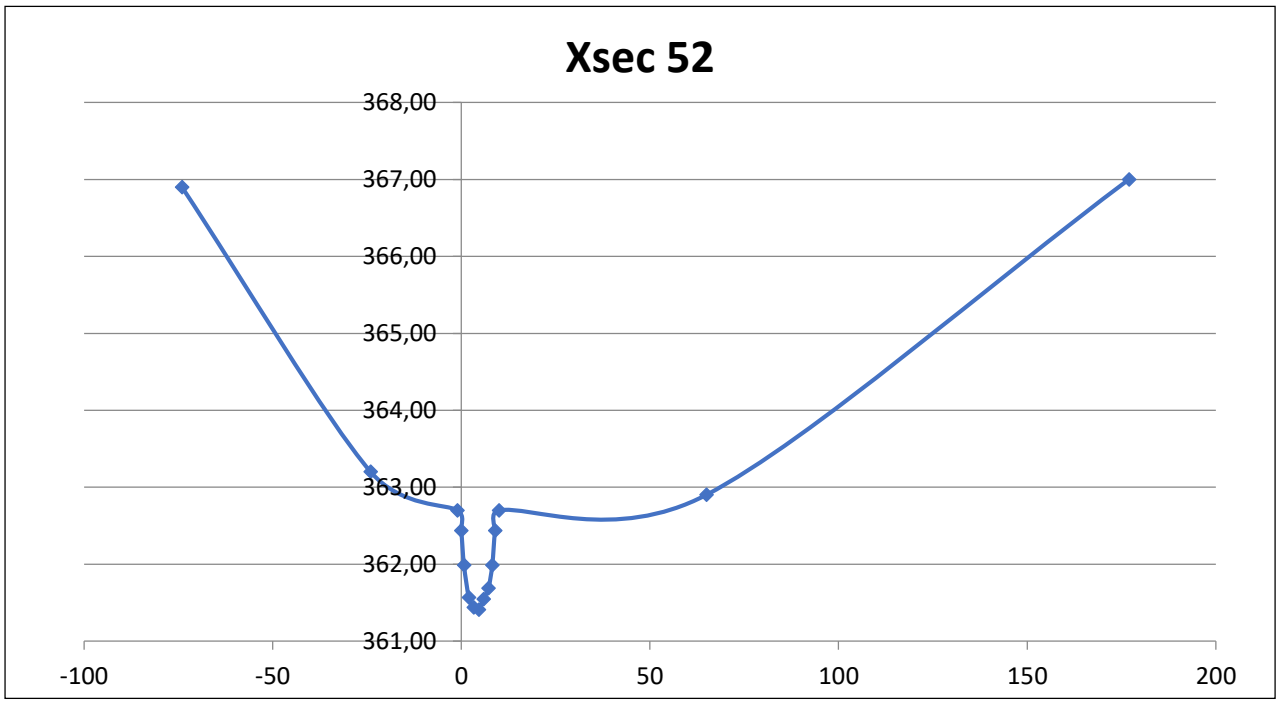
Nom	Station	Élévation
Xsec 50	-230	367,24
	-179	364,00
	-82	362,80
	-20	362,20
	-4	361,00
	0	360,08
	0,15	360,01
	1,45	359,64
	2,75	359,55
	4,05	359,70
	5,35	359,78
	6,65	359,73
	7,65	360,01
	7,8	360,08
	29	361,30
	64	362,20
	95	362,44
	172	367,75



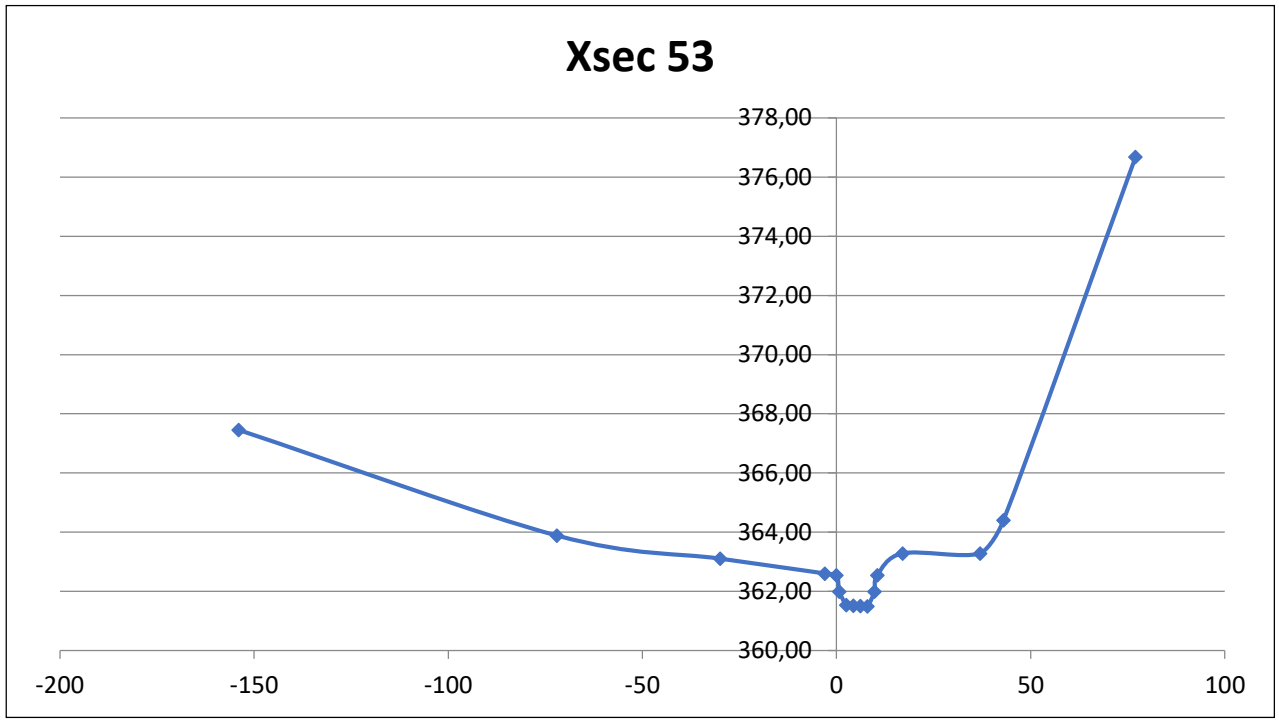
Nom	Station	Élévation
Xsec 51	-106	366,00
	-58	364,00
	-9	363,00
	-1	362,50
	0	361,33
	0,01	361,23
	1,31	360,86
	2,61	360,77
	3,91	360,92
	5,21	361,00
	6,51	360,95
	7,51	361,23
	7,52	361,33
	12	362,70
	40	363,20
	111	364,50
	175	368,50



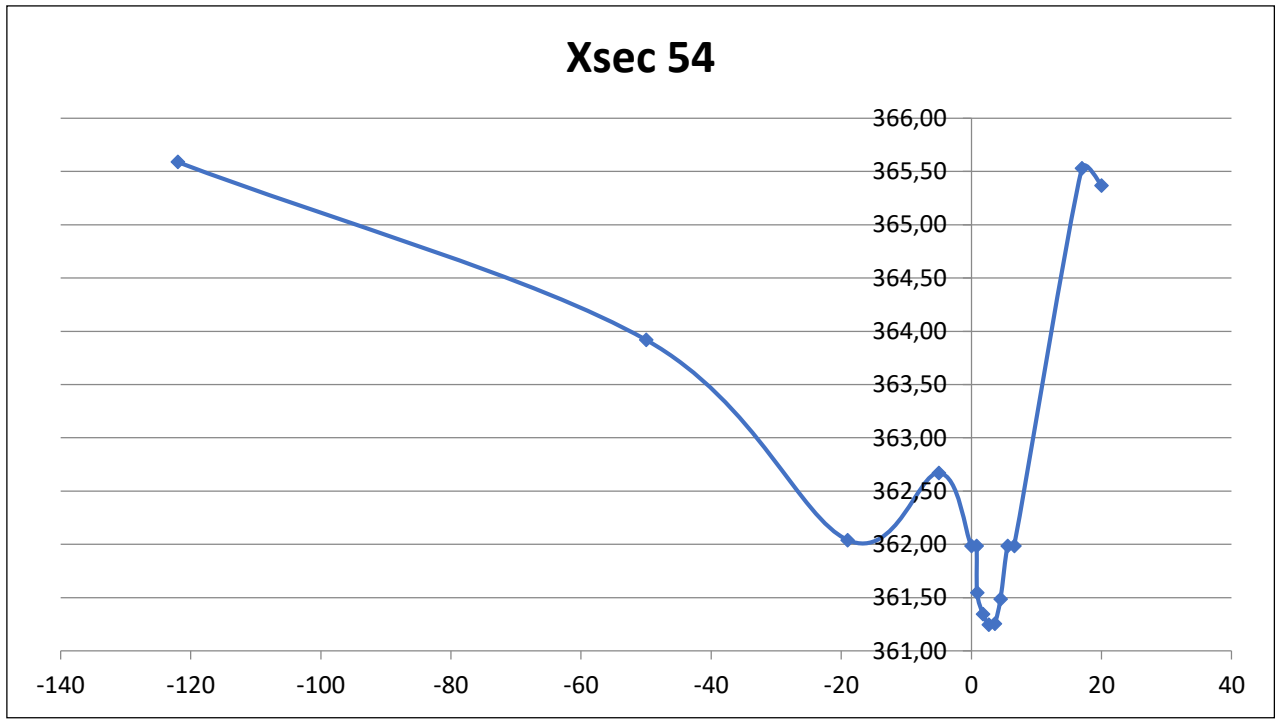
Nom	Station	Élévation
Xsec 52	-74	366,90
	-24	363,20
	-1	362,70
	0	362,44
	0,75	361,99
	2,05	361,57
	3,35	361,44
	4,65	361,41
	5,95	361,55
	7,25	361,69
	8,25	361,99
	9	362,44
	10	362,70
	65	362,90
	177	367,00



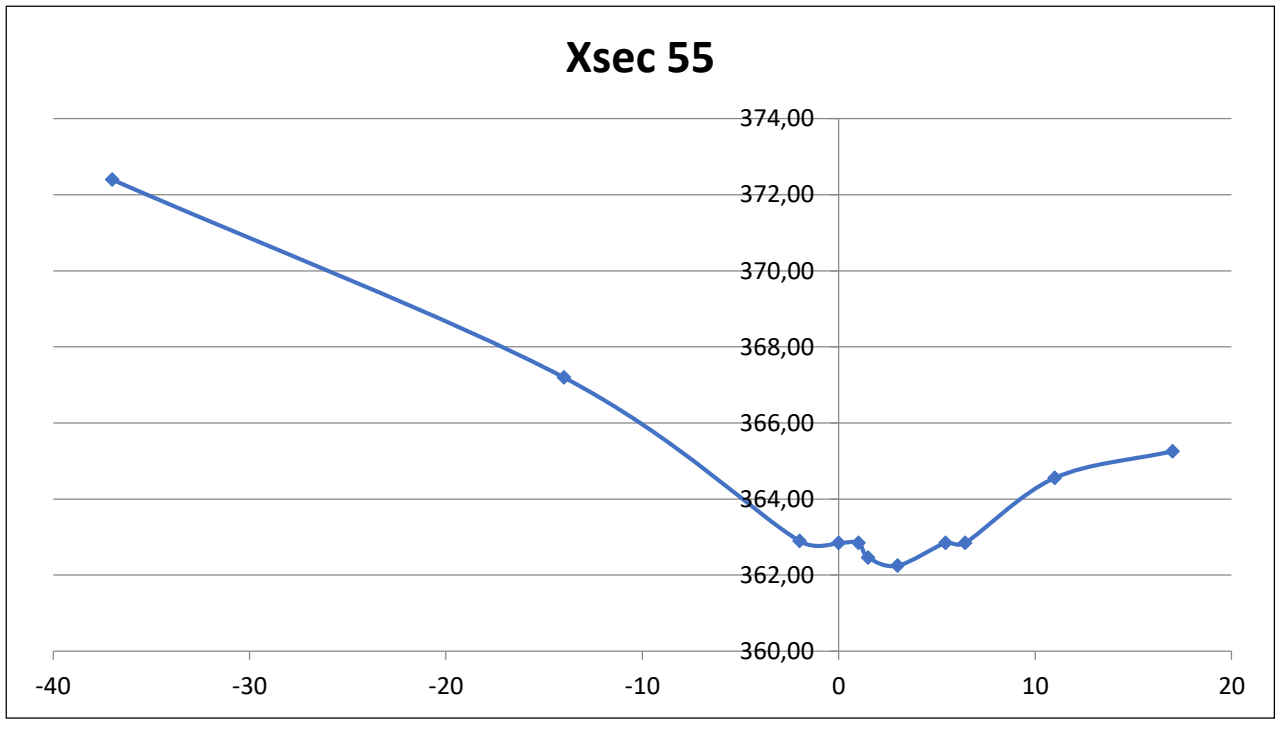
Nom	Station	Élévation
Xsec 53	-154	367,45
	-72	363,88
	-30	363,10
	-3	362,60
	0	362,54
	0,75	361,99
	2,55	361,54
	4,35	361,52
	6,15	361,51
	7,95	361,50
	9,75	361,99
	10,5	362,54
	17	363,28
	37	363,28
	43	364,40
	77	376,68



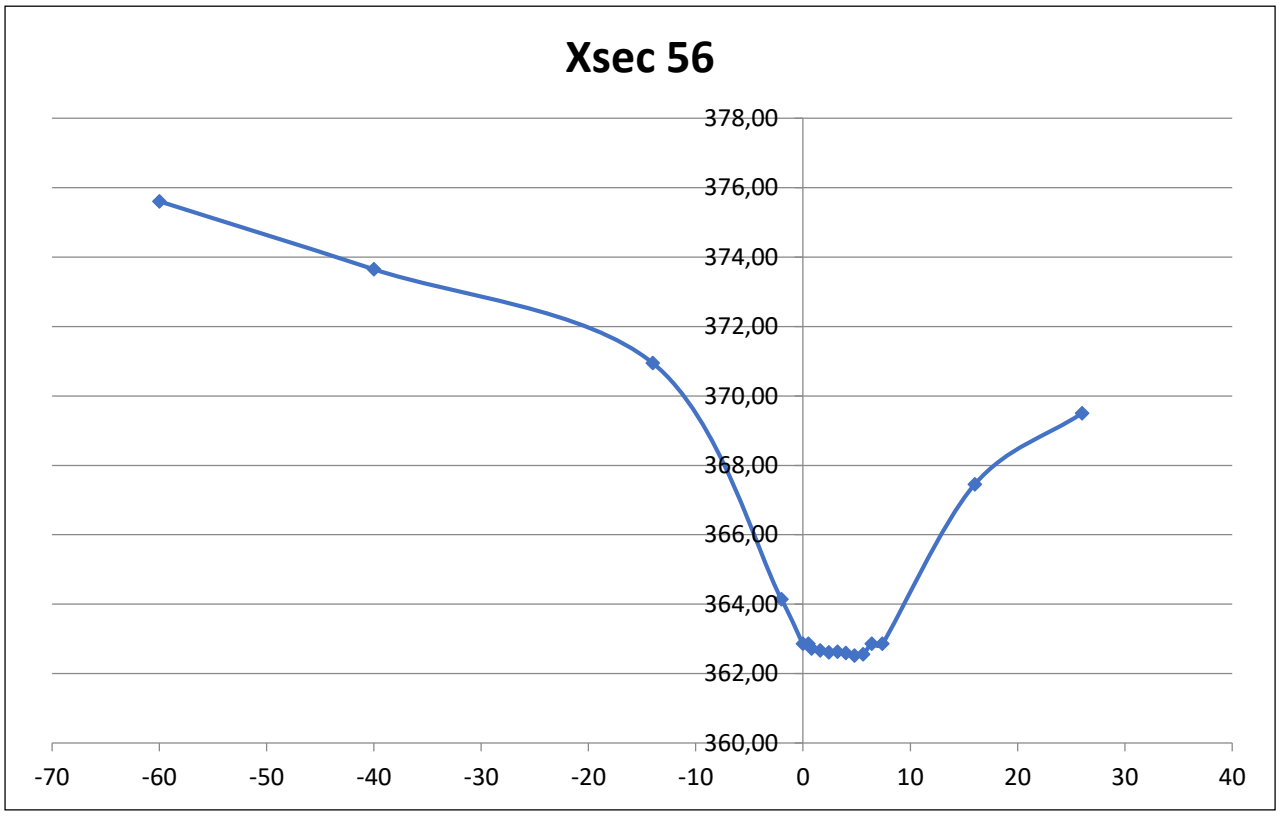
Nom	Station	Élévation
Xsec 54	-122	365,59
	-50	363,92
	-19	362,04
	-5	362,67
	0	361,99
	0,8	361,99
	0,9	361,55
	1,8	361,35
	2,7	361,25
	3,6	361,26
	4,5	361,49
	5,6	361,99
	6,6	361,99
	17	365,53
	20	365,37



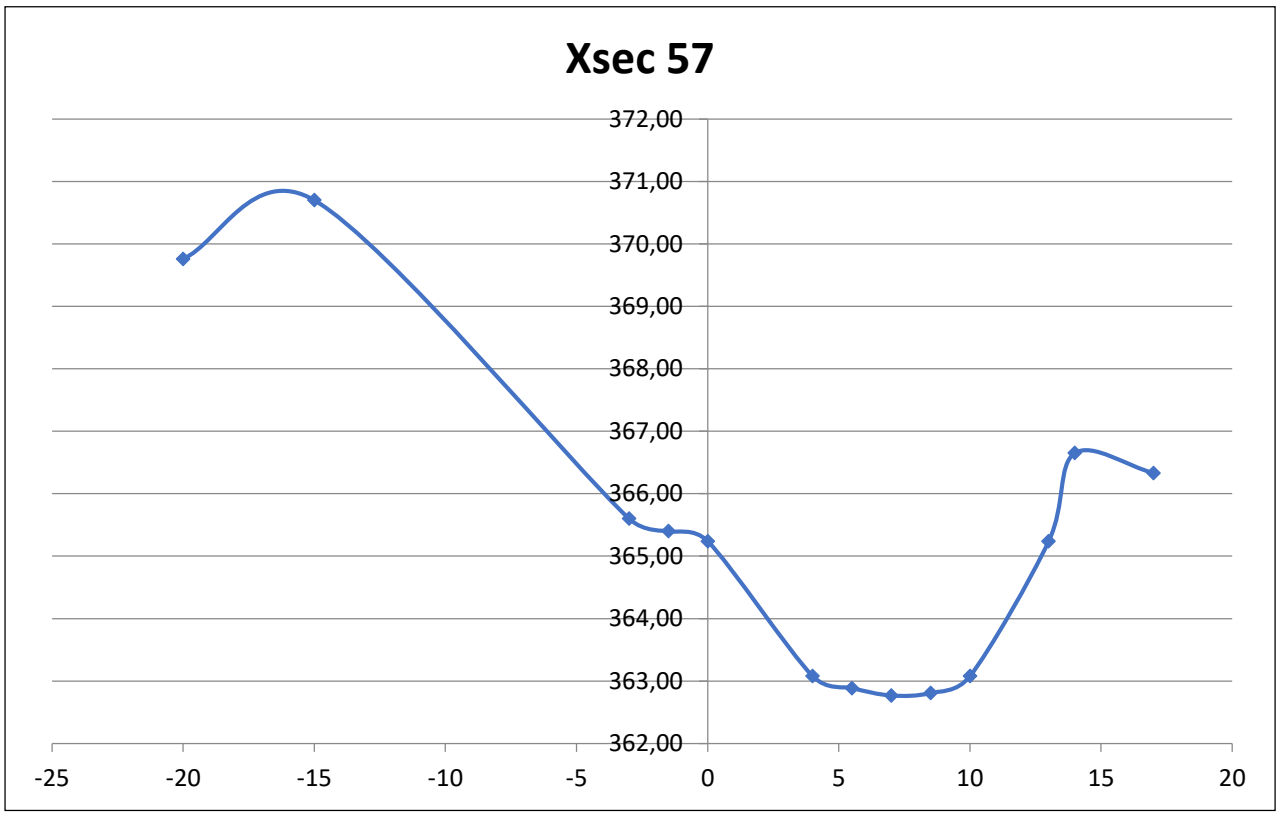
Nom	Station	Élévation
Xsec 55	-37	372,40
	-14	367,20
	-2	362,90
	0	362,85
	1	362,85
	1,5	362,46
	3	362,25
	5,44	362,85
	6,44	362,85
	11	364,56
	17	365,26



Nom	Station	Élévation
Xsec 56	-60	375,61
	-40	373,65
	-14	370,95
	-2	364,14
	0	362,85
	0,5	362,85
	0,8	362,72
	1,6	362,66
	2,4	362,61
	3,2	362,62
	4	362,59
	4,8	362,51
	5,6	362,55
	6,4	362,85
	7,4	362,85
	16	367,45
	26	369,50



Nom	Station	Élévation
Xsec 57	-20	369,76
	-15	370,70
	-3	365,60
	-1,5	365,40
	0	365,24
	4	363,08
	5,5	362,89
	7	362,77
	8,5	362,81
	10	363,08
	13	365,24
	14	366,65
	17	366,33



ANNEXE 3

Tableau 1 :

Caractérisation géomorphologique du ruisseau sans nom, vitesses modélisées et modification anticipées à la dynamique sédimentaire lors du dénoyage

TABLEAU 1 :

Caractérisation géomorphologique du ruisseau sans nom, vitesses modélisées et modification anticipées à la dynamique sédimentaire lors du dénoyage

Identification des segments du cours d'eau et des sections transversales (de l'amont vers l'aval)	Composition des rives et du lit[1]	Vitesses modélisées[2]	Modifications attendues à la dynamique sédimentaire	Risques de mobilisation et de transport des sables et/ou graviers	Risques d'ensablement des frayères potentielles ou confirmées
Segment 11, 12, 13 Frayère potentielle omble de Fontaine (segment 12)	Rives de remblai grossier, lit de sable le long des segments 11 et 13 et graveleux le long du segment 12. Un banc de gravier chevauche les segments 12 et 13. **Photo 1, annexe 1.**	Vitesses non documentées, mais sans doute comparables à celles mesurées à S-57, dont le contexte est comparable.	Matériaux des rives grossiers et non érodables. Vitesses suffisantes pour mobiliser les matériaux sableux du lit, surtout dans les segments 11 et 13, en aval de la restriction que constituent les ponceaux sous le chemin existant, où les vitesses semblent assez élevées. **Non problématique si le déversement se fait plus en aval.**	Oui	Oui, mais faibles volumes
Segment 14 Section transversale S-57 Frayère potentielle omble de Fontaine	Rives de remblai grossier et lit plutôt grossier (VG). Composition du lit non documentée à S-57.	Vitesses: S-57: 0,53 à 0,69 m/s	Matériaux des rives et du lit non érodables aux vitesses modélisées. Ensablement possible par les matériaux provenant des segments 11 et 13. **Non problématique si le déversement se fait plus en aval.**	Non	Oui, mais faibles volumes
Segment 15 Section S-56	Rives de remblai grossier, lit plutôt grossier (SGCB). Composition du lit non documentée à S-56. **Photo 2, annexe 1.**	Vitesses: S-56: 0,47 à 0,66 m/s	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 16 Section S-55 Frayère potentielle doré/meunier	Rives de remblai grossier, lit grossier (GB). Composition du lit non documentée à S-55 de DDM.	Vitesses: S-55 : de 1,61 à 1,83 m/s	Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment 17 Frayère potentielle omble de Fontaine	Rive droite stable et végétalisée, rive gauche de remblai sablo-graveleux végétalisée à sa base, mais dénudée plus haut. Lit assez grossier (VGB).	Vitesses: Non documentées, mais sans doute assez élevées, et un peu inférieures à celles mesurées à S-55, car le chenal est ici un peu plus large.	Même aux plus forts débits modélisés, la hausse de niveau (20 cm) sera insuffisante pour atteindre les matériaux dénudés en rive gauche. Aucune modification anticipée.	Non	Non
Segment 36 Frayère potentielle doré/meunier	Rives stables et végétalisées développées dans le till. Lit de matériaux grossiers (GB).	Vitesses: Non documentées	Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment 37 Section S-54 Frayère potentielle omble de Fontaine	Rives résistantes et végétalisées. Chenal assez étroit et lit grossier (VSGB). Composition du lit non documentée à S-54.	Vitesses: S-54: de 0,47 à 0,63 m/s	Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment 38 Sections S-53 et S-52	Rives basses végétalisées. Le chenal devient ici plus large dans la portion amont du segment, puis étroit vers l'aval. Lit sableux selon Wachiih (2019). Lit de S+mo aux sections S-53 et S-52. Petit banc de sable juste en amont de S-53.	Vitesses: S-53: O,44 à 0,6 m/s S-52: 0,82 à 1,04 m/s	La portion amont, plus large, est une zone de sédimentation sableuse. Les vitesses augmentent dans la portion aval du segment, plus étroite. Vitesses suffisantes pour envisager qu'il y ait déplacement du sable sur le fond.	Oui	n/a
Segment 39 Frayère potentielle doré/meunier	Rives résistantes développées dans le till. Lit grossier (GB).	Pas de données de vitesses	Ensablement possible par le sable issu de l'érosion du lit le long du segment 38.	Non	Oui
Segment 40	Segment au tracé courbe et aux rives basses et stables. Lit de matériaux grossiers (GB).	Pas de données de vitesses	L'élargissement du lit fait de ce segment un secteur qui doit retenir les sables provenant de l'amont.	Non	n/a
Segment 41 Section S-51 Frayère potentielle doré/meunier	Court segment aux rives basses et résistantes. Lit de matériaux grossiers (GB). Lit de galets et blocs à la section S-51	Vitesses: S-51: 1,12 à 1,54 m/s	Aucune modification anticipée	Non	Oui
Segment 42	Rives basses, résistantes et stables. Lit de matériaux grossiers (GB).	Pas de données de vitesses	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 43 Section S-50 Frayère potentielle doré/meunier	Rives basses et résistantes. Lit de matériaux grossiers (GBS). Lit de blocs à S-50.	Vitesses de 1 à 1,24 m/s à S-50	Aucune modification anticipée	Non	Oui

TABLEAU 1 :

Caractérisation géomorphologique du ruisseau sans nom, vitesses modélisées et modification anticipées à la dynamique sédimentaire lors du dénoyage

Segment 44	Rives basses et résistantes. Lit plutôt grossier (SGB) assez large (20 m) à l'amont, devenant plus étroit vers l'aval. Présence d'un petit banc de sable et/ou gravier dans la portion large, juste en aval du segment 43.	Pas de données de vitesses Doivent chuter assez nettement p/r à S-50, car la largeur du chenal passe de 5 à 20 m.	Mobilisation possible des matériaux du banc de sable/gravier, mais faible volumes impliqués.	Oui	n/a
Segment 45 Section S-49 Frayère potentielle doré/meunier	Rives basses et résistantes. Lit de matériaux grossiers (GBC). Lit de blocs à la section S-49.	Vitesses: S-49: 0,69 à 0,94 m/s à	Zone probable de transit du sable qui pourrait provenir de l'amont, mais volumes limités.	Non	Oui, mais faibles volumes
Segment 66 Sections S-48 à S-46	Rives basses et stables. Lit assez étroit composé de matériaux très grossiers (MOBBx). Lit à S-48 (roc), à S-47 (mo) et à S-46 (mo+blocs).	Vitesses: S-48: 1,39 à 1,68 m/s S-47: 0,6 à 0,8 m/s S-46: 1,5 à 1,85 m/s	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 65 Section S-45 Frayère potentielle doré/meunier	Rives basses et résistantes. Lit de matériaux grossiers (GBBx). Lit de galets et blocs à S-45	Vitesses: S-45: 0,42 à 0,53 m/s	Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment 64 Sections S-44 àS-40	Lit sinueux traversant une tourbière. Rives basses et stables. Composition du lit (MOS). Lit aux sections S-44 (S et mo), S-43 (mo et B), S-42 (mo), S-41 (mo), et S-40 (mo). Présence de quelques petits bancs de sable dans la portion amont du segment.	Vitesses: S-44: 0,39 à 0,51 m/s S-43: 0,42 à 0,59 m/s S-42: 0,43 à 0,53 m/s S-41: 0,4 à 0,59 m/s S-40: 0,19 à 0,27 m/s	Segment en pente douce et écoulement assez lent. Vitesses modélisées tout juste suffisantes pour qu'il y ait érosion des matériaux sableux du lit dans la portion amont du segment. Les sables déplacés se déposeront dans la portion aval du segment ou à l'embouchure du lac A.	Oui	n/a
Lac A	Présence d'un delta sableux à l'embouchure. Rive sableuse sensible à l'érosion sur petite île à l'embouchure du cours d'eau dans le lac. Rive sableuse sur rive est du lac sensible à l'érosion, mais stable.	Les vitesses à l'embouchure dans le lac seront insuffisantes pour éroder la rive sensible de la petite île.	Sédimentation possiblement un peu plus importante dans le delta, qui sera le «terminus» des sables provenant de l'amont. Pas d'érosion anticipée de la rive est (sensible) du lac.	Non	n/a
Segments 1 à 4 Sections S-39 à S-34	Segments en pente assez faible entre les lacs A et A1. Rives basses et végétalisées, incluant deux courts segments de rives concaves sableuses de faible sensibilité à l'érosion. Lit essentiellement sableux. Chenal de largeur variable avec présence de bassins. Écoulement localement divisé en deux chenaux. Présence d'îles et de bancs de sable. **Photo 3, annexe 1.**	Vitesses: S-39: 0,34 à 0,51 m/s S-38: 1,05 à 1,26 m/s S-37: 0,02 à 0,03 m/s S-36: 0,47 à 0,65 m/s S-35: 0,27 à 0,16 m/s S-34: 0,05 à 0,07 m/s	Migration probable des bancs de sable dans les segments étroits où les vitesses sont les plus élevées. Sédimentation dans les .largisements ou, ultimement, dans le segment 4, à l'embouchure du lac A1.	Oui	n/a
Lac A1	Pas vraiment de delta, sauf banc de sable collé sur rive gauche; les sables se déposent surtout en amont, le long du segment 4. Rive nord-est du lac sableuse et sensible à l'érosion, mais stable. **Photo 4, annexe 1.**	Vitesses non documentées, mais très faibles	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 6 Sections S-33 et S-32	Court segment en pente douce. Rives résistantes développées dans le till. Composition du lit semble essentiellement sableuse; (SA) selon Wachiih et matière organique au sections S-33 et 32	Vitesses: S-33: 0,05 à 0,09 m/s S-32: 0,06 à 0,11 m/s	Vitesses trop faibles pour éroder les matériaux sableux du lit. Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment SH7 Frayère confirmée à meunier	Court segment de rapides aux rives résistantes et stables. Lit grossier (BGC).	Petits rapides; pas de données de vitesse	Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment 8 Sections S-31 à S-29	Rives stables et végétalisées. Chenal large et lit sableux selon Wachiih, présence de blocs assez nombreux dans portion aval. Composition du lit aux sections: S-31 (mo), S-30 (mo et blocs), S-29 (mo et blocs). Présence d'îles et de bancs de sable dans la portion amont du segment. **Photo 5, annexe 1.**	Vitesses: S-31: 0,02 à 0,04 m/s S-30: 0,09 à 0,12 m/s S-29: 0,28 à 0,41 m/s	Vitesses prévues trop faibles pour déplacer les sables présents dans la portion amont du lit. Pas de modifications attendues.	Non	n/a
Segment 9 Section 28 Frayère confirmé à doré	Rives résistantes et stables. Lit grossier (BGC). Lit de galets et blocs à la section S-28: **Photo 6, annexe 1.**	Vitesses: S-28: 0,34 à 0,46 m/s	Aucune modification anticipée	Non	Non

TABLEAU 1 :

Caractérisation géomorphologique du ruisseau sans nom, vitesses modélisées et modification anticipées à la dynamique sédimentaire lors du dénoyage

Lac A2	Rives résistantes développées dans le till. Présence de bancs de sable dans la portion amont, plus étroite, du plan d'eau.	Vitesses non documentées, mais très faibles	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 63 Section S-27 Frayère potentielle doré/meunier	Segment de rapides. Rives résistantes et lit grossier (GBBx). Lit de blocs au droit de la section S-27 **Photo 7, annexe 1.**	Vitesses: S-27: 1,43 à 1,67 m/s	Vitesses élevées, mais lit grossier. Pas d'apports de l'amont. Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment 62 Sections S-26, S-25 et S-24	Rives résistantes en partie rocheuses. Segment de chenal avec bassins. Lit de matériaux grossiers (GBC). Composition du lit aux sections : S-26 (mo), S-25 (non documenté), S-24 (galets en rive droite; mo en rive gauche).	Vitesses : S-26: 0,03 à 0,05 m/s S-25: 0,1 à 0,18 m/s S-24: 0,29 à 0,39 m/s	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 61 Section S-23 Frayère potentielle doré/meunier	Court segment de rapides aux rives résistantes et stables. Lit de matériaux grossiers (GB) ; lit de galets à la section S-23.	Vitesses: S-23: 0,96 à 1,23 m/s	Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment 60 Section S-22	Segment de chenal avec bassins. Rives résistantes et stables. Lit de matériaux grossiers (MoGC). Composition du lit non documentée à la section S-22. Banc de sable et/ou gravier dans le bassin le plus en amont.	Vitesses: S-22: 0,44 à 0,61 m/s dans un secteur étroit entre 2 bassins.	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 59 Section S-21	Segment étroit aux rives résistantes. Lit de matériaux grossiers (GCB) se terminant par une petite chute. Lit de blocs et galets à la section S-21. **Photo 8, annexe 1**.	Vitesses: S-21: 1,16 à 1,18 m/s	Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment 58 Section S-20	Bassin de type lacustre selon Wachiih (2019). Rives résistantes et lit de matériaux grossiers (GBC). Lit de blocs et galets à la section S-20.	Vitesses: S-20: 0,03 à 0,05 m/s	Bassin de sédimentation potentiel. Aucune modification anticipée.	Non	n/a
Segment 57 Sections S-19 à S-15 Frayère potentielle doré/meunier	Assez long segment aux rives résistantes et au lit de matériaux grossiers (GB). Lit de galets et blocs ou de blocs aux 5 sections relevées par DDM.	Vitesses: de 0,5-0,8 m/s à 1 à 1,9 m/s dans les rapides.	Vitesses élevées, mais rives et lit grossier non érodables aux vitesses considérées. Aucune modification anticipée.	Non	Non
Segment 56	Bassin aux rives basses et végétalisées. Lit de Mo selon Wachiih (2019). **Photo 9, annexe 1.**	Vitesses non documentées, mais sans doute comparables à celles de la section S-20 (< 0,05 m/s)	Zone de sédimentation potentielle. Aucune modification anticipée	Non	n/a
Segment SH7 Sections S-14 à S-9	Long segment aux rives de sable et de tourbe basses et stables, sauf très localement, à l'extrémité aval du segment, où la rive droite est sensible à l'érosion. Lit de sable et/ou de mo (matière organique) aux sections S-14 à S-10. Lit sablo-graveleux à la section S-9. **Photo 10, annexe 1.**	Vitesses: généralement faibles (< 0,15 m/s), sauf à S-14 (0,58 à 0,51 m/s) et dans portion aval du segment, vers les section S-10 (0,26 à 0,38 m/s) et S-9 (0,51 à 0,7 m/s)	Lit et rives sableuses, mais vitesses trop lentes pour éroder, sauf à l'extrémité aval du segment, en rive droite, où l'on s'attend à une faible érosion du talus de sable sensible de 2-3 m de hauteur, déjà en partie instable sur 35 m de longueur.	Faible risque	n/a
Segment SH6 Frayère potentielle meunier/doré	Court segment en coude aux rives basses et stables. Petits rapides et lit de galets, blocs et sable.	Vitesses non documentées	Possible zone de sédimentation des sables érodés juste en amont, dans la portion aval du segment SH7.	Non	Possible, mais faible volumes
Segment SH5 Sections S-8 et S-7	Segment en pente douce. Rives en partie sableuses, présentant localement une sensibilité faible à moyenne en rive droite. Lit de sable et gravier au droit de la section S-7. **Photo 11, annexe 1.**	Vitesses: S-8: 0,08 à 0,13 m/s S-7: 0,37 à 0,49 m/s	Les vitesses dans la portion aval du segment (S-7) sont tout juste suffisantes pour éroder le talus de sable de 2-3 m de hauteur, de sensibilité moyenne, déjà partiellement dénudé, mais peu actif, sur ±30 m de longueur. Peu de changements anticipés.	Faible risque	n/a
Segment SH4 Frayère potentielle meunier/doré	Segment de rapides aux rives basses et stables. Lit de matériaux grossiers (galets et blocs).	Vitesses non documentées	Segment de transit probable des sables qui pourraient être érodés dans les talus sableux du segment en amont.	Non	Faible risque

TABLEAU 1 :

Caractérisation géomorphologique du ruisseau sans nom, vitesses modélisées et modification anticipées à la dynamique sédimentaire lors du dénoyage

Segment SH3 Sections S-6, S-5, S-4 et S-3	Long segment traversant une zone tourbeuse aux rives basses et stables formées de tourbe, de till et de sable. Lit grossier composé, selon les sections, de blocs (S-6, S-3), de galets et blocs (S-5 et S-2) ou de gravier et sable et gravier. Pas des bancs de sable perceptibles	Vitesses : S-6: 0,4 à 0,55 m/s S-5 : 0,37 à 0,54 m/s S-4 : 0,42 à 0,57 m/s S-3: 1,3 à 1,6 m/s S-2: 0,57 à 0,72 m/s	Sédimentation possible des faibles apports pouvant provenir de la portion amont du segment SH5.	Non	n/a
Segment SH2 Frayère potentielle meunier/doré	Court segment de rapides aux rives stables. Lit composé de galets et blocs. **Photo 12, annexe 1.**	Vitesses non documentées	Aucune modification anticipée	Non	Non
Segment SH1 Section S-1	Dernier segment avant la confluence avec autre rivière. Rives stables et basses. Lit grossier de galets, blocs et vase à la station S-1.	Vitesses: S-1: 0,46 à 0,58 m/s	Aucune modification anticipée	Non	n/a

[1] Les informations relatives aux segments longitudinaux du cours d'eau sont tirées principalement de l'étude de Wachiih (2019), et de celle de DDM (2019) pour la portion aval du cours d'eau (PK 0 à 2,3). Les données relatives aux sections transversales proviennent de DDM (2019). Les codes des classes de substrat du lit utilisées dans l'étude de Wachiih sont les suivant: Mo (matière organique), A (argile), S (sable), V (gravier), C (cailloux), G (galet), B (bloc), Bx (gros bloc). Les informations relatives aux bancs de sable ou de gravier proviennent de la photo-interprétation qui a été réalisée par Poly-Géo dans le cadre de la présente étude, à partir des photos aériennes de 2013.

[2] Les vitesses ont été modélisées par la firme MH_2O (2019).

ANNEXE 4

Tableau 2 :

Modélisation des vitesses d'écoulement

MODELISATION DES VITESSES D'ÉCOULEMENT, DES NIVEAUX D'EAU ET DES SURFACES INONDÉES, EN FONCTION DES DÉBITS (DE 2,5 À 5 M^3/S)

Étude réalisée par MH_2O (2019)

PK du cours d'eau et numéro de la section transversale	Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Sup. écoul.	Largeur surf.	Vitesse	Prof. Max.
	(m^3/s)	section (m)	eau (m)	(m^2)	(m)	(m/s)	(m)
	2,5	362,77	363,6	4,7	7,68	0,53	0,83
11750 XSEC57							
11750 XSEC57	2,75	362,77	363,64	4,99	7,8	0,55	0,87
11750 XSEC57	3	362,77	363,67	5,27	7,92	0,57	0,9
11750 XSEC57	3,5	362,77	363,74	5,81	8,13	0,6	0,97
11750 XSEC57	4	362,77	363,8	6,32	8,34	0,63	1,03
11750 XSEC57	4,5	362,77	363,86	6,8	8,52	0,66	1,09
11750 XSEC57	5	362,77	363,91	7,26	8,69	0,69	1,14
11321 XSEC56	2,5	362,51	363,36	5,58	9,16	0,47	0,85
11321 XSEC56	2,75	362,51	363,4	5,88	9,27	0,49	0,89
11321 XSEC56	3	362,51	363,43	6,15	9,37	0,51	0,92
11321 XSEC56	3,5	362,51	363,48	6,68	9,56	0,55	0,97
11321 XSEC56	4	362,51	363,53	7,18	9,74	0,59	1,02
11321 XSEC56	4,5	362,51	363,58	7,62	9,89	0,63	1,07
11321 XSEC56	5	362,51	363,63	8,09	10,05	0,66	1,12
11035 XSEC55	2,5	362,25	362,8	1,37	4,19	1,83	0,55
11035 XSEC55	2,75	362,25	362,87	1,71	7,32	1,61	0,62
11035 XSEC55	3	362,25	362,89	1,9	8,32	1,61	0,64
11035 XSEC55	3,5	362,25	362,93	2,18	8,72	1,67	0,68
11035 XSEC55	4	362,25	362,95	2,42	8,87	1,73	0,7
11035 XSEC55	4,5	362,25	362,99	2,73	9,06	1,75	0,74
11035 XSEC55	5	362,25	363,01	2,92	9,17	1,82	0,76
10776 XSEC54	2,5	361,25	362,35	5,69	10,33	0,47	1,1
10776 XSEC54	2,75	361,25	362,39	6,05	10,69	0,49	1,14
10776 XSEC54	3	361,25	362,42	6,41	11,03	0,51	1,17
10776 XSEC54	3,5	361,25	362,48	7,11	11,66	0,55	1,23
10776 XSEC54	4	361,25	362,54	7,79	12,25	0,58	1,29
10776 XSEC54	4,5	361,25	362,59	8,46	12,8	0,6	1,34
10776 XSEC54	5	361,25	362,64	9,12	13,32	0,63	1,39
10514 XSEC53	2,5	361,5	362,23	5,62	9,65	0,44	0,73
10514 XSEC53	2,75	361,5	362,26	5,92	9,73	0,46	0,76
10514 XSEC53	3	361,5	362,29	6,22	9,82	0,48	0,79
10514 XSEC53	3,5	361,5	362,35	6,77	9,97	0,52	0,85
10514 XSEC53	4	361,5	362,4	7,3	10,11	0,55	0,9
10514 XSEC53	4,5	361,5	362,45	7,81	10,25	0,58	0,95
10514 XSEC53	5	361,5	362,49	8,29	10,38	0,6	0,99
10320 XSEC52	2,5	361,41	362	3,04	7,55	0,82	0,59
10320 XSEC52	2,75	361,41	362,03	3,23	7,63	0,85	0,62
10320 XSEC52	3	361,41	362,06	3,43	7,72	0,88	0,65
10320 XSEC52	3,5	361,41	362,1	3,79	7,87	0,92	0,69
10320 XSEC52	4	361,41	362,15	4,14	8,02	0,97	0,74
10320 XSEC52	4,5	361,41	362,19	4,47	8,16	1,01	0,78
10320 XSEC52	5	361,41	362,23	4,8	8,29	1,04	0,82
10157 XSEC51	2,5	360,77	361,25	2,24	7,5	1,12	0,48
10157 XSEC51	2,75	360,77	361,27	2,37	7,51	1,16	0,5
10157 XSEC51	3	360,77	361,28	2,48	7,51	1,21	0,51
10157 XSEC51	3,5	360,77	361,31	2,7	7,52	1,3	0,54
10157 XSEC51	4	360,77	361,34	2,9	7,55	1,38	0,57
10157 XSEC51	4,5	360,77	361,36	3,09	7,65	1,46	0,59
10157 XSEC51	5	360,77	361,38	3,26	7,74	1,54	0,61
9976 XSEC50	2,5	359,55	360,06	2,5	7,72	1	0,51
9976 XSEC50	2,75	359,55	360,08	2,67	7,88	1,03	0,53
9976 XSEC50	3	359,55	360,1	2,84	8,34	1,06	0,55
9976 XSEC50	3,5	359,55	360,14	3,18	9,18	1,11	0,59
9976 XSEC50	4	359,55	360,18	3,53	9,98	1,16	0,63
9976 XSEC50	4,5	359,55	360,21	3,88	10,72	1,2	0,66
9976 XSEC50	5	359,55	360,25	4,25	11,44	1,24	0,7
9761 XSEC49	2,5	358,8	359,39	3,63	8,96	0,69	0,59
9761 XSEC49	2,75	358,8	359,41	3,84	9,53	0,72	0,61
9761 XSEC49	3	358,8	359,44	4,04	10,26	0,75	0,64
9761 XSEC49	3,5	358,8	359,47	4,47	11,65	0,8	0,67
9761 XSEC49	4	358,8	359,51	4,88	12,86	0,85	0,71
9761 XSEC49	4,5	358,8	359,54	5,29	13,95	0,89	0,74
9761 XSEC49	5	358,8	359,57	5,69	14,93	0,94	0,77
9615 XSEC48	2,5	358,33	358,6	1,8	9,32	1,39	0,27
9615 XSEC48	2,75	358,33	358,62	1,92	9,37	1,43	0,29
9615 XSEC48	3	358,33	358,63	2,04	9,42	1,47	0,3
9615 XSEC48	3,5	358,33	358,65	2,27	9,63	1,55	0,32
9615 XSEC48	4	358,33	358,68	2,51	10,45	1,6	0,35
9615 XSEC48	4,5	358,33	358,7	2,77	11,24	1,64	0,37
9615 XSEC48	5	358,33	358,73	3,06	12,04	1,68	0,4
9458 XSEC47	2,5	355,77	356,4	4,15	8,51	0,6	0,63
9458 XSEC47	2,75	355,77	356,43	4,39	8,62	0,63	0,66
9458 XSEC47	3	355,77	356,46	4,62	8,74	0,65	0,69
9458 XSEC47	3,5	355,77	356,51	5,06	8,95	0,69	0,74
9458 XSEC47	4	355,77	356,55	5,48	9,15	0,73	0,78
9458 XSEC47	4,5	355,77	356,6	5,88	9,54	0,77	0,83
9458 XSEC47	5	355,77	356,64	6,27	10,85	0,8	0,87

Couleurs associées aux vitesses d'écoulement	Plage de vitesses de courant (m/s)
	0,0 à 0,49
	0,5 à 0,99
	1,0 à 1,49
	1,5 à 2,0
	Section non relevée au terrain

PK du cours d'eau et numéro de la section transversale		Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Sup. écoul.	Largeur surf.	Vitesse	Prof. Max.
		(m^3/s)	section (m)	eau (m)	(m^2)	(m)	(m/s)	(m)
9320	XSEC46	2,5	355,52	355,87	1,66	7,37	1,51	0,35
9320	XSEC46	2,75	355,52	355,88	1,78	7,43	1,55	0,36
9320	XSEC46	3	355,52	355,9	1,89	7,49	1,59	0,38
9320	XSEC46	3,5	355,52	355,92	2,1	7,61	1,66	0,4
9320	XSEC46	4	355,52	355,95	2,31	7,71	1,73	0,43
9320	XSEC46	4,5	355,52	355,98	2,52	7,82	1,78	0,46
9320	XSEC46	5	355,52	356	2,7	7,92	1,85	0,48
9169	XSEC45	2,5	352,36	353,12	5,97	10,36	0,42	0,76
9169	XSEC45	2,75	352,36	353,16	6,4	10,48	0,43	0,8
9169	XSEC45	3	352,36	353,2	6,79	10,6	0,44	0,84
9169	XSEC45	3,5	352,36	353,27	7,52	10,8	0,47	0,91
9169	XSEC45	4	352,36	353,33	8,19	10,99	0,49	0,97
9169	XSEC45	4,5	352,36	353,38	8,8	11,16	0,51	1,02
9169	XSEC45	5	352,36	353,43	9,35	11,31	0,53	1,07
9003	XSEC44	2,5	352,05	353,06	6,43	8,9	0,39	1,01
9003	XSEC44	2,75	352,05	353,1	6,8	9,37	0,4	1,05
9003	XSEC44	3	352,05	353,14	7,17	10,94	0,42	1,09
9003	XSEC44	3,5	352,05	353,2	8,01	13,82	0,45	1,15
9003	XSEC44	4	352,05	353,26	8,94	17,97	0,48	1,21
9003	XSEC44	4,5	352,05	353,32	10,15	26,56	0,5	1,27
9003	XSEC44	5	352,05	353,37	11,62	34,19	0,51	1,32
8839		2,5	351,93	352,98	5,44	8,32	0,46	1,05
8839		2,75	351,93	353,02	5,77	8,42	0,48	1,09
8839		3	351,93	353,05	6,07	8,5	0,49	1,12
8839		3,5	351,93	353,11	6,61	8,66	0,53	1,19
8839		4	351,93	353,17	7,11	8,81	0,56	1,24
8839		4,5	351,93	353,22	7,56	8,93	0,6	1,29
8839		5	351,93	353,27	7,97	9,05	0,63	1,34
8759	XSEC43	2,5	351,85	352,96	5,98	8,48	0,42	1,11
8759	XSEC43	2,75	351,85	353	6,31	8,58	0,44	1,15
8759	XSEC43	3	351,85	353,04	6,61	8,66	0,45	1,19
8759	XSEC43	3,5	351,85	353,1	7,16	8,82	0,49	1,25
8759	XSEC43	4	351,85	353,15	7,66	8,96	0,52	1,3
8759	XSEC43	4,5	351,85	353,2	8,11	9,08	0,56	1,35
8759	XSEC43	5	351,85	353,25	8,5	9,19	0,59	1,4
8588	XSEC42	2,5	351,9	352,89	5,81	10,27	0,43	0,99
8588	XSEC42	2,75	351,9	352,93	6,2	10,91	0,44	1,03
8588	XSEC42	3	351,9	352,96	6,61	13,35	0,46	1,06
8588	XSEC42	3,5	351,9	353,02	7,57	17,76	0,48	1,12
8588	XSEC42	4	351,9	353,08	8,65	21,69	0,5	1,18
8588	XSEC42	4,5	351,9	353,12	9,8	25,2	0,52	1,22
8588	XSEC42	5	351,9	353,17	10,92	28,22	0,53	1,27
8372	XSEC41	2,5	351,67	352,81	6,3	8,19	0,4	1,14
8372	XSEC41	2,75	351,67	352,84	6,58	8,35	0,42	1,17
8372	XSEC41	3	351,67	352,87	6,84	8,51	0,44	1,2
8372	XSEC41	3,5	351,67	352,93	7,33	8,79	0,48	1,26
8372	XSEC41	4	351,67	352,98	7,77	9,04	0,52	1,31
8372	XSEC41	4,5	351,67	353,02	8,17	9,26	0,55	1,35
8372	XSEC41	5	351,67	353,06	8,5	9,44	0,59	1,39
8142	XSEC40	2,5	351,45	352,78	13,35	17,09	0,19	1,33
8142	XSEC40	2,75	351,45	352,82	13,9	17,31	0,2	1,37
8142	XSEC40	3	351,45	352,85	14,46	22,33	0,21	1,4
8142	XSEC40	3,5	351,45	352,9	16,09	38,28	0,23	1,45
8142	XSEC40	4	351,45	352,95	18,27	52,49	0,24	1,5
8142	XSEC40	4,5	351,45	352,99	20,8	65,21	0,25	1,54
8142	XSEC40	5	351,45	353,03	23,29	75,69	0,27	1,58
6964	XSEC39	2,5	351,91	352,63	7,26	14,38	0,34	0,72
6964	XSEC39	2,75	351,91	352,66	7,56	14,48	0,36	0,75
6964	XSEC39	3	351,91	352,68	7,85	14,57	0,38	0,77
6964	XSEC39	3,5	351,91	352,71	8,39	14,74	0,42	0,8
6964	XSEC39	4	351,91	352,75	8,89	14,89	0,45	0,84
6964	XSEC39	4,5	351,91	352,78	9,48	35,78	0,48	0,87
6964	XSEC39	5	351,91	352,8	10,62	51,92	0,51	0,89
6812	XSEC38	2,5	352,22	352,4	2,39	22,02	1,05	0,18
6812	XSEC38	2,75	352,22	352,41	2,55	22,31	1,08	0,19
6812	XSEC38	3	352,22	352,42	2,72	22,6	1,1	0,2
6812	XSEC38	3,5	352,22	352,43	3,05	23,18	1,15	0,21
6812	XSEC38	4	352,22	352,44	3,36	23,71	1,19	0,22
6812	XSEC38	4,5	352,22	352,46	3,66	24,23	1,23	0,24
6812	XSEC38	5	352,22	352,47	3,95	24,71	1,26	0,25
Section non relevée au terrain	6674	XSEC37	2,5	350,32	352,21	128,07	117,69	0,02	1,89
	6674	XSEC37	2,75	350,32	352,23	130,14	118,62	0,02	1,91
	6674	XSEC37	3	350,32	352,24	132,14	119,5	0,02	1,92
	6674	XSEC37	3,5	350,32	352,27	136,03	121,21	0,03	1,95
	6674	XSEC37	4	350,32	352,31	140,16	123	0,03	1,99
	6674	XSEC37	4,5	350,32	352,34	144,48	124,84	0,03	2,02
	6674	XSEC37	5	350,32	352,38	149,33	126,88	0,03	2,06

	PK du cours d'eau et numéro de la section transversale		Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Sup. écoul.	Largeur surf.	Vitesse	Prof. Max.
			(m^3/s)	section (m)	eau (m)	(m^2)	(m)	(m/s)	(m)
	6540	XSEC36	2,5	351,28	352,2	5,36	13,4	0,47	0,92
	6540	XSEC36	2,75	351,28	352,21	5,57	13,68	0,49	0,93
	6540	XSEC36	3	351,28	352,23	5,79	13,87	0,52	0,95
	6540	XSEC36	3,5	351,28	352,26	6,2	14,06	0,56	0,98
	6540	XSEC36	4	351,28	352,29	6,64	14,26	0,6	1,01
	6540	XSEC36	4,5	351,28	352,32	7,11	14,47	0,63	1,04
	6540	XSEC36	5	351,28	352,36	7,65	14,75	0,65	1,08
	6435	XSEC35	2,5	351,76	352,09	9,17	65,56	0,27	0,33
	6435	XSEC35	2,75	351,76	352,12	11,33	73,86	0,24	0,36
	6435	XSEC35	3	351,76	352,15	13,5	81,38	0,22	0,39
	6435	XSEC35	3,5	351,76	352,2	18,08	90,71	0,19	0,44
	6435	XSEC35	4	351,76	352,25	22,53	94,34	0,18	0,49
	6435	XSEC35	4,5	351,76	352,29	26,72	95,99	0,17	0,53
	6435	XSEC35	5	351,76	352,33	30,8	109,22	0,16	0,57
	6210	XSEC34	2,5	351,4	352,08	46,67	106,16	0,05	0,68
	6210	XSEC34	2,75	351,4	352,11	49,97	108,64	0,06	0,71
	6210	XSEC34	3	351,4	352,14	53,03	110,11	0,06	0,74
	6210	XSEC34	3,5	351,4	352,19	58,85	110,64	0,06	0,79
	6210	XSEC34	4	351,4	352,24	64,2	111,12	0,06	0,84
	6210	XSEC34	4,5	351,4	352,29	69,13	111,56	0,07	0,89
	6210	XSEC34	5	351,4	352,33	73,69	111,97	0,07	0,93
Section non relevée au terrain	5526	XSEC33	2,5	350,1	352,08	47,73	26,21	0,05	1,98
	5526	XSEC33	2,75	350,1	352,11	48,53	26,27	0,06	2,01
	5526	XSEC33	3	350,1	352,14	49,25	26,33	0,06	2,04
	5526	XSEC33	3,5	350,1	352,19	50,63	26,44	0,07	2,09
	5526	XSEC33	4	350,1	352,24	51,9	26,54	0,08	2,14
	5526	XSEC33	4,5	350,1	352,28	53,06	26,64	0,08	2,18
	5526	XSEC33	5	350,1	352,32	54,14	26,72	0,09	2,22
Section non relevée au terrain	5382	XSEC32	2,5	350,1	352,08	40,5	24,91	0,06	1,98
	5382	XSEC32	2,75	350,1	352,11	41,25	25,05	0,07	2,01
	5382	XSEC32	3	350,1	352,14	41,95	25,17	0,07	2,04
	5382	XSEC32	3,5	350,1	352,19	43,27	25,4	0,08	2,09
	5382	XSEC32	4	350,1	352,24	44,48	25,62	0,09	2,14
	5382	XSEC32	4,5	350,1	352,28	45,61	25,82	0,1	2,18
	5382	XSEC32	5	350,1	352,32	46,65	26	0,11	2,22
Section non relevée au terrain	5211	XSEC31	2,5	349,87	352,08	120,29	57,04	0,02	2,21
	5211	XSEC31	2,75	349,87	352,11	122,03	57,18	0,02	2,24
	5211	XSEC31	3	349,87	352,14	123,61	57,31	0,02	2,27
	5211	XSEC31	3,5	349,87	352,19	126,61	57,54	0,03	2,32
	5211	XSEC31	4	349,87	352,24	129,36	57,76	0,03	2,37
	5211	XSEC31	4,5	349,87	352,28	131,89	57,95	0,03	2,41
	5211	XSEC31	5	349,87	352,32	134,22	58,13	0,04	2,45
	5062	XSEC30	2,5	351,24	352,08	27,97	49,55	0,09	0,84
	5062	XSEC30	2,75	351,24	352,11	29,48	49,7	0,09	0,87
	5062	XSEC30	3	351,24	352,14	30,85	49,84	0,1	0,9
	5062	XSEC30	3,5	351,24	352,19	33,45	50,1	0,1	0,95
	5062	XSEC30	4	351,24	352,24	35,84	50,33	0,11	1
	5062	XSEC30	4,5	351,24	352,28	38,04	50,55	0,12	1,04
	5062	XSEC30	5	351,24	352,32	40,07	50,75	0,12	1,08
	4912	XSEC29	2,5	351,08	352,07	9,07	12,95	0,28	0,99
	4912	XSEC29	2,75	351,08	352,1	9,46	13,16	0,29	1,02
	4912	XSEC29	3	351,08	352,13	9,82	13,34	0,31	1,05
	4912	XSEC29	3,5	351,08	352,18	10,5	13,69	0,33	1,1
	4912	XSEC29	4	351,08	352,22	11,16	15,56	0,36	1,14
	4912	XSEC29	4,5	351,08	352,26	11,89	18,84	0,38	1,18
	4912	XSEC29	5	351,08	352,3	12,68	21,84	0,41	1,22
	4802	XSEC28	2,5	351,28	352,04	7,26	14,92	0,34	0,76
	4802	XSEC28	2,75	351,28	352,07	7,69	15,65	0,36	0,79
	4802	XSEC28	3	351,28	352,09	8,1	16,52	0,37	0,81
	4802	XSEC28	3,5	351,28	352,14	8,94	18,18	0,4	0,86
	4802	XSEC28	4	351,28	352,19	9,78	19,7	0,42	0,91
	4802	XSEC28	4,5	351,28	352,23	10,62	21,1	0,44	0,95
	4802	XSEC28	5	351,28	352,27	11,44	22,39	0,46	0,99
	3874	XSEC27	2,5	350,38	350,83	1,74	8,46	1,43	0,45
	3874	XSEC27	2,75	350,38	350,84	1,88	8,74	1,46	0,46
	3874	XSEC27	3	350,38	350,86	2,01	9,01	1,49	0,48
	3874	XSEC27	3,5	350,38	350,89	2,27	9,5	1,54	0,51
	3874	XSEC27	4	350,38	350,91	2,51	9,95	1,59	0,53
	3874	XSEC27	4,5	350,38	350,93	2,76	10,38	1,63	0,55
	3874	XSEC27	5	350,38	350,96	3	10,78	1,67	0,58
Section non relevée au terrain	3741	XSEC26	2,5	347,19	348,86	91,81	57,01	0,03	1,67
	3741	XSEC26	2,75	347,19	348,88	93,28	57,07	0,03	1,69
	3741	XSEC26	3	347,19	348,91	94,69	57,13	0,03	1,72
	3741	XSEC26	3,5	347,19	348,96	97,29	57,24	0,04	1,77
	3741	XSEC26	4	347,19	349	99,73	57,35	0,04	1,81
	3741	XSEC26	4,5	347,19	349,04	101,97	57,44	0,04	1,85
	3741	XSEC26	5	347,19	349,07	104,07	57,53	0,05	1,88

	PK du cours d'eau et numéro de la section transversale		Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Sup. écoul.	Largeur surf.	Vitesse	Prof. Max.
			(m^3/s)	section (m)	eau (m)	(m^2)	(m)	(m/s)	(m)
Section non relevée au terrain	3650	XSEC25	2,5	347	348,86	23,84	16,65	0,1	1,86
	3650	XSEC25	2,75	347	348,88	24,27	16,76	0,11	1,88
	3650	XSEC25	3	347	348,91	24,68	16,86	0,12	1,91
	3650	XSEC25	3,5	347	348,95	25,45	17,04	0,14	1,95
	3650	XSEC25	4	347	349	26,17	17,22	0,15	2
	3650	XSEC25	4,5	347	349,03	26,84	17,38	0,17	2,04
	3650	XSEC25	5	347	349,07	27,47	17,53	0,18	2,07
	3633		2,5	348,07	348,85	9,52	19,22	0,26	0,78
	3633		2,75	348,07	348,88	10,03	20,24	0,27	0,81
	3633		3	348,07	348,9	10,53	21,22	0,28	0,83
	3633		3,5	348,07	348,95	11,52	23,02	0,3	0,87
	3633		4	348,07	348,99	12,52	24,7	0,32	0,92
	3633		4,5	348,07	349,03	13,5	26,25	0,33	0,95
	3633		5	348,07	349,07	14,46	27,69	0,35	0,99
	3578	XSEC24	2,5	348,08	348,84	8,65	19,49	0,29	0,76
	3578	XSEC24	2,75	348,08	348,86	9,13	19,85	0,3	0,78
	3578	XSEC24	3	348,08	348,89	9,6	20,19	0,31	0,81
	3578	XSEC24	3,5	348,08	348,93	10,49	20,82	0,33	0,85
	3578	XSEC24	4	348,08	348,97	11,34	21,41	0,35	0,89
	3578	XSEC24	4,5	348,08	349,01	12,14	21,95	0,37	0,93
	3578	XSEC24	5	348,08	349,04	12,92	22,45	0,39	0,96
	3488		2,5	348,16	348,72	2,71	9,05	0,92	0,56
	3488		2,75	348,16	348,74	2,89	9,24	0,95	0,58
	3488		3	348,16	348,76	3,07	9,43	0,98	0,6
	3488		3,5	348,16	348,8	3,41	9,77	1,03	0,64
	3488		4	348,16	348,83	3,73	10,04	1,07	0,67
	3488		4,5	348,16	348,86	4,02	10,19	1,12	0,7
	3488		5	348,16	348,89	4,3	10,33	1,16	0,73
	3465	XSEC23	2,5	348,05	348,6	2,6	8,93	0,96	0,55
	3465	XSEC23	2,75	348,05	348,62	2,76	9,11	1	0,57
	3465	XSEC23	3	348,05	348,64	2,92	9,28	1,03	0,59
	3465	XSEC23	3,5	348,05	348,67	3,23	9,6	1,08	0,62
	3465	XSEC23	4	348,05	348,7	3,53	9,89	1,13	0,65
	3465	XSEC23	4,5	348,05	348,73	3,8	10,08	1,18	0,68
	3465	XSEC23	5	348,05	348,75	4,06	10,21	1,23	0,7
	3444		2,5	347,82	348,26	1,69	7,89	1,48	0,44
	3444		2,75	347,82	348,28	1,82	8,04	1,51	0,46
	3444		3	347,82	348,29	1,93	8,18	1,55	0,47
	3444		3,5	347,82	348,32	2,17	8,45	1,61	0,5
	3444		4	347,82	348,35	2,4	8,71	1,67	0,53
	3444		4,5	347,82	348,37	2,62	8,95	1,72	0,55
	3444		5	347,82	348,4	2,84	9,19	1,76	0,58
Section non relevée au terrain	3310	XSEC22	2,5	346,47	346,9	5,64	13,42	0,44	0,43
	3310	XSEC22	2,75	346,47	346,92	5,92	13,44	0,46	0,45
	3310	XSEC22	3	346,47	346,94	6,18	13,46	0,49	0,47
	3310	XSEC22	3,5	346,47	346,98	6,7	13,49	0,52	0,51
	3310	XSEC22	4	346,47	347,01	7,2	13,53	0,56	0,54
	3310	XSEC22	4,5	346,47	347,05	7,68	13,57	0,59	0,58
	3310	XSEC22	5	346,47	347,08	8,15	13,6	0,61	0,61
Section non relevée au terrain	3038	XSEC21	2,5	345,85	346,11	2,15	8,78	1,16	0,26
	3038	XSEC21	2,75	345,85	346,13	2,39	8,86	1,15	0,28
	3038	XSEC21	3	345,85	346,16	2,62	8,94	1,14	0,31
	3038	XSEC21	3,5	345,85	346,21	3,07	9,09	1,14	0,36
	3038	XSEC21	4	345,85	346,25	3,48	9,23	1,15	0,4
	3038	XSEC21	4,5	345,85	346,3	3,87	9,35	1,16	0,45
	3038	XSEC21	5	345,85	346,33	4,23	9,47	1,18	0,48
	3007		2,5	345,2	346,11	8,51	10,75	0,29	0,91
	3007		2,75	345,2	346,13	8,76	10,82	0,31	0,93
	3007		3	345,2	346,15	8,99	10,88	0,33	0,95
	3007		3,5	345,2	346,19	9,45	11,01	0,37	0,99
	3007		4	345,2	346,23	9,89	11,13	0,4	1,03
	3007		4,5	345,2	346,27	10,3	11,24	0,44	1,07
	3007		5	345,2	346,3	10,69	11,35	0,47	1,11
	2994		2,5	344,12	346,11	128,97	69,55	0,02	1,99
	2994		2,75	344,12	346,13	130,57	69,67	0,02	2,01
	2994		3	344,12	346,15	132,12	69,85	0,02	2,04
	2994		3,5	344,12	346,2	135,13	70,2	0,03	2,08
	2994		4	344,12	346,24	137,98	70,53	0,03	2,12
	2994		4,5	344,12	346,28	140,62	70,84	0,03	2,16
	2994		5	344,12	346,31	143,14	71,13	0,03	2,19
Section non relevée au terrain	2948	XSEC20	2,5	344,79	346,11	83,3	66,32	0,03	1,32
	2948	XSEC20	2,75	344,79	346,13	84,83	66,44	0,03	1,34
	2948	XSEC20	3	344,79	346,15	86,31	66,54	0,03	1,36
	2948	XSEC20	3,5	344,79	346,2	89,17	66,75	0,04	1,41
	2948	XSEC20	4	344,79	346,24	91,87	66,94	0,04	1,45
	2948	XSEC20	4,5	344,79	346,28	94,38	67,12	0,05	1,48
	2948	XSEC20	5	344,79	346,31	96,77	67,29	0,05	1,52

PK du cours d'eau et numéro de la section transversale		Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Sup. écoul.	Largeur surf.	Vitesse	Prof. Max.
		(m^3/s)	section (m)	eau (m)	(m^2)	(m)	(m/s)	(m)
2869	XSEC19	2,5	345,72	346,05	2,43	10,62	1,03	0,33
2869	XSEC19	2,75	345,72	346,07	2,68	10,92	1,03	0,35
2869	XSEC19	3	345,72	346,1	2,93	11,2	1,02	0,38
2869	XSEC19	3,5	345,72	346,14	3,42	11,78	1,02	0,42
2869	XSEC19	4	345,72	346,18	3,91	12,44	1,02	0,46
2869	XSEC19	4,5	345,72	346,22	4,38	13,03	1,03	0,5
2869	XSEC19	5	345,72	346,25	4,84	13,59	1,03	0,53
2771	XSEC18	2,5	345,19	345,85	4,9	11,74	0,51	0,66
2771	XSEC18	2,75	345,19	345,88	5,22	11,99	0,53	0,69
2771	XSEC18	3	345,19	345,9	5,55	12,23	0,54	0,71
2771	XSEC18	3,5	345,19	345,95	6,16	12,67	0,57	0,76
2771	XSEC18	4	345,19	346	6,73	13,03	0,59	0,81
2771	XSEC18	4,5	345,19	346,04	7,27	13,21	0,62	0,85
2771	XSEC18	5	345,19	346,08	7,76	13,37	0,64	0,89
2660	XSEC17	2,5	344,84	345,42	1,54	5,41	1,62	0,57
2660	XSEC17	2,75	344,84	345,43	1,64	5,59	1,67	0,59
2660	XSEC17	3	344,84	345,45	1,74	5,76	1,72	0,61
2660	XSEC17	3,5	344,84	345,49	1,95	6,11	1,79	0,65
2660	XSEC17	4	344,84	345,52	2,19	6,56	1,83	0,68
2660	XSEC17	4,5	344,84	345,56	2,41	6,96	1,87	0,72
2660	XSEC17	5	344,84	345,59	2,63	7,33	1,9	0,75
2507	XSEC16	2,5	342,19	342,43	1,92	11,22	1,3	0,24
2507	XSEC16	2,75	342,19	342,44	2,06	11,46	1,34	0,25
2507	XSEC16	3	342,19	342,46	2,19	11,71	1,37	0,27
2507	XSEC16	3,5	342,19	342,48	2,44	12,11	1,44	0,29
2507	XSEC16	4	342,19	342,49	2,63	12,44	1,52	0,3
2507	XSEC16	4,5	342,19	342,51	2,85	12,79	1,58	0,32
2507	XSEC16	5	342,19	342,52	3,04	13,05	1,64	0,33
2389	XSEC15	2,5	340,31	340,78	4,44	12,92	0,56	0,47
2389	XSEC15	2,75	340,31	340,79	4,57	13,01	0,6	0,48
2389	XSEC15	3	340,31	340,8	4,72	13,11	0,64	0,49
2389	XSEC15	3,5	340,31	340,83	5,04	13,32	0,7	0,52
2389	XSEC15	4	340,31	340,85	5,37	13,54	0,74	0,54
2389	XSEC15	4,5	340,31	340,88	5,71	13,77	0,79	0,57
2389	XSEC15	5	340,31	340,9	6,07	14	0,82	0,59
2227	XSEC14	2,5	340,12	340,42	4,33	20,46	0,58	0,3
2227	XSEC14	2,75	340,12	340,45	4,97	20,92	0,55	0,33
2227	XSEC14	3	340,12	340,48	5,57	21,35	0,54	0,36
2227	XSEC14	3,5	340,12	340,53	6,72	22,15	0,52	0,41
2227	XSEC14	4	340,12	340,58	7,83	22,88	0,51	0,46
2227	XSEC14	4,5	340,12	340,62	8,76	23,49	0,51	0,5
2227	XSEC14	5	340,12	340,66	9,75	24,11	0,51	0,54
Section non relevée au terrain	2073	XSEC13	2,5	338,72	340,43	30,52	18,78	0,08	1,71
	2073	XSEC13	2,75	338,72	340,46	31,08	18,81	0,09	1,74
	2073	XSEC13	3	338,72	340,48	31,6	18,84	0,09	1,76
	2073	XSEC13	3,5	338,72	340,53	32,57	18,89	0,11	1,81
	2073	XSEC13	4	338,72	340,58	33,47	18,94	0,12	1,86
	2073	XSEC13	4,5	338,72	340,62	34,23	18,99	0,13	1,9
	2073	XSEC13	5	338,72	340,66	35	19,03	0,14	1,94
Section non relevée au terrain	1864	XSEC12	2,5	338,61	340,43	31,15	19,63	0,08	1,81
	1864	XSEC12	2,75	338,61	340,45	31,73	19,71	0,09	1,84
	1864	XSEC12	3	338,61	340,48	32,27	19,78	0,09	1,87
	1864	XSEC12	3,5	338,61	340,53	33,29	19,92	0,11	1,92
	1864	XSEC12	4	338,61	340,58	34,24	20,05	0,12	1,97
	1864	XSEC12	4,5	338,61	340,62	35,03	20,16	0,13	2,01
	1864	XSEC12	5	338,61	340,66	35,84	20,27	0,14	2,05
Section non relevée au terrain	1752	XSEC11	2,5	339,3	340,42	16,99	17,25	0,15	1,12
	1752	XSEC11	2,75	339,3	340,45	17,5	17,37	0,16	1,15
	1752	XSEC11	3	339,3	340,48	17,97	17,47	0,17	1,18
	1752	XSEC11	3,5	339,3	340,53	18,86	17,66	0,19	1,23
	1752	XSEC11	4	339,3	340,58	19,69	17,84	0,2	1,28
	1752	XSEC11	4,5	339,3	340,62	20,39	17,99	0,22	1,32
	1752	XSEC11	5	339,3	340,66	21,1	18,14	0,24	1,36
	1469	XSEC10	2,5	339,46	340,4	9,55	15,38	0,26	0,94
	1469	XSEC10	2,75	339,46	340,43	9,98	15,59	0,28	0,97
	1469	XSEC10	3	339,46	340,46	10,37	15,79	0,29	1
	1469	XSEC10	3,5	339,46	340,5	11,13	16,16	0,31	1,04
	1469	XSEC10	4	339,46	340,55	11,84	16,51	0,34	1,09
	1469	XSEC10	4,5	339,46	340,58	12,43	16,79	0,36	1,12
	1469	XSEC10	5	339,46	340,62	13,04	17,02	0,38	1,16
	1266	XSEC09	2,5	339,73	340,33	4,95	12,46	0,51	0,6
	1266	XSEC09	2,75	339,73	340,35	5,24	12,66	0,52	0,62
	1266	XSEC09	3	339,73	340,37	5,5	12,85	0,55	0,64
	1266	XSEC09	3,5	339,73	340,41	6	13,19	0,58	0,68
	1266	XSEC09	4	339,73	340,44	6,48	13,51	0,62	0,71
	1266	XSEC09	4,5	339,73	340,47	6,8	13,72	0,66	0,74
	1266	XSEC09	5	339,73	340,5	7,19	13,97	0,7	0,77

	PK du cours d'eau et numéro de la section transversale		Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Sup. écoul.	Largeur surf.	Vitesse	Prof. Max.
			(m^3/s)	section (m)	eau (m)	(m^2)	(m)	(m/s)	(m)
	1180		2,5	339,73	340,05	1,83	9,97	1,36	0,32
	1180		2,75	339,73	340,06	1,97	10,08	1,4	0,33
	1180		3	339,73	340,07	2,09	10,19	1,44	0,34
	1180		3,5	339,73	340,1	2,34	10,41	1,5	0,37
	1180		4	339,73	340,12	2,57	10,6	1,56	0,39
	1180		4,5	339,73	340,18	3,21	11,13	1,4	0,45
	1180		5	339,73	340,23	3,83	11,63	1,3	0,5
	1131		2,5	339,3	340	13,77	23,04	0,18	0,7
	1131		2,75	339,3	340,04	14,51	23,35	0,19	0,74
	1131		3	339,3	340,07	15,22	25	0,2	0,77
	1131		3,5	339,3	340,12	16,79	30,41	0,21	0,82
	1131		4	339,3	340,17	18,51	35,39	0,22	0,87
	1131		4,5	339,3	340,22	20,35	40,06	0,23	0,92
	1131		5	339,3	340,27	22,3	44,45	0,24	0,97
Section non relevée au terrain	1075	XSEC08	2,5	338,39	340	31,55	23,02	0,08	1,61
	1075	XSEC08	2,75	338,39	340,04	32,29	23,15	0,09	1,65
	1075	XSEC08	3	338,39	340,07	32,98	23,28	0,09	1,68
	1075	XSEC08	3,5	338,39	340,12	34,31	23,53	0,1	1,73
	1075	XSEC08	4	338,39	340,17	35,54	23,75	0,11	1,78
	1075	XSEC08	4,5	338,39	340,22	36,7	23,96	0,12	1,83
	1075	XSEC08	5	338,39	340,27	37,81	24,16	0,13	1,88
	874	XSEC07	2,5	339,19	339,99	6,84	12,46	0,37	0,8
	874	XSEC07	2,75	339,19	340,02	7,23	12,62	0,38	0,83
	874	XSEC07	3	339,19	340,05	7,59	12,77	0,4	0,86
	874	XSEC07	3,5	339,19	340,11	8,3	13,14	0,42	0,92
	874	XSEC07	4	339,19	340,16	8,97	13,56	0,45	0,97
	874	XSEC07	4,5	339,19	340,21	9,62	13,96	0,47	1,02
	874	XSEC07	5	339,19	340,25	10,24	14,32	0,49	1,06
	678	XSEC06	2,5	339,1	339,91	6,31	11,46	0,4	0,81
	678	XSEC06	2,75	339,1	339,94	6,63	11,69	0,41	0,84
	678	XSEC06	3	339,1	339,97	6,93	11,9	0,43	0,87
	678	XSEC06	3,5	339,1	340,02	7,52	12,3	0,47	0,92
	678	XSEC06	4	339,1	340,06	8,07	12,67	0,5	0,96
	678	XSEC06	4,5	339,1	340,1	8,6	13,01	0,52	1
	678	XSEC06	5	339,1	340,14	9,12	13,34	0,55	1,04
	569	XSEC05	2,5	339,11	339,87	6,75	11,94	0,37	0,76
	569	XSEC05	2,75	339,11	339,9	7,05	12,07	0,39	0,79
	569	XSEC05	3	339,11	339,92	7,32	12,19	0,41	0,81
	569	XSEC05	3,5	339,11	339,96	7,86	12,43	0,45	0,85
	569	XSEC05	4	339,11	340	8,36	12,65	0,48	0,89
	569	XSEC05	4,5	339,11	340,04	8,84	12,85	0,51	0,93
	569	XSEC05	5	339,11	340,08	9,31	13,05	0,54	0,97
	468	XSEC04	2,5	339,25	339,82	5,94	14,63	0,42	0,57
	468	XSEC04	2,75	339,25	339,84	6,29	14,83	0,44	0,59
	468	XSEC04	3	339,25	339,86	6,58	14,99	0,46	0,61
	468	XSEC04	3,5	339,25	339,9	7,17	15,32	0,49	0,65
	468	XSEC04	4	339,25	339,94	7,72	15,62	0,52	0,69
	468	XSEC04	4,5	339,25	339,97	8,26	15,9	0,54	0,72
	468	XSEC04	5	339,25	340	8,78	16,18	0,57	0,75
	353	XSEC03	2,5	339,19	339,49	1,92	11,43	1,3	0,3
	353	XSEC03	2,75	339,19	339,5	2,05	11,52	1,34	0,31
	353	XSEC03	3	339,19	339,52	2,21	11,62	1,36	0,33
	353	XSEC03	3,5	339,19	339,54	2,45	11,78	1,43	0,35
	353	XSEC03	4	339,19	339,56	2,67	11,92	1,5	0,37
	353	XSEC03	4,5	339,19	339,58	2,9	12,07	1,55	0,39
	353	XSEC03	5	339,19	339,59	3,12	12,21	1,6	0,4
	203	XSEC02	2,5	338,29	338,71	4,42	16,86	0,57	0,42
	203	XSEC02	2,75	338,29	338,73	4,69	17,08	0,59	0,44
	203	XSEC02	3	338,29	338,75	4,97	17,31	0,6	0,46
	203	XSEC02	3,5	338,29	338,78	5,5	17,74	0,64	0,49
	203	XSEC02	4	338,29	338,8	6,01	18,14	0,67	0,51
	203	XSEC02	4,5	338,29	338,83	6,47	18,5	0,7	0,54
	203	XSEC02	5	338,29	338,85	6,93	18,85	0,72	0,56
	142		2,5	338,15	338,57	4,35	16,8	0,57	0,42
	142		2,75	338,15	338,58	4,5	16,92	0,61	0,43
	142		3	338,15	338,59	4,67	17,07	0,64	0,44
	142		3,5	338,15	338,61	5,01	17,35	0,7	0,46
	142		4	338,15	338,63	5,41	17,68	0,74	0,48
	142		4,5	338,15	338,65	5,83	18,01	0,77	0,51
	142		5	338,15	338,68	6,29	18,37	0,79	0,53
	72		2,5	337,81	338,12	1,89	9,26	1,32	0,31
	72		2,75	337,81	338,16	2,25	9,69	1,22	0,35
	72		3	337,81	338,19	2,59	10,06	1,16	0,38
	72		3,5	337,81	338,25	3,21	10,42	1,09	0,44
	72		4	337,81	338,31	3,78	10,69	1,06	0,5
	72		4,5	337,81	338,36	4,33	10,95	1,04	0,55
	72		5	337,81	338,4	4,86	11,19	1,03	0,6

PK du cours d'eau et numéro de la section transversale	Débit	Élev. Min.	Élév. Surface	Sup. écoul.	Largeur surf.	Vitesse	Prof. Max.
	(m^3/s)	section (m)	eau (m)	(m^2)	(m)	(m/s)	(m)
55,43	2,5	337,48	338,14	5,6	11,53	0,45	0,66
55,43	2,75	337,48	338,17	5,96	11,69	0,46	0,69
55,43	3	337,48	338,2	6,31	11,84	0,48	0,72
55,43	3,5	337,48	338,26	6,98	12,12	0,5	0,78
55,43	4	337,48	338,31	7,62	12,39	0,52	0,83
55,43	4,5	337,48	338,36	8,24	12,64	0,55	0,88
55,43	5	337,48	338,41	8,84	12,88	0,57	0,93
39.06 XSEC01	2,5	337,48	338,13	5,47	11,47	0,46	0,65
39.06 XSEC01	2,75	337,48	338,16	5,83	11,63	0,47	0,68
39.06 XSEC01	3	337,48	338,19	6,17	11,78	0,49	0,71
39.06 XSEC01	3,5	337,48	338,25	6,84	12,06	0,51	0,77
39.06 XSEC01	4	337,48	338,3	7,48	12,33	0,53	0,82
39.06 XSEC01	4,5	337,48	338,35	8,09	12,58	0,56	0,87
39.06 XSEC01	5	337,48	338,4	8,69	12,82	0,58	0,92

ANNEXE 5

Carte 1 :

Matériaux de surface et sensibilité des rives à l'érosion

Mine Troilus - Dénoyage des fosses J-4 et 87

Photo-interprétation détaillée des matériaux de surface et de la sensibilité des rives à l'érosion

Sources :

Orthophoto, Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles (MERN), Québec, résolution 30 cm, 2013
Courbes de niveau, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 1999
BDGA, 1/1 000 000, MRN Québec, 2001
Affleurements rocheux, SIGÉOM, 2015
Inventaires : Poly-Géo, 2019

Cartographie : Poly-Géo
Fichier : 19103_po_002_carte_1_191125.mxd

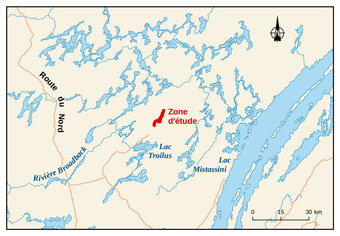
0 100 200 300 m

UTM, fuseau 18, NAD83 (SCRS)
Équidistance des courbes : 10 m

Carte 1

Novembre 2019

POLY-GÉO INC. TROILUS



Matériaux de surface

Classes de matériaux

R	> 80% de roc
T	Till
SG	Sable et gravier
S	Sable
Pt	Tourbe ou dépôt organique
B	Concentration de blocs ou de cailloux et blocs (en surface)
ZA	Zone aménagée

Exemples de superposition et d'épaisseur des couches

Tm/R	Couche de till mince (< 2 m d'épaisseur) sur le roc
T/R	Couche de till (2 à 6 m d'épaisseur) sur le roc
T	Till (> 6 m d'épaisseur)

Exemples de symboles combinés

T+B	Till avec blocs en surface
R+Tm/R	Roc avec placages de till mince (< 2 m d'épaisseur) sur le roc

Synthèse des matériaux de surface

- Roc
- Till (> 2 m d'épaisseur)
- Till mince (< 2 m d'épaisseur)
- Sable et gravier mince (< 2 m d'épaisseur)
- Sable (> 2 m d'épaisseur)
- Sable mince (< 2 m d'épaisseur)
- Tourbe mince (< 2 m d'épaisseur)
- Concentration de blocs ou de cailloux et blocs (en surface)
- Zone aménagée
- Remblai

Sensibilité des rives à l'érosion

- Faible

Segment homogène (*Wachiih et DDM, 2019*)

- Chenal
- Chenal avec bassins
- Lac
- Rapide
- **13** Identifiant

Section transversale (*DDM et Poly-Géo, 2019*)

- Section transversale
- **57** Identifiant

Autres

- Banc de sable et/ou gravier
- Affleurement rocheux
- Sens de l'écoulement
- *1,5* Point kilométrique du cours d'eau

ANNEXE I

Genivar (2009) Hydrologie et hydrogéologie, 87 pages. Rapport tiré du plan de restauration déposé par Genivar en 2009.

GENIVAR

HYDROLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

5355, boulevard des Gradins ~ Québec (Québec) CANADA G2J 1C8
Tél. : (418) 623-2254 ~ Fax : (418) 624-1857 ~ www.genivar.com

HYDROLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

Présenté à

Inmet, Division Troilus

Par

GENIVAR Société en commandite

AVRIL 2009
AA115951

ÉQUIPE DE RÉALISATION

GENIVAR Société en commandite

Directrice de Projet	:	Gail Amyot, ing., M.Sc.
Chargé de projet, hydrologie	:	Sébastien Fecteau, ing., M.Sc.
Hydrologue	:	Pierre Garnier, ing. jr, M.Sc.
Technicien, hydrologie	:	David Viens, tech.
Chargé de projet, hydrogéologie	:	Daniel Alain, ing., M.Sc.
Modélisateur	:	Omar Fala, B.Sc.A., M.Sc., Ph.D.
Compilation de données hydrogéologiques	:	David Feghali, ing. Jr.
Dessins	:	Geneviève Fleury, tech

Référence à citer :

GENIVAR. 2009. Hydrologie et Hydrogéologie. Rapport de GENIVAR Société en commandite à Inmet, Division Troilus. 45 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

Page

Équipe de réalisation i
Table des matières ii
Liste des tableaux iv
Liste des figures v
Liste des cartes v
Liste des annexes v

1. TOPOGRAPHIE ET PHYSIOGRAPHIE 1
2 GÉOLOGIE 3
2.1 Géologie structurale 3
2.2 Dépôts meubles 4
3. CLIMATOLOGIE 5
3.1 Généralités 5
3.2 Méthodologie 5
3.2.1 Précipitations 5
3.2.2 Évapotranspiration 5
3.2.3 Bilan de l'eau annuel 7
3.3 Résultats 8
3.3.1 Précipitations 8
3.3.2 Évapotranspiration 8
3.3.3 Bilan de l'eau 9
4 HYDROLOGIE 10
4.1 Généralités 10
4.2 Méthodologie 10
4.2.1 Données disponibles 10
4.2.2 Évaluation des débits 11
4.2.3 Relation niveau volume dans les fosses 87 et J4 12
4.3 Résultats 12
4.3.1 Données disponibles 12
4.3.2 Évaluation des débits 13

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Page

4.3.3 Relation niveau volume dans les fosses 87 et J4 18

5. HYDROGÉOLOGIE 20

5.1 Unités hydrogéologiques 22

5.2 Paramètres hydrogéologiques 24

5.2.1 Dépôts meubles 24

5.2.2 Socle rocheux 26

5.2.3 Récapitulatif sur les paramètres hydrogéologiques 29

5.3 Piézométrie en avant projet 29

5.4 Piézométrie en cours de projet 31

5.5 Modèle conceptuel 31

5.6 Modélisation numérique 36

5.6.1 Généralité 36

5.6.2 Domaine et maillage 37

5.6.3 Conditions frontières 38

5.6.4 Calibration du modèle 38

5.6.5 Ennoiement des fosses 87 et J4 40

6 RÉFÉRENCES 44

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau 3.1 Stations climatologiques disponibles.....5

Tableau 3.2 Évapotranspiration potentielle annuelle à la mine Troilus. 8

Tableau 3.3 Évapotranspiration réelle.....9

Tableau 3.4 Bilan de l'eau à la mine Troilus. 9

Tableau 4.1 Stations de mesures périodique des débits sur le site de la mine. 11

Tableau 4.2 stations hydrométriques à proximité du site étudié. 11

Tableau 4.3 Superficie des bassins versants. 13

Tableau 4.4 Comparaison des jaugeages et des mesures aux stations hydrométriques.....15

Tableau 4.5 Caractéristiques des stations hydrométriques utilisées. 16

Tableau 4.6 Résultats de la méthode rationnelle au parc à résidus. 16

Tableau 4.7 Résultats de la méthode rationnelle à la fosse 87.....17

Tableau 4.8 Résultats de la méthode rationnelle à la fosse J4. 17

Tableau 4.9 Débits de crue à l'exutoire du lac A. 17

Tableau 5.1 Données de construction des ouvrages de suivi hydrogéologique. 20

Tableau 5.2 Stratigraphie simplifiée. 22

Tableau 5.3 Paramètres hydrogéologiques extraits de la documentation. 25

Tableau 5.4 Paramètres hydrogéologiques calculés via l'interprétation de deux essais de pompage. 26

Tableau 5.5 Débits moyens d'infiltration d'eau dans la fosse 87.....28

Tableau 5.6 Données ponctuelles de piézométrie en avant-projet. 30

Tableau 5.7 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-1 à PM-3. 32

Tableau 5.8 Suivi des profondeurs d'eau aux PZ1 à PZ5 et PT1 à PT5. 35

Tableau 5.9 Caractéristiques hydrogéologiques adoptées (socle rocheux).....38

Tableau 5.10 Ennoiement des fosses 87 et J4 en fonction du temps. 42

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 3.1 Évapotranspiration potentielle, réelle et précipitations au site de la mine Troilus. 9

Figure 4.1 Comparaison des débits jaugés à la station EXT-12 et des données aux stations 02RB004 et 03BD002 entre 1998 et 2008. 14

Figure 4.2 Relations niveau-volume dans les fosses 87 et J4. 19

Figure 5.1 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-3. 33

Figure 5.2 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-2. 34

Figure 5.8 Apport des eaux souterraines en fonction du temps dans la fosse 87. 40

Figure 5.9 Apport des eaux souterraines en fonction du temps dans la fosse J4. 40

Figure 5.10 Taux de remplissage de la fosse 87. 42

Figure 5.11 Taux de remplissage de la fosse J4. 43

LISTE DES CARTES

Page

Carte 3.1 Évapotranspiration potentielle annuelle par écodistrict (Environnement Canada, 1998). 7

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Tracés des bassins versants

Annexe B Courbes d'interprétation d'essais de pompage

Annexe C Modélisation numérique

1. TOPOGRAPHIE ET PHYSIOGRAPHIE

Le site fait partie des basses-terres d'Eastmain, division physiographique de James. Il correspond à une vallée encaissée entre des collines rocheuses orientées selon un axe NE/SO. Les secteurs Est et Centre sont faiblement ondulés et recouverts de dépôts meubles de diverses origines glaciaires, tels dépôts glaciaires (till) et fluvio-glaciaires (eskers).

Le relief est marqué au sud du site où il correspond à des collines rocheuses alignées suivant un axe NE/SO et où l'altitude maximale est de 520 m. Au nord-ouest, le site est bordé par une crête rocheuse aussi orientée suivant un axe NE/SO avec une altitude maximale de 430 m. Les secteurs Centre et Est forment une vallée dont l'élévation varie entre 365 et 400 m, avec une topographie ondulée et irrégulière. Des affleurements rocheux y recoupent les dépôts meubles à certains endroits.

Les fosses 87 et J4, reliquat de l'exploration minière à ciel ouvert, sont présentes au centre de la vallée. La fosse J4 est située à environ 400 à 500 m au nord de la fosse 87.

Un ruisseau coule au creux et suivant l'axe de la vallée, soit du sud-ouest vers le nord-est. Son parcours est en partie naturel et en partie artificiel, la portion affectée par les fosses ayant été détournée pour contourner par l'ouest les fosses 87 et J4 alors que le lit d'origine du ruisseau passait par le site de ces deux fosses. Ce ruisseau s'écoule vers le lac A situé au nord-est du site. L'écoulement de l'eau de surface se fait ensuite via un chapelet de petits lacs reliés par l'extension du ruisseau, toujours du sud-ouest vers le nord-est.

Le lac identifié lac B, et situé à l'est de la fosse 87, a une forme allongée suivant un axe NO/SE, soit en direction de la fosse 87. On observe aussi un bas topographique suivant cet axe, entre ce lac et la fosse 87, donc plus ou moins perpendiculaire à l'axe des crêtes rocheuses ainsi qu'à celui de la vallée principale.

La fosse 87, de forme oblongue, est légèrement allongée suivant l'axe de la minéralisation, soit NE/SO. Elle occupe une superficie de 558 850 m^2 et est profonde de 320 m à son centre. Ses longueur et largeur sont respectivement de 400 et 45 m à la base (Inmet, Rapport annuel 2007) et 1 150 et 625 m en surface (Golder, 2007). La fosse J4, de forme allongée suivant un axe NE/SO, occupe une superficie de 226 255 m^2 avec une profondeur maximale de 130 m et des longueur et largeur respectives de 150 et 70 m à la base (Inmet, Rapport annuel 2007) et 1 245 et 305 m en surface (Golder, 2007). Les parois ont été aménagées en gradins d'une hauteur normale de 10 m. Les murs ont un angle global de 52 à 55 degrés.

Les dépôts meubles ont été en partie excavés et en partie repoussés sur le périmètre extérieur de chacune des fosses pour assurer d'une part la stabilité des sols et d'autre part pour agir comme digue naturelle et empêcher le ruissellement de surface vers les fosses. Les eaux de ruissellement ainsi détournées sont dirigées, via des fossés, vers le ruisseau principal.

La fosse 87 a, avec le temps, empiété vers le nord sur un lac identifié lac C. Initialement, ce lac C se drainait, via un ruisseau secondaire, vers le ruisseau principal, situé à l'ouest du lac. Il a finalement été dénoyé lors de l'agrandissement de la fosse.

L'inspection géotechnique du site de la fosse 87 réalisée en 1996, soit en début d'opération, concluait que le gros des sols meubles avaient été décapés et qu'une pente s'élevant jusqu'à 15 m avait été mise en place autour du site de la future fosse (D.C. Martin et D. Frigon, 1996).

Le parc à résidus aménagé au sud de la fosse 87 et dans la portion sud du site couvre une superficie de 3 200 000 m^2 et près de 77 690 000 tonnes de résidus vont y avoir été disposées (Inmet, rapport annuel 2007). Une digue a été aménagée du côté ouest du parc à résidus. Des résurgences ont été observées (Inmet, ensemble des rapports annuels) au bas de la digue, aux sites d'anciens ruisseaux naturels. L'eau faisant résurgence s'écoule via les ancien lits de ruisseaux vers le ruisseau principal, qui, coulant vers le nord-est, passe à près de 180 m à l'ouest de la digue. Le parc à résidus correspond à un vaste étang artificiel où l'élévation de l'eau semble se maintenir entre 395 et 397 m selon les saisons (Inmet, rapports de suivi annuel).

2 GÉOLOGIE

2.1 Géologie structurale

Le socle rocheux est constitué d'une séquence de volcanites mafiques à intermédiaires. Un pluton granitique traversant la partie nord-est du site a provoqué des intrusions gabroïques et de dykes felsiques à porphyres qui recoupent la roche encaissante. La foliation de la roche est généralement orientée suivant un axe NE/SO avec un pendage de 60 à 75° NO. La lithologie serait aussi orientée suivant un axe NE/SO. Une zone de failles orientée NE/SO est observée à la fosse 87. Elle oblique ensuite vers la fosse J-4 où elle reprend une orientation NE/SO. Ces zones de failles pourraient correspondre à des « Overthrust fault » ou à des failles de tension. L'axe passant par le lac B et la fosse 87 pourrait aussi correspondre à un axe de faiblesse du roc, qui lui serait perpendiculaire à la faille principale et à l'axe de la minéralisation. L'index du Rock Quality Designation (RQD) des premiers mètres du roc observé dans 5 forages géotechniques (Techmat, 1994), dans l'axe de la digue du parc à résidus, varie entre 100 % et 66 %. Il est généralement excellent et de l'ordre de 89 à 100 %. Le roc, selon ce nombre restreint d'index RQD, serait peu fissuré en surface.

La cartographie structurale de la fosse 87 (Bélanger, J., 2001) a identifié plusieurs domaines structuraux pouvant avoir un impact sur la stabilité des parois ainsi que sur la circulation des eaux souterraines. La foliation, régionalement orientée suivant un axe NE/SO, est ici orientée 160 degrés, donc SSE/NNO. Différentes familles de joints ont aussi été identifiées, dont des joints sub-horizontaux (orientés 326°/pendage 24°), des joints sub-verticaux (073°/86°), soit plus ou moins perpendiculaire aux systèmes orientés N/S, et des joints obliques (020°/55°). Un dyke felsique oblique au mur ouest est la source de différents joints localisés. Des joints subparallèles à la foliation avec pendage vers le NO avaient été observés, en avant-projet, sur les affleurements du roc suite au décapage des sols meubles (Martin D.C. et Frigon, D., 1996). Une note interne des Mines Inmet (13 septembre 2000) fait aussi référence au mur Sud à deux réseaux de failles et/ou joints (160°/70° et 180°/66°) d'où de l'eau souterraine s'écoule dans la fosse. Elle cite aussi, pour le mur Est, un réseau continu de joints peu nombreux (210°/55°) et deux discontinuités majeures associées à des failles d'orientation 210°/50°. Des failles d'orientation 210°/52° sont aussi identifiées au mur Nord-Est.

De ces informations, ce qui ressort et qu'il est important de retenir c'est que le roc est fortement jointé et faillé au site et autour de la fosse 87, et que ce réseau de discontinuités géologiques doit y faciliter l'écoulement d'eau souterraine.

2.2 Dépôts meubles

Le socle rocheux est sub-affleurant au droit des crêtes rocheuses. Il est recouvert de dépôts meubles d'une épaisseur variant de quelques centimètres, près du sommet des crêtes, à plus de 28 m au droit de creux du toit du roc localisés près du lac B. Le toit du roc présente une topographie ondulée sinon marquée. Cependant, l'épaisseur des dépôts meubles varie entre 1,5 et 4,0 m du côté ouest de la fosse J4. Aucune données sur la nature et l'épaisseur des dépôts meubles à l'est de la fosse J4 n'on été retracées. Au site même de la fosse 87 il y avait, avant le projet, 11 et 21 m de dépôts meubles aux sites de deux forages et entre 6 et 11 m autour de la fosse 87 aux sites de 26 autres forages.

Les dépôts meubles, d'âge quaternaire, sont constitués de dépôts organiques observés sur un till, d'origine glaciaire, reposant sur le socle rocheux. Des dépôts d'esker, d'origine fluvio-glaciaire, sont observés dans le secteur Centre. Ils sont grossièrement orientés suivant un axe NE/SO et passent à près d'un kilomètre au sud-est de la fosse 87.

Les dépôts organiques tels qu'observés dans différents puits, forages et tranchées ont une épaisseur variant de quelques centimètres à près de 2,0 m. Ils sont constitués de tourbes avec parfois des matériaux fins (silt).

La constitution granulométrique du till, tel qu'observé dans différents forages, puits et tranchées (Techmat, 1994 et Golder, 2002), varie d'un sable et silt avec trace de gravier et blocs à un sable et gravier avec traces de silt et blocs. La proportion maximale d'argile observée est de 2 %. La proportion en silt est parfois inférieure dans les premiers mètres supérieurs où la composition granulométrique varie d'un sable fin avec traces de silt à un sable moyen à grossier graveleux. L'épaisseur de cette sous-unité atteint rarement plus de 10 m et est parfois absente. La compacité du till varie normalement de lâche à compacte avec un indice de pénétration N variant entre 2 et 33. Il est cependant compact à très dense sur environ un à deux mètres au-dessus du roc avec un indice de pénétration N s'élevant entre 23 et 78.

Les dépôts meubles rencontrés lors du décapage initial des sols au site de la fosse 87 sont décrits dans une note technique de Martin D.C. et Frigon D. (1996), comme suit :

- 1 à 2 m de sols organiques noirs, mous à fermes, composés de tourbe fibreuse, reposant sur;
- 1 à 3 m de sable fin à moyen lâche, reposant sur;
- 5 à plus de 7 m de sable fin à moyen, silteux, contenant du sable grossier, du gravier, des cailloux et d'occasionnels blocs, le pourcentage de silt augmentant avec la profondeur, et la compacité passant de moyenne à très dense avec la profondeur, reposant sur le roc.

3. CLIMATOLOGIE

3.1 Généralités

L'étude climatologique a pour objectif d'évaluer les apports en eau moyens annuels au site de la mine Troilus, particulièrement au niveau des fosses 87 et J4.

3.2 Méthodologie

Afin de décrire les conditions climatologiques dans le secteur de la mine Troilus, une revue des données disponibles aux stations climatologiques avoisinantes est effectuée. Les apports moyens en eau sont ensuite évalués en utilisant l'équation du bilan de l'eau.

3.2.1 Précipitations

Les précipitations représentent la composante principale des apports naturels en eau. Il n'y a pas de valeurs de précipitations directement mesurées au site de la mine Troilus. Les stations climatologiques avoisinantes au site étudié et les cartes de précipitations d'Environnement Canada permettent de déterminer une valeur des précipitations moyennes annuelles dans la région de la mine. Les stations utilisées sont présentées au tableau 3.1.

Tableau 3.1 Stations climatologiques disponibles.

Localisation de la station	Distance à la mine (km)	Numéro de la station	Années de mesure disponibles	Données disponibles
Poste Mistassini	75	7095000	1920 – 1978	Précipitations, température
Aéroport Chibougamau Chapais	120	7091404	1972 – 1991	Précipitations, température, vitesse du vent, humidité relative, pression atmosphérique, Courbes IDF

3.2.2 Évapotranspiration

Une partie de l'eau qui pénètre dans le sol est évaporée de nouveau dans l'atmosphère, soit directement, soit par l'intermédiaire des plantes. L'ensemble de ces pertes en eau constitue l'évapotranspiration. Les stations mentionnées au tableau 3.1 ne relèvent pas de données d'évaporation.

Le potentiel d'évaporation (*PET*) est la quantité d'eau qui s'évapore du sol et des plantes en supposant qu'il y a suffisamment d'eau disponible. Lorsque la quantité totale d'eau libre disponible est égale ou supérieure au potentiel d'évaporation,

l'évaporation réelle (*ER*) est considérée égale à *PET*. Quand la quantité totale de l'eau libre est inférieure à *PET*, l'eau est extraite du stock hydrique du sol pour répondre à la demande évaporante.

Le potentiel d'évapotranspiration (*PET*) peut être évalué à partir de différentes relations empiriques. Par ailleurs, Environnement Canada fournit une carte nationale des valeurs moyennes du potentiel d'évaporation par écodistrict.

Équation de Thornthwaite et Mather

Cette équation est recommandée par Climat Canada pour l'évaluation du potentiel d'évapotranspiration (Johnstone et Louie, 1983).

$$PET = ADJ.0{,}533.\left(\frac{10.T}{I}\right)^{A}$$

Avec :

PET : potentiel d'évapotranspiration (mm/jour).
ADJ : facteur d'ajustement pour corriger la durée d'ensoleillement (d'après J.M. Lorente, 1961).
T : température moyenne quotidienne (°C).
I : indice de chaleur de Thornthwaite donné par la formule :

$$I = \sum_{j=1}^{12}\left(\frac{T_j}{5}\right)^{1.514}$$

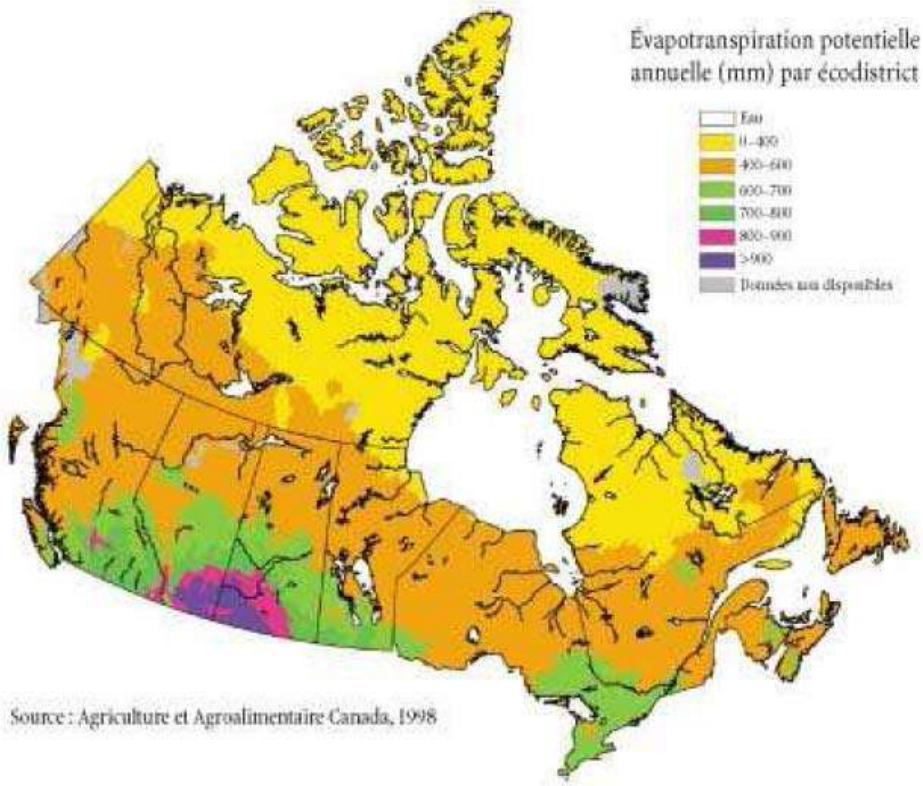
Où T_j est la température moyenne du mois *j*.

A : coefficient calculé par la formule :

$$A = 6{,}75.10^{-7}.I^3 - 7{,}71.10^{-5}.I^2 + 1{,}79.10^{-2}.I + 0{,}49$$

Données d'Environnement Canada :

La carte 3.1 fournit par Environnement Canada présente l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne par écodistrict. Le site de la mine Troilus est localisé dans une zone où l'évapotranspiration potentielle annuelle est approximativement 450 mm.



Carte 3.1 Évapotranspiration potentielle annuelle par écodistrict (Environnement Canada, 1998).

3.2.3 Bilan de l'eau annuel

L'équation du bilan de l'eau permet de déterminer les apports moyens annuels en eau au site de la mine Troilus et la quantité d'eau moyenne stockée annuellement dans les fosses 87 et J4. L'équation du bilan de l'eau est la suivante :

$$P - R - ETR - G = \Delta s$$

Avec :

P : précipitations (mm).
R : ruissellement (mm).
ETR : évapotranspiration réelle (mm).
G : écoulement sous-terrain (mm).
Δs : différence due au stockage dans des réservoirs (mm).

3.3 Résultats

3.3.1 Précipitations

La station du Poste Mistassini est retenue pour évaluer les précipitations annuelles au site de la mine. La station du Poste Mistassini est située à environ 75 km à l'est du site étudié, tandis que la station à l'aéroport de Chibougamau Chapais est localisée à plus de 200 km au sud.

Les précipitations moyennes annuelles à la station du Poste Mistassini sont :

$$P = 859 mm / an$$

Environnement Canada fournit une carte des précipitations moyenne annuelles qui indique environ 800 mm/an pour le site de la mine Troilus.

3.3.2 Évapotranspiration

En utilisant les données de températures à la station météorologiques du Poste Mistassini, le potentiel d'évapotranspiration au site de la mine est évalué. Les températures moyennes mensuelles sont déterminées pour la période de mesure de 1920 à 1978.

Le tableau 3.2 présente les valeurs du potentiel d'évapotranspiration estimées au site de la mine Troilus selon les différentes méthodes proposées.

Tableau 3.2 Évapotranspiration potentielle annuelle à la mine Troilus.

Méthode	Équation de Thornthwaite et Mather	Carte des écodistricts (Environnement Canada)
Potentiel d'évapotranspiration annuel (mm/an)	456	450

L'évapotranspiration réelle est évaluée en supposant que les précipitations représentent la seule source d'eau disponible à l'évaporation. La figure 3.1 et le tableau 3.3 présentent les valeurs de l'évapotranspiration réelle au site de la mine.

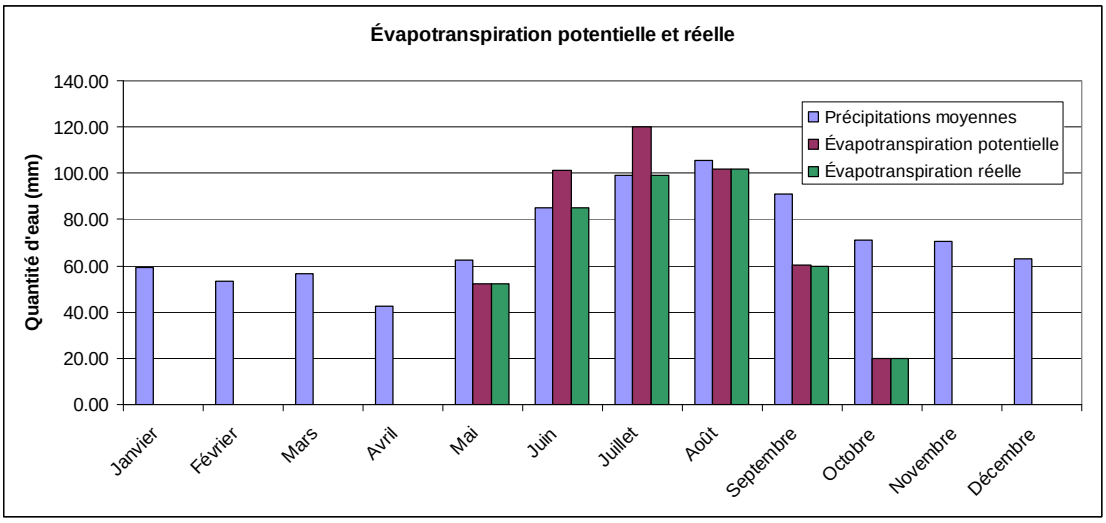


Figure 3.1 Évapotranspiration potentielle, réelle et précipitations au site de la mine Troilus.

Tableau 3.3 Évapotranspiration réelle.

Précipitations (mm/an)	Potentiel d'évapotranspiration (mm/an)	Évapotranspiration réelle (mm/an)
859	456	418

3.3.3 Bilan de l'eau

Compte tenu du fait que les bassins versant des fosses 87 et J4 sont légèrement supérieurs à la superficie des fosses elles-mêmes, il est considéré que le temps de concentration est inférieur à une journée. Cette hypothèse suppose que le bassin versant draine complètement les précipitations d'une journée jusqu'à la fosse. Par conséquent, l'équation du bilan de l'eau appliqué aux fosses devient :

$$P - ETR - G = S$$

Avec S : quantité d'eau stockée dans la fosse.

En utilisant les valeurs de précipitations et d'évaporations évaluées ci-dessus, le tableau 3.4 résume les résultats du bilan de l'eau pour le site de la mine Troilus. Les apports sous terrains n'ont pas été évalués.

Tableau 3.4 Bilan de l'eau à la mine Troilus.

Précipitations moyennes (mm/an)	Évapotranspiration réelle moyenne (mm/an)	Apport total moyen (mm/an)
859	418	441

4 HYDROLOGIE

4.1 Généralités

L'ensemble des informations présenté dans cette section dresse un portait sommaire des conditions hydrologiques dans le secteur de la mine Troilus après la fermeture de la mine. Les bassins versants à l'étude sont les suivants :

- bassin versant du parc à résidus;
- bassin versant du lac A;
- bassin versant de la fosse 87;
- bassin versant de la fosse J4.

Pour chacune des fosses, il faut aussi déterminer une relation niveau-volume.

4.2 Méthodologie

Dans un premier temps, une revue des données hydrologiques et topographiques disponibles est réalisée. À partir de ces données différentes, les caractéristiques principales des bassins versants à l'étude sont déterminées. Différentes méthodes permettent ensuite d'évaluer les débits moyens et les débits de crue de ces bassins versants.

4.2.1 Données disponibles

Cette section recense les données hydrologiques et topographiques disponibles et nécessaires à la caractérisation des bassins versants et à l'évaluation des débits.

Bassins versants

Les superficies des bassins versants sont évaluées à l'aide de la topographie des cartes 1 : 20 000 et de la topographie réalisée par les mines INMET en 2004 sur le site minier.

Jaugeages

Des jaugeages sont périodiquement effectués à différentes stations réparties sur la superficie occupée par la mine. Le tableau 4.1 présente les caractéristiques de la station utilisée dans la présente étude.

Tableau 4.1 Stations de mesures périodique des débits sur le site de la mine.

Station	Type d'échantillon	Localisation	Fréquence de mesure
EXT-12	Cours d'eau	Exutoire du lac A	Trimestriel (sauf en hiver)

Stations hydrométriques

Les données de nombreuses stations hydrométriques mesurant des débits sont disponibles aux alentours du site étudié. Le tableau 4.2 présente les différentes stations hydrométriques considérées dans cette étude.

Tableau 4.2 stations hydrométriques à proximité du site étudié.

Nom de la station	Numéro provincial	Bassin versant (km^2)	Années disponibles
Rivière à la Marte près de la rivière Rupert	03BB003	4 490	1980 – 1988
Rivière Broadback en amont du lac Evang	03BD001	10 900	1967 – 1972
Rivière Broadback, à la sortie du lac Kenoniska	03BD002	9 684	1980 – 2009
Rivière Eastmain en amont de la rivière Cauouatstacau	03CA001	11 600	1967 – 1983
Rivière Eastmain en aval de la rivière à l'eau claire	03CB001	27 700	1961 – 1980
Rivière à l'eau claire	03CB003	1 870	1962 – 1981
Rivière Eastmain à la tête de la gorge Prosper	03CB004	21 400	
Rivière Manouane, à la sortie du lac Duhamel	02RB004	1 717	1980 – 2009

4.2.2 Évaluation des débits

Débits de crue

Différentes méthodes sont utilisées pour évaluer les débits de crue instantanée associés à différentes récurrences dans les bassins versant à l'étude.

Méthode rationnelle

La méthode rationnelle est utilisée pour déterminer le débit de crue d'un bassin versant pour différentes périodes de récurrence en fonction des caractéristiques du bassin versant (superficie totale, longueur du cours d'eau, superficie de milieu humide, pentes moyennes, pente moyenne du cours d'eau, etc.). Cette méthode est recommandée pour les bassins versants de petite superficie (inférieure à 40 km²) lorsqu'aucune mesure de débit n'y est effectuée. La méthode est présentée dans le Manuel de conception des ponceaux (Ministère des Transports du Québec, avril 2004).

Méthode régionale

Des méthodes de régionalisation ont été développées pour l'ensemble du Québec, à partir des données des stations hydrométriques québécoises par Anctil, Martel et Hoang (1998). Les débits de crue sont déterminés à partir de la multiplication du débit de crue moyen par des quantiles régionaux de crue associés à différentes récurrences.

Analyse fréquentielle

L'analyse fréquentielle évalue les débits de crues pour différentes récurrences dans un bassin versant à partir de mesures de débits aux stations hydrométriques. Cette méthode est utilisée pour déterminer les débits à l'exutoire du lac A. Étant donné le manque de mesure de débits à l'exutoire du lac A, les valeurs de débits transférées d'une station hydrométrique d'un autre bassin versant sont utilisées.

Débits moyens

Les débits moyens annuels sont évalués à partir des données des stations hydrométriques proches du site de la mine transférées aux bassins versant étudiés.

4.2.3 Relation niveau volume dans les fosses 87 et J4

Une relation entre le niveau d'eau dans chacune des fosses étudiées et le volume d'eau qu'elles contiennent est établie. Les données d'arpentage des fosses sont utilisées pour obtenir leur géométrie. Le tracé des bassins versants est présenté à l'annexe A.

4.3 Résultats

4.3.1 Données disponibles

Bassin versants

Le tableau 4.3 présente les superficies et différentes caractéristiques des bassins versants étudiés. Elles sont déterminées à partir des cartes 1 : 20 000 et des données topographiques.

Tableau 4.3 Superficie des bassins versants.

Description du bassin versant	Superficie totale (km²)	Occupation de la superficie totale (%)		Pente moyenne du bassin versant (%)
		Lacs et marais	Forêt	
Fosse 87	1,7	29,9	70,1	5
Fosse J4	0,8	35	65	5
Déversoir du parc à résidu	5,1	9,7	90,3	7,2
Exutoire du lac A	72,5 [1]	16,3	83,7	7,0

1 Bassin versant du tributaire principal du lac A : 30,6 km².

Jaugeages

Des jaugeages sont effectués à l'exutoire du lac A (station EXT-12) entre 1998 et 2008. Les résultats de ces mesures sont présentés à la figure 4.1 et au tableau 4.4

Stations hydrométriques

Puisque le rapport (0,5 à 2,0) de transfert de bassin versant ne peut être respecté, les données de jaugeage à l'exutoire du lac A (station EXT-12) sont comparées aux débits mesurés aux stations hydrométriques la même journée, toutefois transférées à un bassin versant comparable. La figure 4.1 et le tableau 4.4 présentent la comparaison des mesures de jaugeages et des données aux stations hydrométriques sélectionnées. Le tableau 4.5 résume les caractéristiques de ces stations.

Malgré une grande différence dans la superficie des bassins versants, les données de mesures de débits de la station 03BD002 sont retenues pour réaliser l'étude hydrologique. La figure 4.1 et le tableau 4.4 montrent que l'écart entre les mesures à cette station et les jaugeages est moindre.

4.3.2 Évaluation des débits

Débits de crue

Parc à résidus, Fosse 87 et J4

La méthode rationnelle est utilisée pour évaluer les débits de crue dans les bassins versants du parc à résidus et des fosses. Les tableaux 4.6 à 4.8 présentent les résultats obtenus. Les courbes IDF utilisées sont obtenues à la station de l'Aéroport Chibougamau Chapais.

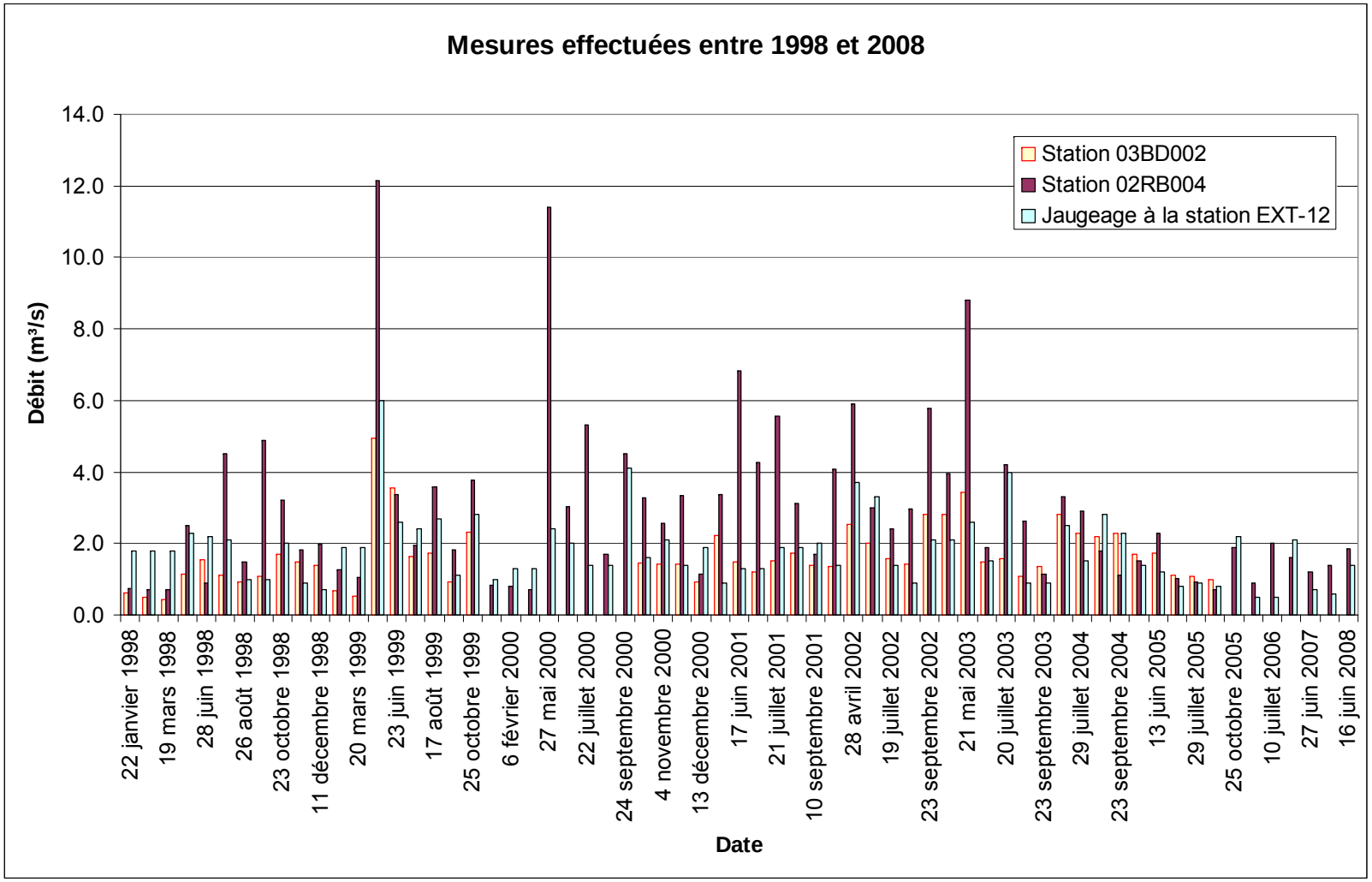


Figure 4.1 Comparaison des débits jaugés à la station EXT-12 et des données aux stations 02RB004 et 03BD002 entre 1998 et 2008.

Tableau 4.4 Comparaison des jaugeages et des mesures aux stations hydrométriques.

Date	Jaugeage à la station EXT-12 (m³/s)	Mesures aux stations (m³/s) [1]		Rapport « Mesure à la station » / « Valeur de Jaugeage »	
		02RB004	03BD002	02RB004	03BD002
22 janvier 1998	1.8	0.7	0.6	0.4	0.3
18 février 1998	1.8	0.7	0.5	0.4	0.3
19 mars 1998	1.8	0.7	0.4	0.4	0.2
31 mai 1998	2.3	2.5	1.2	1.1	0.5
28 juin 1998	2.2	0.9	1.6	0.4	0.7
12 juillet 1998	2.1	4.5	1.1	2.1	0.5
26 août 1998	1	1.5	0.9	1.5	0.9
25 septembre 1998	1	4.9	1.1	4.9	1.1
23 octobre 1998	2	3.2	1.7	1.6	0.9
20 novembre 1998	0.9	1.8	1.5	2.0	1.6
11 décembre 1998	0.7	2.0	1.4	2.8	2.0
6 février 1999	1.9	1.3	0.7	0.7	0.4
20 mars 1999	1.9	1.1	0.5	0.6	0.3
14 mai 1999	6	12.2	5.0	2.0	0.8
23 juin 1999	2.6	3.4	3.6	1.3	1.4
28 juillet 1999	2.4	1.9	1.6	0.8	0.7
17 août 1999	2.7	3.6	1.7	1.3	0.6
25 septembre 1999	1.1	1.8	0.9	1.6	0.9
25 octobre 1999	2.8	3.8	2.3	1.3	0.8
24 janvier 2000	1	0.8	-	0.8	-
6 février 2000	1.3	0.8	-	0.6	-
18 mars 2000	1.3	0.7	-	0.6	-
27 mai 2000	2.4	11.4	-	4.7	-
25 juin 2000	2	3.0	-	1.5	-
22 juillet 2000	1.4	5.3	-	3.8	-
16 août 2000	1.4	1.7	-	1.2	-
24 septembre 2000	4.1	4.5	-	1.1	-
22 octobre 2000	1.6	3.3	1.4	2.1	0.9
4 novembre 2000	2.1	2.6	1.4	1.2	0.7
18 novembre 2000	1.4	3.3	1.4	2.4	1.0
13 décembre 2000	1.9	1.1	0.9	0.6	0.5
26 mai 2001	0.9	3.4	2.2	3.8	2.5
17 juin 2001	1.3	6.8	1.5	5.3	1.1
24 juin 2001	1.3	4.3	1.2	3.3	0.9
21 juillet 2001	1.9	5.6	1.5	2.9	0.8
18 août 2001	1.9	3.1	1.7	1.6	0.9
10 septembre 2001	2	1.7	1.4	0.8	0.7
6 octobre 2001	1.4	4.1	1.4	2.9	1.0
28 avril 2002	3.7	5.9	2.5	1.6	0.7
22 juin 2002	3.3	3.0	2.0	0.9	0.6
19 juillet 2002	1.4	2.4	1.6	1.7	1.1
25 août 2002	0.9	3.0	1.4	3.3	1.6
23 septembre 2002	2.1	5.8	2.8	2.8	1.3
21 octobre 2002	2.1	4.0	2.8	1.9	1.3

Tableau 4.4 (suite) Comparaison des jaugeages et des mesures aux stations hydrométriques.

Date	Jaugeage à la station EXT-12 (m³/s)	Mesures aux stations (m³/s) [1]		Rapport « Mesure à la station » / « Valeur de Jaugeage »	
		02RB004	03BD002	02RB004	03BD002
21 mai 2003	2.6	8.8	3.4	3.4	1.3
21 juin 2003	1.5	1.9	1.5	1.3	1.0
20 juillet 2003	4	4.2	1.6	1.1	0.4
25 août 2003	0.9	2.6	1.1	2.9	1.2
23 septembre 2003	0.9	1.1	1.3	1.3	1.5
17 juin 2004	2.5	3.3	2.8	1.3	1.1
29 juillet 2004	1.5	2.9	2.3	1.9	1.5
31 août 2004	2.8	1.8	2.2	0.6	0.8
23 septembre 2004	2.3	1.1	2.3	0.5	1.0
25 octobre 2004	1.4	1.5	1.7	1.1	1.2
13 juin 2005	1.2	2.3	1.7	1.9	1.4
26 juillet 2005	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4
29 juillet 2005	0.9	0.9	1.1	1.0	1.2
15 août 2005	0.8	0.7	1.0	0.9	1.2
25 octobre 2005	2.2	1.9	-	0.9	-
21 juin 2006	0.5	0.9	-	1.8	-
10 juillet 2006	0.5	2.0	-	4.0	-
15 août 2006	2.1	1.6	-	0.8	-
27 juin 2007	0.7	1.2	-	1.7	-
24 juillet 2007	0.6	1.4	-	2.3	-
16 juin 2008	1.4	1.9	0.0	1.3	
Valeurs moyennes	1,8	3,2 [2]	1,35 [2]	1,75	0,98

1 Les mesures indiquées sont transférées au bassin versant à l'exutoire du lac A.
2 Moyenne des mesures sur toutes les années disponibles aux stations.

Tableau 4.5 Caractéristiques des stations hydrométriques utilisées.

Numéro provincial	Distance au site étudié (km)	Superficie du bassin versant (km²)	Coefficient de transfert au bassin versant du lac A	Années de mesure
03BD002	154	9 684	133,5	1972 – 2009
02RB004	275	1 717	23,7	1980 – 2009

Tableau 4.6 Résultats de la méthode rationnelle au parc à résidus.

Récurrence	Intensité de précipitation (mm/h) [1]	Temps de concentration (minutes)	Débit de crue (m³/s)	Débit de crue unitaire (L/s.ha)
2 ans	18,5		2,6	5,1
10 ans	27,1		3,8	7,4
25 ans	31,6	108	4,4	8,6
50 ans	34,8		4,8	9,4
100 ans	38,0		5,3	10,4

1 Pour 60 minutes de précipitations.

Tableau 4.7 Résultats de la méthode rationnelle à la fosse 87.

Récurrence	Intensité de précipitation (mm/h) [1]	Temps de concentration (minutes)	Débit de crue (m³/s)	Débit de crue unitaire (L/s.ha)
2 ans	18,5		1,2	6,8
10 ans	27,1		1,7	9,7
25 ans	31,6	83	2,0	11,4
50 ans	34,8		2,2	12,6
100 ans	38,0		2,4	13,7

1 Pour 60 minutes de précipitations.

Tableau 4.8 Résultats de la méthode rationnelle à la fosse J4.

Récurrence	Intensité de précipitation (mm/h) [1]	Temps de concentration (minutes)	Débit de crue (m³/s)	Débit de crue unitaire (L/s.ha)
2 ans	18,5		0,6	8,0
10 ans	27,1		0,9	12,0
25 ans	31,6	60	1,1	14,7
50 ans	34,8		1,2	16,0
100 ans	38,0		1,3	17,4

1 Pour 60 minutes de précipitations.

Lac A

Différentes méthodes sont utilisées pour déterminer les débits de crue à l'exutoire du lac A. Le tableau 4.9 compare les résultats obtenus pour des crues associées à différentes récurrences.

Tableau 4.9 Débits de crue à l'exutoire du lac A.

Récurrence	Méthode rationnelle (m^3/s) [1]	Méthode régionale (station 03BD002) (m^3/s)	Analyse fréquentielle (station 03BD002) [2]	
			Débit de crue instantané [3] (m³/s)	Débit de crue unitaire (L/s.ha)
2 ans	5,3	4	4,5	0,6
10 ans	7,9	5	6,2	0,8
25 ans	9,3	6	6,8	0,9
50 ans	10,2	6	7,4	1,0
100 ans	11,2	7	7,8	1,1

1 Les courbes IDF sont obtenues à la station de l'aéroport Chibougamau Chapais située à plus de 200 km au sud de la mine.
2 Distribution Log normale à 2 paramètres.
3 En considérant un facteur de pointe de 1,3.

Les résultats de l'analyse fréquentielle sont retenus puisque cette méthode utilise les débits mesurés depuis plus de 30 années à la station 03BD002. D'après la section 4.3.1, cette station offre la meilleure corrélation avec les débits jaugés à la station EXT-12 à l'exutoire du lac A.

Débits moyens

Les débits moyens à l'exutoire du lac A sont évalués en transférant les données de la station 03BD002 à un bassin versant comparable. Le débit moyen annuel obtenu en considérant les 30 années de mesures disponibles à la station est :

$$Q_{moy} = 1{,}35 \text{ m}^3/\text{s}.$$

4.3.3 Relation niveau volume dans les fosses 87 et J4

À partir des données d'arpentage des fosses, des relations entre le niveau d'eau dans les fosses et le volume d'eau qu'elles contiennent sont déterminées. La figure 4.2 présente les résultats. Des courbes de tendances polynomiales de degrés 2 sont établies à partir des tracés de la figure 4.2. Les coefficients de régression sont de 0,99 pour les deux relations. Les équations des relations niveau-volume des fosses sont les suivantes :

Fosse 87

$$V = 953.h^2 - 251552.8.h + 17846601.9$$

Fosse J4

$$V = 2601{,}3.h^2 - 1572776.3.h + 237819018.8$$

Avec :

V : volume d'eau contenu dans la fosse (m³);
h : élévation géodésique du niveau d'eau dans la fosse (m).

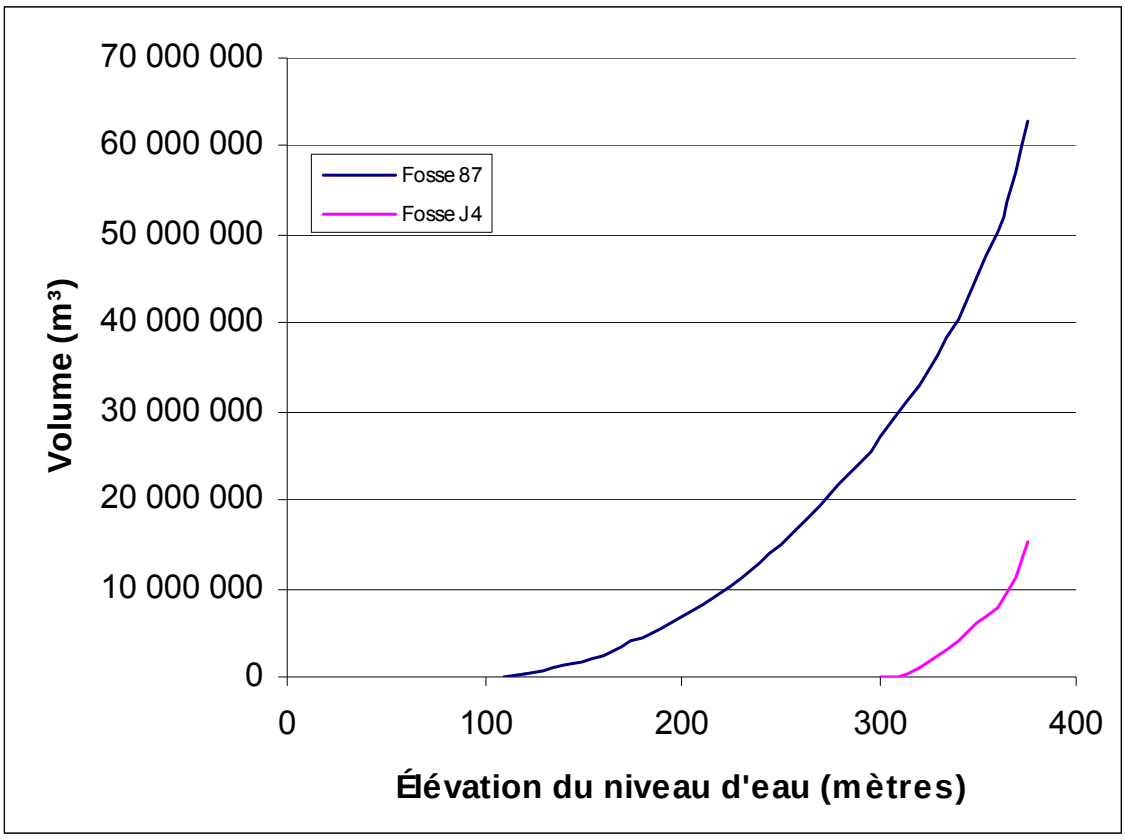


Figure 4.2 Relations niveau-volume dans les fosses 87 et J4.

5. HYDROGÉOLOGIE

L'évaluation des conditions hydrogéologiques est basée sur l'interprétation de données de forage et d'essais dans ces forages. Ces données sont extraites de différents rapports et dossiers externes et internes transmis par Inmet. Les coordonnées et données de construction des forages utilisés sont présentées au tableau 5.1. Ces ouvrages incluent des puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles, d'autres aménagés dans le roc ainsi que des puits d'essai laissés ouverts dans le roc pour éventuellement servir de puits de dénoyage ou de pompage. Les profondeurs d'aménagement varient ainsi de quelques mètres à près de 200 m. Plusieurs de ces ouvrages ont été détruits ou abandonnés et ne sont plus accessibles.

Tableau 5.1 Données de construction des ouvrages de suivi hydrogéologique.

No	Référence	Date forage	Coordonnées		Élévation (m)		Profondeur (m)		
			N (m)	E (m)	Tubage	Sol	Forage	Base crépine	Roc
TF-01-94 S	1	1994-11-19	10127	10137		382,09	12,4	8,5	9,04
TF-02-94 R	1	1994-11-20	10310	9995		376,10	9,9	8,9	6,9
TF-03-94 S	1	1994-11-23	11435	10030		372,62	10,3	6,4	6,99
TF-03-94 R	1	1994-11-23	11435	10030		372,62	10,3	9,3	6,99
TF-04-94 S	1	1994-11-22	11489	10092		383,39	17,4	16,9	>17,4
TF-05-94 S	1	1994-11-27	10825	9855		375,90	18,2	16,3	14,62
TF-06-94 S	1	1994-11-25	11078	9892		372,84	12,2	8,6	9,12
PM1 S									
PM2 R	2	1996-08-29			367,57	366,86	15,7	15,2	10,51
PM3 S	2	1996-08-29				357,34	5,07	4,55	N/A
PT1	3	1997-08-27	13701,522	10694,372	383,95	383,188	198,2	Ouvert	14,3
PT2	3	1997-09-05	13506,805	9875,398	368,206	367,261	162,5	Ouvert	7,0
PT3	3	1997-09-01	13546,599	9872,448	367,579	366,979	198,2	Ouvert	8,8
PT4	3	1998-02-04	13842,770	10593,294	373,317	372,368	137,2	Ouvert	6,1
PT5	3	1998-02-08	13399,782	10256,119	330,639	329,938	122,0	Ouvert	2,7
PT6	3	1998-02-09	13387,479	10404,562	341,349	340,773	122,0	Ouvert	2,1
PZ1	3		13045,560	10314,018	368,862	367,964	201,2		7,3
PZ1-H	3							49,1	
PZ!-C	3							122,6	
PZ!-P	3							201,2	
PZ2	3		13503,397	9874,721	368,393	367,432	125,0		7,9
PZ2-H	3							48,5	
PZ2-C	3							101,2	
PZ2-P	3							125	
PZ3	3		13901,076	9858,588	370,225	369,369	137,2		12,2
PZ3-H	3							48,8	

Tableau 5.1 (suite) Données de construction des ouvrages de suivi hydrogéologique.

No	Référence	Date forage	Coordonnées		Élévation (m)		Profondeur (m)		
			N (m)	E (m)	Tubage	Sol	Forage	Base crépine	Roc
PZ3-C	3							101,2	
PZ3-P	3							137,2	
PZ4	3		13896,534	10598,809	373,263	372,508	150,9		7,6
PZ4-H	3							47,6	
PZ4-C	3							100,6	
PZ4-P	3							150,9	
PZ5	3		13547,958	10567,364	372,568	371,731	170,1		11
PZ5-H	3							48,5	
PZ5-C	3							124,4	
PZ5-P	3							170,1	
PZ1-M	3		13040,927	10315,481	368,873	368,075	9,8	9,8	7,3
PZ2-M	3		13498,572	9874,354	368,397	367,61	9,5	9,5	7,6
PZ4-M	3		13894,662	10595,175	373,334	372,70	11,0	11	8,5
PZ5-M	3		13551,520	10569,606	372,490	371,598	14,3	14,3	12,8
PF-1	4					371,58	17,83		11,00
PF-2	4					378,52	25,47		21,50
PH-1	4					366,36	13,34		7,00
FH-2	4					375,00	15,39		9,50
PH-2	4					371,72	19,46		10,60
FH-4	4					378,00	8,29		4,32
PP-13	4					376,38	6,79		2,42
FP-11	4					380,00	9,62		5,10
FP-12	4					382,00	13,41		7,12
PP-10	4					380,38	24,51		20,75
FP-6	4					392,00	6,65		1,90
FP-4	4					405,00	21,00		15,30
PP-3	4					397,47	25,44		11,35
FP-1	4					419,08	31,37		26,85
FP-5	4					402,00	13,24		8,86
PP-2	4					403,00	36,07		28,74
FP-7	4					390,00	24,77		5,73
PP-9	4					375,19	13,54		8,85

Référence : 1 Techmat inc., mars 1995. Projet Troilus - Étude géotechnique, campagne 1994. Tome II, annexe. Rapports de forage.
2 Techmat inc., septembre 1996. Transmission des rapports de chantier - Forages et installation des piézomètres PM-2 et _M-3 - Projet de la mine Troilus - Région de Chibougamau - Chapais (Québec).
3 Tableau signé Dorien Caron, Mine Troilus, 18 février 1998.
4 GEOCON, division de SNC-Lavalin Environnement Inc., Avril 1993. Plan de localisation M-5937-1, extrait du rapport : Étude hydrologique et hydrogéologique - Projet Troilus, Rapport final. Corporation Minière Metall. Juillet 1993.

Note TF : Les TF sont des forages géotechniques aménagés en puits d'observation, réalisés au site du parc à résidus.

Note PM : Les PM sont des puits d'observation aménagés dans le sol ou le toît du roc. PM1 est situé au pied de la section nord de la digue du parc <a résidus; PM2 à l'ouest de la fosse 87; PM3 près du lac A.

Note PT : Les PT sont des forages d'eau laissés ouverts dans le roc en vue de leur pompage. Certains ont été utilisés comme puits de dénoyage et d'autres pour l'approvisionnement en eau.

Note PZ : Les PZ1 à PZ5 C, P et H sont des puits d'observation aménagés dans le roc autour de la fosse 87 en vue du suivi piézométrique et d'un éventuel échantillonnage. Les crépines y ont été aménagées à la base du forage (P, couleur blanche), au centre du forage (C, couleur orange) et à environ 48 m de profondeur (H, couleur verte). Un bouchon de peltonite a été mis en place à environ un mètre sous les deux crépines supérieures. Un sable filtrant a été mis en place entre chacun des bouchons et entre le dernier bouchon et le fond du forage.

Note PZ M : Les PZ1 à PZ5 M sont des puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles, juste au-dessus du contact du roc.

5.1 Unités hydrogéologiques

Deux unités géologiques distinctes correspondant à deux unités hydrogéologiques sont observées au site, à savoir le till et le roc. Les données simplifiées de stratigraphie sont présentées au tableau 5.2.

Tableau 5.2 Stratigraphie simplifiée.

Forage	Référence	Épaisseur (m)			Prof. (m)	Élévation (m)	
		Organiques	Sable	Till	Roc	Roc	Sol
TF-01-94	1	0,10	3,90	5,04	9,04	383,05	392,09
TF-02-94	1	2,04	0,00	4,86	6,90	369,20	376,10
TF-03-94	1	0,20	1,88	5,09	6,99	365,63	372,62
TF-04-94	1	0,00	10,00	7,40			383,39
TF-05-94	1	0,10	2,89	11,72	14,62	361,28	375,90
TF-06-94	1	0,20	0,00	8,92	9,12	363,72	372,84
PM-2	2	1,46	0,00	9,05	10,51	356,35	366,86
PT1	3, 5	0,00	12,80	1,40	14,30	368,89	383,19
PT2	3, 5	0,00	0,00	7,00	7,00	360,26	367,26
PT3	3, 5	0,00	0,00	6,40	8,84	358,14	366,98
PT4	3, 6	0,00	6,10	0,00	6,10	366,27	372,37
PT5	3, 6	0,00	0,00	0,00	0,00	329,94	329,94
PT6	3, 6	0,00	0,00	0,00	0,00	340,77	340,77
PF-1	4	0	0,00	11,00	11,00	360,48	371,58
PF-2	4	0	13,50	8,00	21,50	357,02	378,52
PH-1	4	1,00	2,00	4,00	7,00	359,25	366,36
FH-2	4	0,00	9,50	0,00	9,50	365,50	375,00
PH-2	4	0,00	0,00	10,60	10,60	360,48	371,72
FH-4	4	0,00	1,50	2,82	4,32	373,68	378,00
PP-13	4	0,00	2,42	0,00	2,42	373,79	376,38
FP-11	4	0,00	5,10	0,00	5,10	374,90	380,00
FP-12	4	0,00	0,00	7,12	7,12	374,88	382,00
PP-10	4	0,00	9,00	11,25	20,75	359,63	380,38
FP-6	4	0,45	1,55	0,00	1,90	385,35	392,00
FP-4	4	0,00	11,00	4,30	15,30	389,70	405,00
PP-3	4	0,00	3,65	7,70	11,35	386,12	397,47
FP-1	4	0,00	11,00	16,85	26,85	391,23	419,08
FP-5	4	0,00	8,86	0,00	8,86	393,14	402,00

Tableau 5.2 (suite) Stratigraphie simplifiée.

Forage	Référence	Épaisseur (m)			Prof. (m)	Élévation (m)	
		Organiques	Sable	Till	Roc	Roc	Sol
PP-2	4	0,00	0,00	28,74	28,74	374,26	403,00
FP-7	4	0,00	2,50	2,23	5,73	384,27	390,00
PP-9	4	0,00	4,00	4,85	8,85	366,34	375,19
Minimum		0,00	0,00	0,00	0,00	329,94	329,94
Maximum		2,04	13,50	28,74	28,74	393,14	419,08
Moyenne		0,18	3,97	6,01	10,01	368,45	378,84
Médiane		0,00	2,42	5,04	8,86	366,30	376,38
Écart-type		0,47	4,43	6,10	6,99	14,27	17,30

Référence : 1 Techmat inc., mars 1995. Projet Troilus - Étude géotechnique, campagne 1994. Tome II, annexe. Rapports de forage.
2 Techmat inc., septembre 1996. Transmission des rapports de chantier – Forages et installation des piézomètres PM-2 et _M-3 - Projet de la mine Troilus – Région de Chibougamau – Chapais (Québec).
3 Tableau signé Dorien Caron, Mine Troilus, 18 février 1998.
4 GEOCON, division de SNC-Lavalin Environnement Inc., Avril 1993. Plan de : localisation M-5937-1, extrait du rapport ; Étude hydrologique et hydrogéologique – Projet Troilus, Rapport final. Corporation Minière Metall. Juillet 1993.
5 Henri Cousineau et Fils inc., rapports de forage (PT1 à PT-3).
6 Puisatiers de Delisle inc., rapports de forage (PT4 à PT6).

L'unité du till peut à la limite être subdivisée en deux sous-unités, à savoir le sable de surface dont la granulométrie moyenne correspond à un sable fin à grossier avec un peu de gravier pour un coefficient d'uniformité (CU) moyen de 6 et le till proprement dit dont la granulométrie moyenne correspond à un sable fin à moyen silteux avec un peu de gravier, pour un CU moyen de 22 à 35. Le CU représente le rapport entre les diamètres des grains correspondant au pourcentage passant 60 % et 10 %. Un CU important comme pour l'unité du till témoigne d'un vaste étalement des granulométries. Pour des granulométries moyennes équivalentes, la perméabilité devrait normalement diminuer avec l'augmentation du CU et l'augmentation de la densité.

Les deux sous-unités sable et till ont des épaisseurs variables sur le site. Ainsi, dans 15 puits d'exploration réalisés le long de la déviation du ruisseau à l'ouest de la fosse J4, le roc a été rencontré entre 1,5 et 4,0 m de profondeur (Golder, 2002). L'épaisseur de la sous-unité du till y varie entre 0,9 et 3,2 m alors que le sable n'est rencontré qu'à trois puits où son épaisseur est de 0,5 à 0,8 m.

Au site de la fosse 87, l'épaisseur moyenne de sable aurait été de 1 à 3 m et l'épaisseur de till de 5 à plus de 7 m (Martin D.C. et Frigon D., 1996). Deux forages réalisés en avant-projet au site de la fosse 87 ont intercepté 11,1 m de till pour l'un (PF-1) et 13,5 m de sable sur 8,0 m de till pour le second (PF-2) (Geocon, 1993).

Vingt huit forages répartis sur le site ont interceptés entre 0 et 12,8 m de sable reposant sur 0 à 28,7 m de till pour des épaisseurs moyennes de 4,0 m de sable et de 6,0 m de till, ce qui se rapproche de la lithologie moyenne observée au site de la fosse 87. L'épaisseur moyenne des dépôts meubles est de 10,0 m. Il faut cependant noter qu'il est parfois difficile de faire la différence entre le sable et le till, et que les premiers mètres de sol ne sont généralement pas saturés. Ainsi, en avant-projet, l'eau souterraine était rencontrée entre 3,2 et 6,7 m sous la surface près du site de la fosse 87 et entre 0,90 et 10,6 m au site de l'actuel parc à résidus. La pertinence de séparer le till en deux sous-unités au fin de la modélisation hydrogéologique doit donc être évaluée.

Le roc, normalement peu perméable, pourrait avoir une perméabilité de fissures associées aux zones de failles, aux différents systèmes de joints ainsi qu'aux intrusions graboïques et de dykes felsiques. Ce sont toutes des structures géologiques pouvant favoriser la circulation de l'eau souterraine, ce qui a été confirmé par plusieurs observations visuelles faites en cours d'exploitation par le personnel de la Mine Troilus et par des consultants externes.

5.2 Paramètres hydrogéologiques

Les paramètres hydrogéologiques extraits des quelques rapports disponibles sont reproduits au tableau 5.3. Il s'agit de la conductivité hydraulique calculée d'essais *in situ* réalisés dans des puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles ou dans le roc. Des paramètres lugeon calculés d'essai d'absorption d'eau réalisés dans le roc sont aussi indiqués. La conductivité hydraulique équivalente est calculée en utilisant une équivalence de $1{,}24 \times 10^{-7}$ m/s par unité lugeon. Cette équivalence a été calculée via l'équation de Darcy et une charge de 10 bars, standard pour les essais lugeon. Deux essais de pompage réalisés au puits de dénoyage PT1 et PT2 (Henri Cousineau et Fils, 1997) ont été interprétés. Les paramètres calculés sont reproduits au tableau 5.4 alors que les feuilles de calculs sont présentées à l'annexe B.

5.2.1 Dépôts meubles

La conductivité hydraulique du sable calculée à deux sites est de $3{,}00 \times 10^{-5}$ m/s et de $3{,}40 \times 10^{-6}$ m/s (Techmat, 1994). Geocon (1993), dans le cadre d'une modélisation numérique, a utilisé une conductivité hydraulique de 1×10^{-5} m/s pour la sous-unité du sable.

Tableau 5.3 Paramètres hydrogéologiques extraits de la documentation.

Ouvrage	Réf.	Unité	Prof. (m)	k (m/s)			Lugeon Roc	Équivalent k (m/s)	Q estimé Roc (m^3/h)
				Sable	Till	Roc			
TF-01-94	1	Sable	2,6	3,40E-06					
	1	Till	8,6		1,00E-07				
	1	Roc	10,2				0	0	
	1	Roc	11,6				0	0	
TF-02-94	1	Till	4,2		6,70E-06				
	1	Roc	8				0,4	4,96E-08	
	1	Roc	9				220	2,73E-05	
TF-03-94	1	Till	5,8		5,20E-05				
	1	Roc	8				160	1,98E-05	
	1	Roc	9,5				0,1	1,24E-08	
TF-04-94	1	Sable	4	3,00E-05					
	1	Till	11,4		2,40E-06				
	1	Till	16,4		2,40E-05				
TF-05-94	1	Till	4,2		6,80E-06				
	1	Roc	17,3				0,2	2,48E-08	
TF-06-94	1	Till	2,8		9,10E-06				
	1	Till	5,7		1,00E-05				
	1	Till	8,9		8,10E-06				
	1	Roc	11,2				85	1,05E-05	
PT1	5	Roc	198,2						56,7
PT2	5	Roc	162,5						68,0
PT3	5	Roc	198,2						Sec
PT4	6	Roc	137,2						45,4
PT5	6	Roc	122,0						34,0
PT6	6	Roc	122,0						39,7
Général	4	Écart de 6 valeurs	De à		1,30E-06 3,20E-06				
Général	4	Roc (2 valeurs)	et			1,30E-08 2,40E-07			
Minimum				3,40E-06	1,00E-07	1,30E-08		0,00E+00	
Maximum				3,00E-05	5,20E-05	2,40E-07		2,73E-05	
Moyenne				1,67E-05	1,12E-05			7,22E-06	
Médiane				1,67E-05	6,80E-06			3,72E-08	

Référence : 1 Techmat inc., mars 1995. Projet Troilus - Étude géotechnique, campagne 1994. Tome II, annexe. Rapports de forage.
4 GEOCON, division de SNC-Lavalin Environnement Inc., Juillet 1993. Étude hydrologique et hydrogéologique - Projet Troilus, Rapport final. Corporation Minière Metall.
5 Henri Cousineau et Fils inc., rapports de forage (PT1 à PT-3).
6 Puisatiers de Delisle inc., rapports de forage (PT4 à PT6).

Note : 1 k : conductivité hydraulique calculée via des essais in situ, valeurs extraites des rapports.
2 1 unité lugeon = 1 litre/mètre de forage/minute, obtenu par injection d'eau sous une pression de 10 bars dans le roc. 1 lugeon = approx 1,24 x 10^{-7} m/s. 0 lugeaon est ici considéré comme inférieur à 1 x 10^{-9} m/s.
3 Le débit Q estimé dans le roc est celui estimé via l'injection d'air suite à l'arrêt du forage.

Tableau 5.4 Paramètres hydrogéologiques calculés via l'interprétation de deux essais de pompage.

Ouvrage	Essai	T (m^2/j)	k (m/s)	S
PT2	Pompage (72 hres)	14,1	1,06E-06	
	Remontée	14,1	1,06E-06	
PZ2-P	Rabattement	20,7	1,56E-06	6,17E-04
PT2, PZ2P, PZ3P, PZ1P	Rabattement-distance	28,8	2,17E-06	3,90E-04
PT1	Pompage (72 hres)	23,6	1,45E-06	
	Remontée	23,8	1,46E-06	
PZ4-P	Rabattement	16,9	1,04E-06	7,85E-05
PZ5-P	Rabattement	28,8	1,77E-06	1,62E-04
PT1, PZ4P, PZ5P	Rabattement-distance	38,8	2,89E-06	2,10E-05

T = Coefficient de transmissivité; T = k x b
k = Conductivité hydraulique
b = Épaisseur d'aquifère capté, ici le roc
S = Coefficient d'emmagasinement (sans unité)

Note : Les paramètres hydrogéologiques sont interprétés des données de pompage extraites des rapports produits par Henri Cousineau et Fils. Les rapports d'interprétation sont présentés en annexe.

L'unité du till a une conductivité hydraulique relativement variable. Ainsi pour 9 essais, à des sites et/ou des profondeurs différentes, elle varie entre 2,40 x 10^{-5} m/s et 1,00 x 10^{-7} m/s (Techmat, 1994). Geocon (1993) fait référence à six essais ayant donné des conductivités hydrauliques variant entre 1,3 x 10^{-6} m/s et 3,2 x 10^{-6} m/s, ce qui représente des résultats moins étalés. Sur cette base, Geocon (1993) a utilisé une conductivité hydraulique de 1,00 x 10^{-6} m/s pour sa modélisation. Par contre, La valeur médiane de l'ensemble des données disponibles serait plus près de 6,8 x 10^{-6} m/s. À nouveau, la pertinence de séparer l'unité du till en deux sous-unités doit être analysée en considérant l'étalement des valeurs de conductivité hydraulique du till et sa valeur médiane versus les quelques données disponibles pour le sable.

5.2.2 Socle rocheux

Les conductivités hydrauliques du roc estimées des essais lugeon (Techmat, 1994) varient entre moins de 1,00 x 10^{-9} m/s et 2,7 x 10^{-5} m/s. Compte tenu de la précision du matériel utilisé pour les essais d'absorption d'eau, une valeur de 1,00 x 10^{-9} m/s est utilisée arbitrairement comme valeur minimale correspondant à un paramètre lugeon de 0. En fait, il correspond à un paramètre lugeon de 0,01. Geocon (1993) fait référence à deux essais de perméabilité *in situ* ayant donné 1,30 x 10^{-8} m/s et 2,40 x 10^{-7} m/s. La perméabilité du roc est donc très variable et on comprend que le roc est une unité hydrogéologique hétérogène, l'écoulement s'y faisant via un réseau discontinu de fissures d'où l'étalement des conductivités hydrauliques calculées.

L'interprétation de deux essais de pompage réalisés au puits PT1 et PT2 a permis de calculer des coefficients de transmissivité variant entre 14,1 et 38,8 m^2/j pour des conductivités hydrauliques variant entre 1,60 x 10^{-6} m/s et 2,89 x 10^{-6} m/s, ce qui correspond à un aquifère d'une capacité intermédiaire, c'est-à-dire pouvant alimenter une petite communauté (Krasny J, 1993) (courbes d'interprétation présentées à l'annexe A). Des coefficients d'emmagasinement variant entre 2,10 x 10^{-5} et 6,17 x 10^{-4} ont été calculés pour une médiane de 1,60 x 10^{-4}. Ces valeurs de coefficient d'emmagasinement indiquent que l'aquifère du roc est captif et que le réseau de fissures est partiellement isolé de l'aquifère des dépôts meubles. Ce point est d'ailleurs vérifié par le fait que le puits d'observation PZ2-M, aménagé dans les dépôts meubles et situé à quelques mètres du puits PT2, n'a pas réagi lors du pompage de ce dernier.

La remontée, suite au pompage du puits PT2, s'est faite à peu près à la même vitesse que le rabattement lors du pompage. Par contre, la vitesse de remontée au puits PT1 a été plus lente que celle observée en rabattement. C'est donc dire que la remontée du niveau d'eau dans la fosse pourrait prendre plus de temps que la durée du dénoyage. Cela est aussi un indice comme quoi la perméabilité du roc diminuerait en s'éloignant de la fosse, d'où une recharge limitée.

Ces deux essais de pompage ont évidemment été réalisés aux sites de deux forages présentant un bon potentiel par rapport à d'autres forages. Cependant, il ressort que le roc n'est pas totalement imperméable comme le supposait Geocon (1993) dans sa modélisation.

Il semblerait aussi, à la lumière des données de perméabilité, que le roc soit plus fissuré et perméable près de la fosse 87 qu'au site du parc à résidus. L'interprétation des essais de pompage suivant la méthode rabattement-distance montre des réactions après 72 heures de pompage dans plusieurs forages aménagés dans le roc et cela jusqu'à des distances de 600 à plus de 1 000 m de distance. Le réseau de failles et joints observés au site de la fosse 87 est donc relativement continu dans le secteur de la fosse 87. Rappelons que la minéralisation est normalement associée à des structures géologiques qui favorisent aussi l'écoulement souterrain.

Le taux de dénoyage, au début de l'excavation de la fosse 87, aurait été relativement constant à 90 m^3/h (Martin D.C. et Frigon D., 1996). Un mémo interne (Inmet, 11 septembre 2000) montre un tableau reproduit ci-après (tableau 5.5) où les infiltrations moyennes sont indiquées comme ayant varié entre 534 guspm (121 m^3/h) et 1 077 guspm (244 m^3/h) entre 1997 et 2000. La moyenne pour l'année 2000 ne tient cependant compte que des cinq premiers mois. Elle serait

sans doute supérieure pour l'année complète. Dans un mémo interne (Inmet, 18 septembre 2001), il est fait référence à une entrée d'eau dans la fosse 87 variant entre 1 200 et 1 500 guspm, soit entre 270 et 340 m^3/h dont 50 % proviendrait des secteurs Sud et Sud-Est, 40 % du secteur Nord et 10 % des murs Est et Ouest. Le débit moyen horaire de l'effluent combiné des fosses 87 et J4 aurait été de 338 m^3/h en 2006 et de 275 m^3/h en 2007 (GENIVAR, 2008). Le débit de dénoyage semble avoir augmenté jusqu'au taux d'environ 340 m^3/h, pour ensuite se stabiliser et même diminuer sensiblement. Cela suggère qu'un état d'équilibre a été atteint entre 2001 et 2006.

Tableau 5.5 Débits moyens d'infiltration d'eau dans la fosse 87.

	1997	1998	1999	2000
(guspm)				
Janvier	266	799	592	918
Février	266	1110	533	876
Mars	651	1024	1024	1332
Avril	1983	987	1169	1103
Mai	947	592	1006	1154
Juin	148	691	1088	
Juillet	148	1016	1117	
Août	118	1006	953	
Septembre	178	518	984	
Octobre		688	1886	
Novembre		318	1219	
Décembre		607	1095	
Moyenne	**534**	**788**	**1052**	**1077**
(m^3/h)				
Janvier	60,3	181,2	134,3	208,2
Février	60,3	251,7	120,9	198,7
Mars	147,6	232,2	232,2	302,1
Avril	449,7	223,9	265,1	250,2
Mai	214,8	134,3	228,2	261,7
Juin	33,6	156,7	246,8	
Juillet	33,6	230,4	253,3	
Août	26,8	228,2	216,1	
Septembre	40,4	117,5	223,2	
Octobre		156,0	427,7	
Novembre		72,1	276,5	
Décembre		137,7	248,3	
Moyenne	**121,1**	**178,7**	**238,6**	**244,3**

Il est possible d'estimer la conductivité hydraulique de masse du roc au pourtour de la fosse 87 via l'équation de Thiem (Chapuis, 1999) :

$$Q = \pi k (h_2^2 - h_1^2) / \ln (r_2/r_1)$$

Où :

- Q est le débit d'exhaure, on considère le débit d'exhaure horaire maximal de 340 m^3/h;
- K est la conductivité hydraulique, soit le paramètre recherché;
- h_2 est la hauteur d'eau au-dessus du point de référence, ici le plancher de la fosse, soit 320 m, à une distance r_2 des murs de la fosse que l'on estime être, sur la base des interprétations des essais de pompage au PT1 et PT2, de l'ordre de 1 000 m;
- h_1 est la hauteur d'eau au-dessus du point de référence, soit 0 m, à une distance r_1 du centre de la fosse, ici à 135 m (rayon équivalent du centre de la portion la plus profonde de la fosse).

On obtient ainsi une conductivité hydraulique de $5{,}9 \times 10^{-7}$ m/s, soit plus d'un ordre de grandeur supérieur à ce qui avait été considéré par GEOCON (1993). Cette conductivité hydraulique correspond à la perméabilité de masse du roc situé près de la fosse 87.

5.2.3 Récapitulatif sur les paramètres hydrogéologiques

Pour sommairement caractériser les unités hydrogéologiques, on retiendra les points suivants :

- sous-unité du sable, épaisseur moyenne de 4,0 m et conductivité hydraulique médiane de $1{,}7 \times 10^{-5}$ m/s, épaisseur saturée moyenne nulle près de la fosse 87;
- sous-unité du till, épaisseur moyenne de 6,0 m et conductivité hydraulique médiane de $6{,}8 \times 10^{-6}$ m/s, épaisseur saturée moyenne de près de 5,0 m près de la fosse 87;
- unité du roc à l'intérieur d'une distance de 1 000 m des murs de la fosse 87 et par association de la fosse J4, conductivité hydraulique médiane de $6{,}0 \times 10^{-7}$ m/s;
- unité du roc à plus de 1 000 m des fosses, conductivité hydraulique médiane de $3{,}7 \times 10^{-7}$ m/s.

5.3 Piézométrie en avant projet

La piézométrie en avant projet montrait une direction globale d'écoulement vers le nord (GEOCON, 1993), en accord avec le réseau d'écoulement de surface. L'écoulement, dans le secteur des fosses était orienté vers le NE sous un gradient de 0,5 à 1 % (tableau 5.6).

Tableau 5.6 Données ponctuelles de piézométrie en avant-projet.

No	Référence		Profondeur Eau (m)	Élévation Eau (m)
TF-01-94 S	1	1994-11-28	6,73	375,36
TF-02-94 R	1	1994-11-28	0,26	375,84
TF-03-94 S	1	1994-11-28	0,93	371,69
TF-03-94 R	1	1994-11-28	1,03	371,59
TF-04-94 S	1	1994-11-28	10,59	372,8
TF-05-94 S	1	1994-11-28	3,26	372,64
TF-06-94 S	1	1994-11-28	1,39	371,45
PF-1-S	4	1992-09-15	5,44	366,14
PF-1-R	4	1992-09-15	4,24	367,34
PF-2-S	4	1992-09-15	8,84	369,68
PF-2-R	4	1992-09-15	8,64	369,88
PH-1-S	4	1992-09-15	0,23	366,13
PH-1-R	4	1992-09-15	0,11	366,25
PH-2-S	4	1992-09-15	-0,64	372,36
PH-2-R	4	1992-09-15	0	371,72
PP-13-S	4	1992-09-15	2,29	374,09
PP-13-R	4	1992-09-15	0	376,38
PP-10-S	4	1992-09-15	8	372,38
PP-10-R	4	1992-09-15	8,06	372,32
PP-3-S	4	1992-09-15	2,16	395,31
PP-3-R	4	1992-09-15	2,49	394,98
PP-2-S	4	1992-09-15	19,05	383,95
PP-2-R	4	1992-09-15	29,92	373,08
PP-9-R	4	1992-09-15	13,45	361,74

Référence : 1 Techmat inc., mars 1995. Projet Troilus - Étude géotechnique, campagne 1994. Tome II, annexe. Rapports de forage.

4 GEOCON, division de SNC-Lavalin Environnement Inc., Avril 1993. Plan de localisation M-5937-1, extrait du rapport. Étude hydrologique et hydrogéologique – Projet Troilus, Rapport final. Corporation Minière Metall. Juillet 1993.

Notes : Les identifiants S et R sont ajoutés pour différentier les puits d'observation aménagés dans les sols de ceux aménagés dans le roc

Selon le plan M5937-A (GEOCON, 1993), l'élévation de l'eau souterraine mesurée en septembre 1992, dans deux forages réalisés au droit de la fosse 87, était de 369,88 m dans le roc et de 369,68 m dans le till au site du forage PF-2 et de 367,34 m dans le roc et de 366,44 m dans le till au site du forage PF-1, tous deux réalisés au site de l'actuelle fosse 87. Un faible gradient hydraulique vertical vers le haut était alors observé, témoignant que l'écoulement se faisait partiellement du roc vers les sols correspondant à une zone de décharge.

L'élévation du sol au droit de l'ancien ruisseau qui traversait le site prévu pour la fosse 87 était de 365,0 à 365,5 m du côté nord-ouest de la fosse, soit plus bas que le niveau piézométrique observé en 1992, avant l'excavation de la fosse 87. Il est donc probable que l'eau s'écoulera de la fosse vers le réseau de surface, une fois emplie, à moins que le cours d'eau ne soit endigué.

5.4 Piézométrie en cours de projet

La piézométrie a été suivie en cours de projet dans deux groupes séparés de puits d'observation et puits, soit dans le cadre du suivi environnemental et dans le cadre du suivi des pressions d'eau pour fin d'analyse géomécanique à la fosse 87.

La piézométrie a été suivie aux sites des puits d'observation PM-1, PM-2 et PM-3, respectivement localisés au pied de la digue Nord du parc à résidus, soit à environ 500 m au sud de la fosse 87, à l'ouest de la fosse 87 et à environ 500 m au sud du lac A, près du chemin d'accès, soit à plus de 2 500 m au nord-est des fosses J-4 et 87. Le tableau 5.7 reproduit les données extraites des rapports du Programme de surveillance et d'inspection environnementale préparé par le personnel de la mine Troilus et transmis au MDDEP. On observe les points suivants :

- le cycle annuel observé au puits d'observation PM-3 et correspondant probablement au cycle annuel du secteur, se résume ainsi : baisse en hiver, remontée au printemps, baisse en été et remontée à l'automne, avec un battement annuel de 0,5 à 1,0 m (figure 5.1).
- la piézométrie au PM-2 a, hormis le battement annuel toujours observé, baissé graduellement d'environ 2,0 m entre 1996 et 2004, probablement sous l'effet du dénoyage de la fosse 87 (figure 5.2).

Le dénoyage de la fosse 87 semble avoir influencé graduellement la piézométrie de l'aquifère de surface correspondant aux sols près de la fosse, mais pas à une distance de 2 500 m. Ce point est vérifié par les réactions observées aux puits d'observation PZ1-M, PZ2-M et PZ4-M (tableau 5.8). Les profondeurs d'eau mesurées entre le 23 juin 1997 et le 22 juin 2007 ont baissées aux trois puits d'observation PZ1-M, PZ2-M et PZ4-M, respectivement de 4,60, 4,78 et 2,86 m. Dans le même espace de temps, l'élévation de l'eau dans l'aquifère du roc au site des puits d'observation PZ1P, PZ2P et PZ4P s'est respectivement abaissée de 32,85, 111,7 et 64,74 m. Ceci montre un effet limité du dénoyage de l'aquifère du roc sur l'aquifère de surface (sols). On observe aussi que le dénoyage de la fosse a eu plus d'impact sur la piézométrie près de la fosse.

5.5 Modèle conceptuel

Deux ensembles hydrogéologiques sont observés au site, soit un aquifère granulaire constitué d'un till dont la partie supérieure contient moins de silt et est plus lâche, reposant sur un aquifère de fissures dans le roc. L'aquifère du roc est semi-confiné à confiné. Le roc est fortement jointé et faillé près de la fosse 87. On considère qu'il en est de même pour le roc au voisinage de la fosse J4. La topographie du toit du roc est ondulée et l'épaisseur des dépôts meubles varie de 0 à plus de 28 m. L'unité du till peut être divisée en une sous-unité sable reposant sur une unité till proprement dite.

Tableau 5.7 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-1 à PM-3.

	Élévations piézométriques (m)		
	PM-1	PM-2	PM-3
Élév. Sol	373,98	366,86	357,34
Élév. Tubage	374,69	367,57	358,05
1996-08-30	371,91	365,62	356,52
1996-10-12	371,88	365,44	356,51
1996-10-26	371,86	365,43	356,52
1996-11-12		365,68	356,67
1996-11-19	372,00	365,54	356,60
1996-12-17	371,89	365,21	356,20
1998-01-11	371,88	364,94	356,32
1998-02-06	371,93	364,78	356,27
1998-03-04	372,03	364,65	356,22
1998-04-04	372,25	364,58	356,14
1998-05-14	372,75	365,53	356,66
1998-05-22	372,89		356,74
1998-06-02	372,87		
1998-06-17	372,90		
1998-07-03	372,87	365,23	356,63
1998-07-16	372,86	365,26	356,52
1998-07-29	372,81	365,01	356,45
1998-08-13	372,84	364,94	356,42
1998-10-01	372,96	365,40	356,56
1998-10-21	372,98	365,40	356,53
1998-11-18	373,93	366,01	355,46
2000-01-23	372,99	364,45	356,34
2000-02-21	372,99	364,25	356,27
2000-03-17	373,04	364,32	356,30
2011-04-30	373,24	364,67	356,70
2000-05-27	373,09	364,57	356,55
2000-06-25	373,19	364,62	356,55
2000-07-23	373,09	364,67	356,49
2000-08-20	373,01	364,42	356,35
2000-09-21	373,37	364,77	356,65
2000-10-21	373,14	364,67	356,50
2000-11-17	373,37	364,66	356,52
2000-12-16	373,19	364,37	356,37
2003-01-19	373,24	363,47	356,30
2003-03-01	373,14	363,37	356,20
2003-04-14	373,14	363,37	356,20
2003-05-03	373,24	363,92	356,65
2003-06-21	373,19	363,55	356,50
2003-07-18	373,13	363,40	356,56
2003-08-15	373,05	363,26	356,44
2003-09-22	373,29	363,12	356,45

Tableau 5.7 (suite) Suivi piézométrique au puits d'observation PM-1 à PM-3.

	Élévations piézométriques (m)		
	PM-1	PM-2	PM-3
2003-10-18	373,39		
2003-12-15	373,04		
2004-01-20	371,98		356,35
2004-03-15	371,98		356,25
2004-05-17	371,98		356,98
2004-06-23	371,98		356,61
2004-07-29	371,98		356,50
2004-08-25	371,98		356,56
2004-09-20	371,98		356,59
2004-10-28	371,98		356,49
2004-11-25	371,98		356,55

Référence : Les Mines Inmet, Projet Troilus. Programmes de surveillance et d'inspection environnementale 1996, 1998, 2003, 2004, 2005.

Note : Aucune donnée de piézométrie n'a été présentée au rapport annuel de suivi pour 2005, 2006 et 2007.

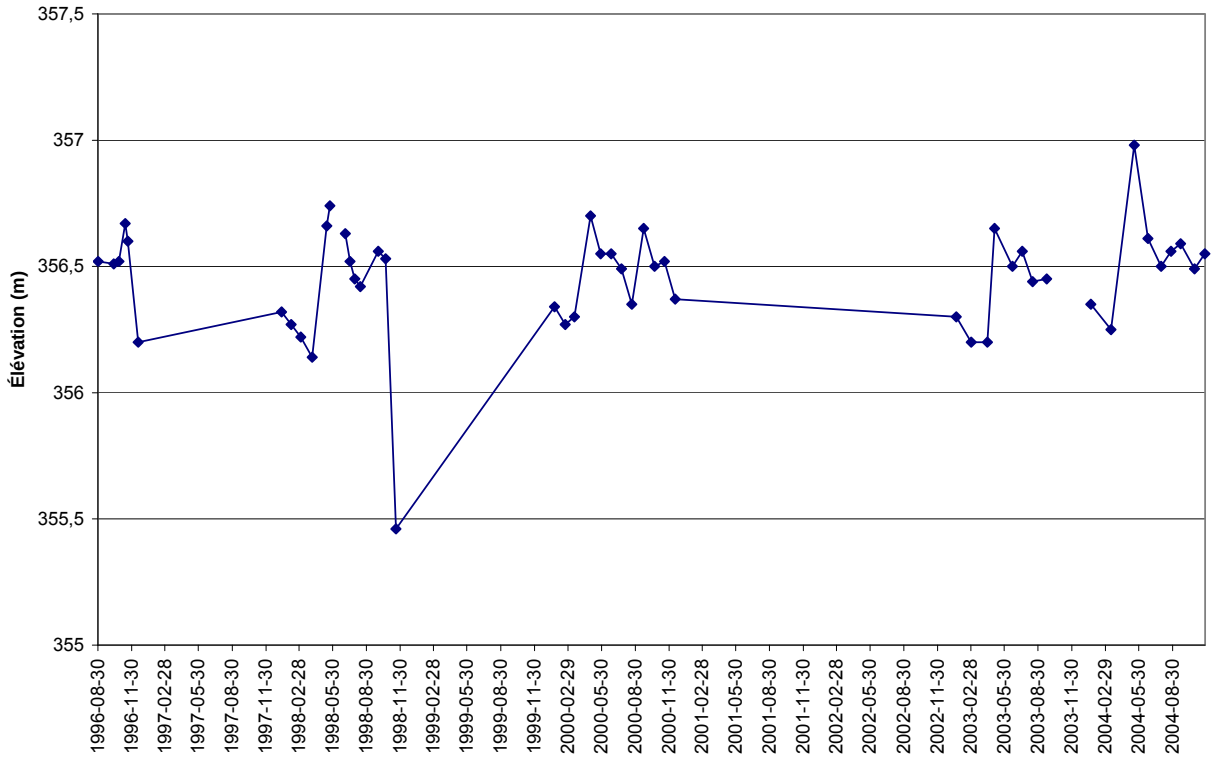


Figure 5.1 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-3.

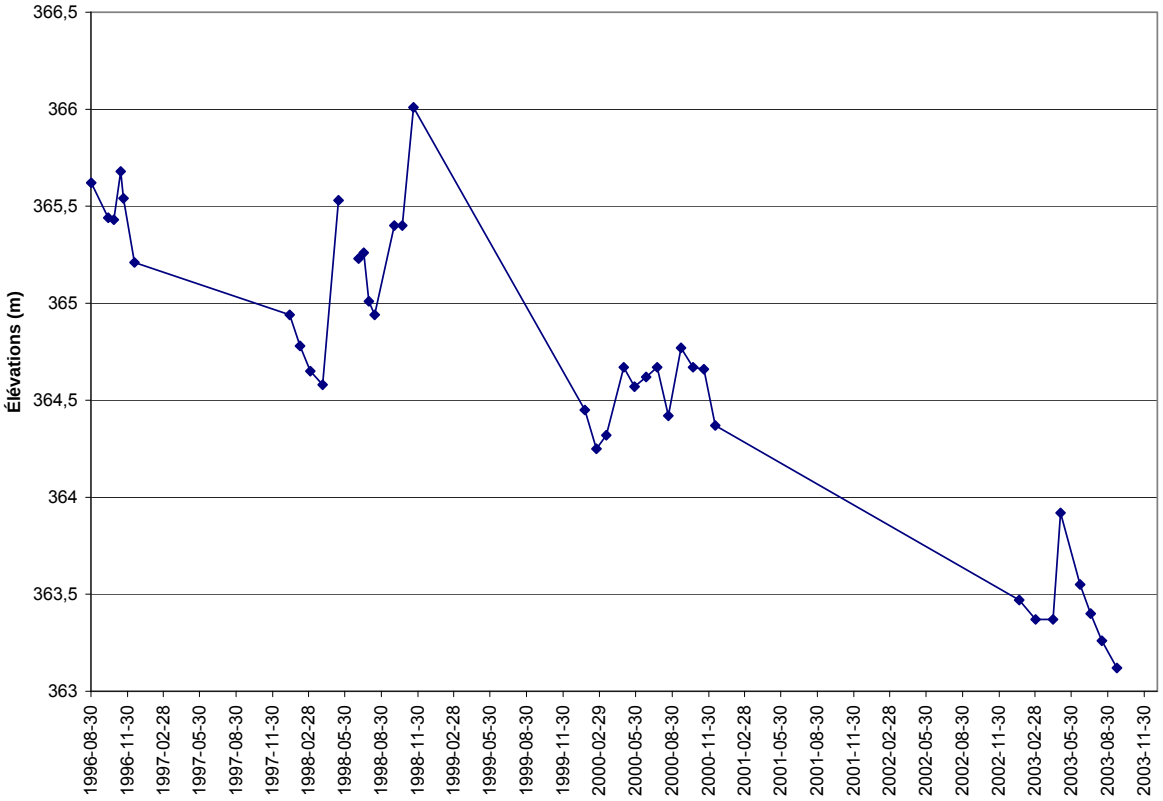


Figure 5.2 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-2.

GEOCON a réalisé, en avant-projet, la modélisation du site en tenant compte de 3 couches géologiques, à savoir un till délavé constitué de sable d'une perméabilité de 10^{-5} m/s reposant sur un till d'une perméabilité de 10^{-6} m/s, lui-même reposant sur le roc, d'une perméabilité de 10^{-8} m/s. Sur ces bases, GEOCON a évalué le rayon d'influence des fosses à 300 m, ce qui est réaliste pour les dépôts meubles, tenant compte d'une conductivité hydraulique médiane de $6{,}8 \times 10^{-6}$ m/s, donc d'une transmissivité d'environ 4,7 m^2/j, mais pas pour le roc. Des essais de pompage réalisés ultérieurement ont montré un rayon d'influence de l'ordre de 1 000 m dans le roc après seulement 72 heures de pompage. L'extrapolation faite de la courbe rabattement distance au puits PT1 donne un rayon d'influence théorique d'environ 5 000 à 6 000 m après 2 années de pompage.

L'eau souterraine faisant résurgence dans les fosses provient principalement de l'aquifère du roc et accessoirement de celui des dépôts meubles. Les paramètres médians à considérer sont :

- un rayon d'influence d'environ 300 m dans les dépôts meubles au moment de l'arrêt du dénoyage des fosses 87 et j4;

Tableau 5.8 Suivi des profondeurs d'eau aux PZ1 à PZ5 et PT1 à PT5.

Piézo.	PZ1 V Haut	PZ1 O Centre	PZ1 B Prof.	PZ2 V Haut	PZ2 O Centre	PZ2 B Prof.	PZ3 V Haut	PZ3 O Centre	PZ3 B Prof.	PZ4 V Haut	PZ4 O Centre	PZ4 B Prof.	PZ5 V Haut	PZ5 O Centre	PZ5 B Prof.	PZ1-M	PZ2-M	PZ4-M	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5
Prof. (m)	49,1	122,6	201,2	48,5	101,2	125,0	48,8	101,2	137,2	47,6	100,6	150,9	48,5	124,4	170,1	9,8	9,5	11,0	198,2	162,5	198,2	122,0	122,0
2007-08-28		79,97	72,00		101,82	125,30		77,60	88,15	44,68	77,37	84,10				9,49	8,92	9,61			36,39	13,00	
2007-06-22		75,93	72,32		102,10	125,04		79,46	88,89	44,61	77,64	82,86				8,90	8,78	9,58			8,77	14,04	
2007-05-16		75,77	42,05		102,59	125,00		78,00	88,62	44,72	77,45	82,84					8,50				8,73	17,60	
2007-04-05		75,96	72,40		95,62	95,65		79,88	88,66	45,04	78,64	83,07					9,04				11,04		
2007-02-12		76,54	72,23		96,28	96,03		81,17	88,57	45,03	78,70	82,60						9,83			23,40		
2007-01-11		74,50	71,50		96,34	96,25		79,12	86,83	44,90	77,21	81,46					8,85	9,61			10,50	14,61	
2006-11-17		70,50	67,58		91,80	91,80		78,94	85,58	44,79	75,37	79,60				8,51	8,49	9,56			8,78	13,50	
2006-10-05		70,15	66,22		90,95	90,98		78,35	83,79	44,79	76,41	80,41				8,91	8,38	9,57			8,74	12,89	
2006-08-21		66,90	63,36		85,62	85,62		74,08	77,89	44,77	75,68	79,33				8,76	8,14	9,53			8,65	12,00	
2006-08-10		66,45	63,20		86,42	86,38		74,39	78,15	44,77	75,03	79,66				8,84	8,92	9,55			8,70	12,63	
2006-07-26		67,91	64,85			122,95		75,84	79,68	44,84	77,15	81,08				8,92	8,84	9,54			9,17	12,90	
2006-07-13		67,66	64,39			123,20		75,41	78,13	44,95	78,02	81,76				9,39	8,86	9,72			9,62	12,80	
2006-07-03		67,57	64,58			122,76		75,36	79,03	44,93	78,05	81,69				9,48	8,83	9,72			9,38	12,65	
2006-06-16		67,67	63,88			122,74		74,64	78,31	44,93	78,50	81,48				9,41	8,78	9,66			8,85	12,66	
2006-06-06		67,70	63,89			122,52		74,21	77,88	44,90	77,75	81,12				9,25	8,76	9,61			8,75	12,61	
2006-05-20		67,79	63,16		85,34	85,22		72,55	75,99	44,80	77,48	81,03					8,60	9,60			8,74	12,62	
2006-04-21		66,00	62,46			123,63		71,89	75,75	44,54	75,69	80,15					8,32			9,14	8,56		
2006-03-28		68,45	64,95			123,19		69,71	71,93	44,68	78,50	81,88					9,40				8,60		
2006-01-25		68,58	63,00			122,70		67,29	69,06	43,60	78,10	81,41					8,88	9,54			8,23		
2005-08-20		65,51	61,69			122,95		58,96	60,18	44,40	76,50	80,55				8,83	8,80	9,52	29,44	13,51	9,50		
2005-05-30		72,10	47,76		101,80	122,83	47,46	55,47	56,54	44,48	76,53	81,18				8,82	8,73	9,56	29,42		8,76	13,79	
2004-09-26		68,59	48,65		101,75	122,92	39,87	47,10	47,29	44,55	73,14	78,74	43,38	86,61	86,33	9,05	8,88	9,74	30,37	12,66			
2004-05-06		69,11	48,68		101,74	122,84	30,13	35,95	35,15	44,32	74,06	80,48		89,41	87,36	9,09	8,91		29,51				
2004-03-13		76,10	74,80		75,34	75,71	41,97	51,23	52,17				43,53	87,76	88,47		8,61		29,97				
2004-02-13		71,92	50,65		75,23	75,88	40,98	49,94	50,52	44,72	75,07	76,79	43,60	83,84	85,47	10,08	7,92						
2003-11-24		68,36	48,54		101,71	103,25	41,38	50,25	51,33	43,50	72,13	72,84	43,67	73,12	83,01	9,20		9,57	29,84	12,80			
2003-09-10	48,82	68,40	49,25		99,91	103,15	41,74	49,72	51,63	44,67	71,73	72,85	43,59	72,31	81,93	8,93	8,79	9,62	29,90	12,75			
2003-06-06	49,31	68,49	49,68		94,62	96,39	41,96	50,74	51,27	44,76	73,18	73,90		75,38	83,03	9,31	8,31		29,90	12,76			
2003-03-30	46,62	69,45	49,78		101,78	114,39	42,48	51,15	51,55	44,64	71,66	73,50		76,78	82,73	9,34	9,05		29,17				
2003-01-16	48,84	68,20	50,06		102,43	124,29	40,12	47,68	47,77	44,92	68,20	72,27	46,17	77,25	82,14	9,43		9,74			9,13		
2002-10-28	41,67	66,61	49,21		101,12	124,24	37,42	44,52	44,44	44,68	65,98	67,73	43,64	75,08	80,38	8,96	8,01	9,65	29,54	12,19			
2002-08-19	40,32	66,90	50,18	46,32	102,76	118,22	39,12	44,70	43,61	44,82	58,47	66,07	42,84	76,26	80,43	8,90		9,40					
2002-05-14	40,25	66,51	48,52	47,86	101,61	111,23	36,84	43,08	42,71	44,30	57,88	65,56	43,53	80,08	80,33	8,82	8,87		26,04	11,85			
2002-02-17	48,42	69,74	50,98	48,99	101,81	120,39	36,70	42,81	42,44	42,53	55,63	54,34	43,54	79,95	80,48	9,93	9,23				9,53		
2001-11-23	44,56	67,19	49,70	46,26	102,66	119,67	35,96	41,54	41,52	35,68	45,67	60,50	42,69	79,51	79,91	8,90	9,07	9,38	29,89	39,71	10,11	13,75	
2001-09-01	41,84	66,26	47,97	47,84	101,43	122,25	35,63	41,06	40,54	39,33	44,38	59,14	43,60	78,62	78,97	8,30	8,96	8,01	19,56			12,81	
2001-07-08	40,60	65,52	46,48	48,25	101,98	121,95	36,00	41,65	41,30	36,50	43,55	59,69	42,65	78,70	79,25			9,65				9,20	
2001-02-03	46,17	64,43	46,87	49,41	101,54	120,73	37,25	43,67	43,30	37,12	46,76	58,45	77,87	77,42	43,40	9,71	9,05	9,46	30,75	13,05	18,70		
2000-12-24	39,77	61,57	43,21	49,93	101,09	115,19	34,06	41,20	40,41	41,20	47,61	58,91	54,16	75,70	74,30	8,17	8,17	9,39	23,41	11,72	10,18		
2000-10-02	42,50	66,61	48,02	47,35	101,50	119,34	34,93	40,32	39,97	38,96	45,31	57,80	43,42	77,97	78,34	8,90	8,91	9,34	23,57		12,54		
2000-08-04	34,17	58,10	40,32	47,79	101,57	113,02	33,92	40,16	39,09	40,79	42,94	54,97	62,70	71,43	71,43	7,58	8,81	9,45	22,66		9,55	12,73	
2000-06-11	34,29	55,50	38,38	50,02	95,89	100,07	32,08	38,20	37,18	40,79	43,13	54,85	43,26	70,67	70,38	8,38	9,72	9,45	31,10		9,11	13,00	
2000-04-07	32,78	49,17	36,59	48,36	74,75	77,79	30,45	36,03	35,19	41,31	43,99	54,76				6,92	9,68	9,46			8,95	13,60	
2000-03-24	32,16	47,79	35,83	47,33	74,40	77,55	30,69	36,29	35,47	41,46	44,18	54,71				7,15	9,56	9,44			9,36	31,00	
2000-02-25	30,09	40,76	32,83	48,50	73,79	76,27	32,09	37,74	37,04	42,42	45,34	54,33				7,44	6,53	9,34			17,50	31,92	
2000-01-30	27,43	35,56	29,65	48,69	63,40	65,17	35,62	35,76	30,79	42,22	44,42	53,30				6,50	9,32	9,32			16,66	31,94	
1999-12-09	22,96	29,60	24,88	48,42	55,63	58,10	28,41	33,70	32,50	38,70	40,60	50,58				6,41	8,67	9,23	62,52		8,89	25,85	
1999-10-14	20,14	25,81	21,90	44,12	45,88	47,25	27,23	31,32	31,10	37,78	39,70	50,36								8,96	8,88	28,20	
1998-06-30	15,21	120,67	18,17	48,74	87,50	118,43	33,22	36,28	35,91	41,39	32,85	54,94								128,50		8,61	22,26
1998-02-18			17,75			106,65			33,00			56,15							126,00	117,80		11,60	20,80
1998-01-13	50,40	124,75																		30,85			
1997-11-23	8,32	12,35	14,66	48,55	74,53	82,57	24,30	26,45	25,82	27,68	27,20	45,20							85,45	108,90	9,70		
1997-10-17	6,65	9,20	11,61	15,57	16,38	16,62	14,35	15,80	15,07	21,43	21,14	24,04	27,70	27,77	28,20	4,40	8,66	7,42					
1997-07-23	5,00	6,15	10,15	10,50	13,15	16,50	13,70	14,95	14,40	19,20	18,85	22,00	24,95	25,60	26,10								
1997-06-23																4,30	4,00	6,70					
1997-05-27	4,50	5,10	9,20	8,40	10,50	13,30	11,50	12,20	12,10	16,20	15,90	18,10	20,90	21,20	21,60	3,90	3,50						
1997-04-23	3,90	4,25		8,05	9,80	12,40	11,05	11,80	11,45	14,90	14,90	16,75	18,85	19,25	19,60	3,35	3,45	6,90					
1997-03-03	4,70	5,00		7,50	9,10	10,60	10,80	11,20	11,20	13,60	14,50	15,40	16,90	17,20	17,50	4,30	3,20	6,20					

Références : Mine Inmet, Projet Troilus. Dossiers internes. Données manuscrites de suivis piézométriques.

- sous-unité du sable, épaisseur moyenne de 4,0 m et conductivité hydraulique médiane de 1,7 x 10^{-5} m/s, épaisseur saturée moyenne nulle près des fosses et d'environ 2,0 m à la limite d'influence;
- sous-unité du till, épaisseur moyenne de 6,0 m et conductivité hydraulique médiane de 6,8 x 10^{-6} m/s, épaisseur saturée moyenne de près de 5,0 m près des fosses;
- rayon d'influence supérieur à 6 000 m dans le roc au moment de l'arrêt du dénoyage des fosses;
- unité du roc à l'intérieur d'une distance de 1 000 m des murs de la fosse 87 et par association de la fosse J4, conductivité hydraulique médiane de 6,0 x 10^{-7} m/s;
- unité du roc à plus de 1 000 m des fosses, conductivité hydraulique médiane de 3,7 x 10^{-7} m/s.

Au début du remplissage, soit juste après la fin du dénoyage des fosses, compte tenu du gradient hydraulique de départ, le débit de remplissage sera équivalent au débit de dénoyage, juste avant l'arrêt du pompage. Ce débit diminuera par la suite avec la diminution du gradient, soit avec l'élévation de l'eau dans les fosses. Ce phénomène sera amplifié par le fait de l'augmentation du volume à remplir, du fait que les fosses s'élargissent vers le haut, de sorte que le volume à remplir par mètre d'élévation augmente. La vitesse de remplissage, sans apport d'eau de surface, va diminuer avec le temps.

L'évaluation du temps de remplissage de la fosse J4 est complexe du fait que des stériles provenant de la fosse 87 y auront été disposés et du fait que l'eau de dénoyage de la fosse 87 y a été déversée sur la fin du dénoyage de la fosse 87, accélérant ainsi la vitesse de remontée de l'eau dans la fosse J4.

5.6 Modélisation numérique

5.6.1 Généralité

Un modèle 3D d'écoulement d'eau sur le site Troilus a été développé pour mieux comprendre les conditions d'ennoiement des fosses 87 et J4.

Le logiciel utilisé, Visual Modflow, a été développé initialement par McDonald *et al.* (1988) (il s'appelait alors Modflow), pour les services géologiques du gouvernent des États-Unis (United State Geological Survey). Visual Modflow est un code qui est largement utilisé et qui a été accepté par les diverses agences de réglementation. Il

permet la simulation du régime permanent et transitoire en 2 et 3D. Une description détaillée de Visual Modflow (v4.3) est donnée dans le manuel d'usagé (Schlumberger Water Services).

Même si Visual Modflow a été conçu pour simuler les écoulements de l'eau dans un milieu poreux, il est souvent utilisé pour des modélisations dans un milieu fracturé, si ce dernier se comporte, à l'échelle du site, comme un milieu poreux. C'est cette hypothèse qui a été retenue dans cette étude.

Un régime permanent a été utilisé pour simuler les conditions initiales d'écoulement d'eau (avant l'excavation des fosses) suivi d'un autre régime permanent simulant l'écoulement dans les fosses (après leur excavation). Ces deux (2) modélisations ont servi, par la suite, pour simuler, avec un régime transitoire, les conditions de l'ennoiement des deux fosses.

5.6.2 Domaine et maillage

Le domaine du modèle choisi pour simuler l'ennoiement des fosses F87 et J4 est montré à la figure 5.3 (annexe C). Il s'agit d'un parallélépipède rectangle de 6 594 x 6 984 x 910 m (67 x 112 x 5 cellules). La taille des cellules varie d'environ 8 x 8 x 1 m à 559 x 660 x 295 m. Les cellules de petites tailles ont été placées aux endroits et aux alentours des fosses pour mieux représenter la topographie des fosses et pour avoir le plus de détails concernant le niveau piézométrique et l'écoulement de l'eau. Le toit du modèle est constitué d'une surface plane qui se situe à une élévation de 410 m (au-dessus du niveau de la mer). Cette surface forme avec la surface topographique actuelle (contenant les fosses 87 et J4) une couche servant à jouer le rôle de la partie excavée du socle rocheux. La base du modèle, présumé imperméable, se situe à l'élévation 500 m (les fonds des fosses ont une élévation d'environ 121 m pour F87 et 310 m pour J4, selon le modèle hydrogéologique adopté dans cette étude). Au-delà de cette profondeur et en dehors des frontières du domaine délimité par le modèle, on considère que la contribution des eaux souterraines au niveau des fosses est négligeable. La première couche permet de simuler le mouvement de l'eau dans les terrains de surface avant l'excavation des fosses. Au-dessous de cette couche on trouve directement le socle rocheux. Dans ces simulations on ne tient pas compte du mort terrain car son épaisseur est faible comparativement à l'épaisseur du socle rocheux (de l'ordre d'une dizaine de mètres sur une épaisseur du modèle de 910 m) et les eaux d'infiltration dans les fosses proviennent surtout du socle rocheux. Les caractéristiques hydrogéologiques de la couche de surface sont les mêmes que celles du socle rocheux. Les quatre (4) autres couches correspondent au socle rocheux incluant les ouvertures des fosses.

5.6.3 Conditions frontières

Seuls des charges hydrauliques constantes ont été utilisées comme conditions frontière, et ce, dans les trois phases de calcul. Ceci permet de simuler uniquement l'apport des eaux souterraines qui se trouvent dans le socle rocheux, au remplissage des fosses. L'apport des eaux de surface sera ajouté directement (voir section 5.6.5). Pour créer un écoulement NE/SO, ces charges ont été placées aux extrémités en haut et en bas du modèle, et ont été limitées à environ le tiers droite et gauche respectivement (voir figure 5.3, annexe C). Ces charges ont été conservées constantes lors des trois (3) simulations. Dans la nature, ces charges fluctuent en fonction des saisons. Elles sont généralement élevées lors de la fonte des neiges au début du printemps et faibles pendant l'hiver (précipitation sous forme de neige). Conserver les charges constantes assure un gradient local constant. Les autres frontières sont considérées imperméables.

5.6.4 Calibration du modèle

Dans l'ensemble des simulations on ne s'intéresse qu'à l'écoulement dans le socle rocheux. La conductivité hydraulique de ce dernier a été maintenue constante et égale à 4.9×10^{-7} m/s (valeur moyenne des conductivités dans le socle rocheux proche des fosses et au-delà de 1 000 m d'elles). Dans la direction verticale z, la conductivité hydraulique retenue est un ordre de grandeur plus faible, soit 4.9×10^{-8} m/s. Les valeurs des autres paramètres sont consignées dans le tableau 5.9

Tableau 5.9 Caractéristiques hydrogéologiques adoptées (socle rocheux).

k_x et k_y (m/s)	4.9×10^{-7}
k_z (m/s)	4.9×10^{-8}
S	1.6×10^{-4}
n_{eff}	0.015

S Coefficient d'emmagasinement
n_{eff}: Porosité effective

Les deux premières simulations (conditions initiales et dénoyage des fosses) ont pour but la calibration du modèle. Les valeurs des charges placées aux extrémités du modèle ont été variées de telle sorte que les calculs donnent des charges proches des charges observées sur le terrain (près des fosses) et que le gradient au niveau du site soit de l'ordre de 0.5 % (voir section 5.3). La figure 5.4 (annexe C) montre les résultats de calibration à l'issue de cette phase. Les charges calculées ont été comparées à des charges mesurées avant le début de l'exploitation aux puits PH1, PF1, PF2 et PH2 (Geocon, 1993). Les résultats, présentés à la figure 5.5 (annexe C), montrent que la différence absolue moyenne entre les valeurs calculées et observées est de 1.3 m.

Le dénoyage des fosses constitue une autre phase de calibration. Dans cette simulation il faut s'assurer que les charges, les rabattements et les débits de dénoyage calculés soient conformes à ceux mesurés durant l'exploitation de la mine. Le dénoyage des fosses a été simulé à l'aide de deux séries de 95 puits. Ces derniers ont été installés au milieu des deux fosses. Les débits pompés depuis le socle rocheux ont ensuite été ajustés de façon à ce que les rabattements calculés soient conformes aux rabattements observés. La comparaison des charges calculées à celles mesurées dans trois (3) puits aménagés dans le socle rocheux et proches des fosses est montrée à la figure 5.6 (annexe C). Ces mesures datent du 20 février 2009 et ont été effectuées par le personnel de la mine dans les puits PZ1, PZ2 et PZ3. Dans ce cas, la différence absolue moyenne entre les valeurs calculées et observées est de 23.8 m. La plus grande différence est de 37.6 m et a été enregistrée au puits PZ2. Les grands écarts entre les charges calculées et observées peuvent s'expliquer, dans le cas qui nous concerne ici, par :

- des variations locales de la conductivité hydraulique. Une fracturation plus élevée, par exemple, augmente la conductivité hydraulique, ce qui peut augmenter la charge dans un puits et vice versa;
- l'hydrogéologie réelle en profondeur qui est beaucoup plus complexe. Un modèle hydrogéologique simple ne peut rendre un compte exact du vrai comportement en tout point du socle rocheux.

La calibration a été jugée satisfaisante pour procéder à la suite des calculs, vu le nombre limité des points de mesure.

La figure 5.7 (annexe C) présente une section N/S (x=236926 mètres) montrant le niveau piézométrique sur le site lorsque les fosses 87 et J4 ont atteint leur profondeur maximale. Le rabattement au niveau des points les plus bas des fosses 87 et J4 sont de l'ordre de 246 m et 53 m respectivement. Ce qui correspond à un rayon d'influence qui dépasse les frontières du domaine. Ceci est conforme à l'extrapolation de la courbe de rabattement vs distance au puits PT1, qui indique un rayon d'influence supérieur à 5 000 m (annexe A). Le débit de pompage total calculé en faisant la sommation des débits dans chaque puits individuel est égale à 6 360 m^3/j. À cela s'ajoute les eaux de surface provenant des bassins versants des deux fosses 87 et J4. Ces débits sont de l'ordre de 2 018 m^3/j (fosse 87) et 906 m^3/j (fosse J4). Ceci donne un volume quotidien global de l'ordre de 9 284 m^3. Puisque la simulation est effectuée pour un régime permanent, cette valeur doit correspondre au débit maximum pompé durant l'exploitation de la mine. La valeur calculée reste dans le même ordre de grandeur des débits mesurés (en 2001 le débit d'infiltration a atteint 8 160 m^3/j dans la fosse 87, voir section 5.2.2).

5.6.5 Ennoiement des fosses 87 et J4

La troisième modélisation servira au calcul du temps de remplissage par les eaux souterraines des fosses. Une simulation en régime transitoire a donc été lancée en utilisant les résultats de la deuxième simulation (dénoyage des fosses) comme conditions initiales. Les résultats montrent que les fosses 87 et J4 se remplissent rapidement après l'arrêt du pompage des eaux d'infiltration. Ceci est dû principalement à la différence de charge élevée qui existe au début du processus de l'ennoiement. En fait, le niveau de l'eau dans les fosses en fonction du temps suit une loi logarithmique comme le montrent les figures 5.8 et 5.9.

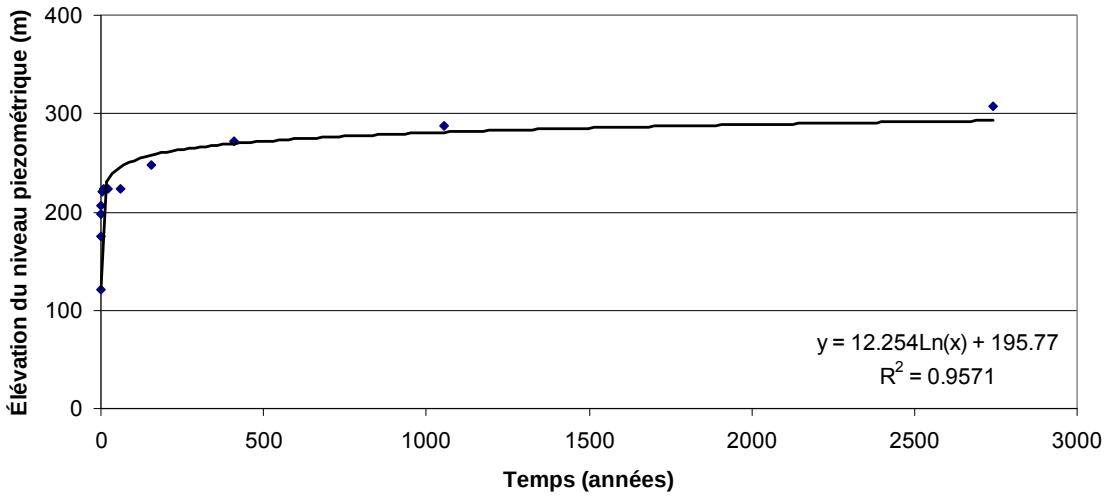


Figure 5.8 Apport des eaux souterraines en fonction du temps dans la fosse 87.

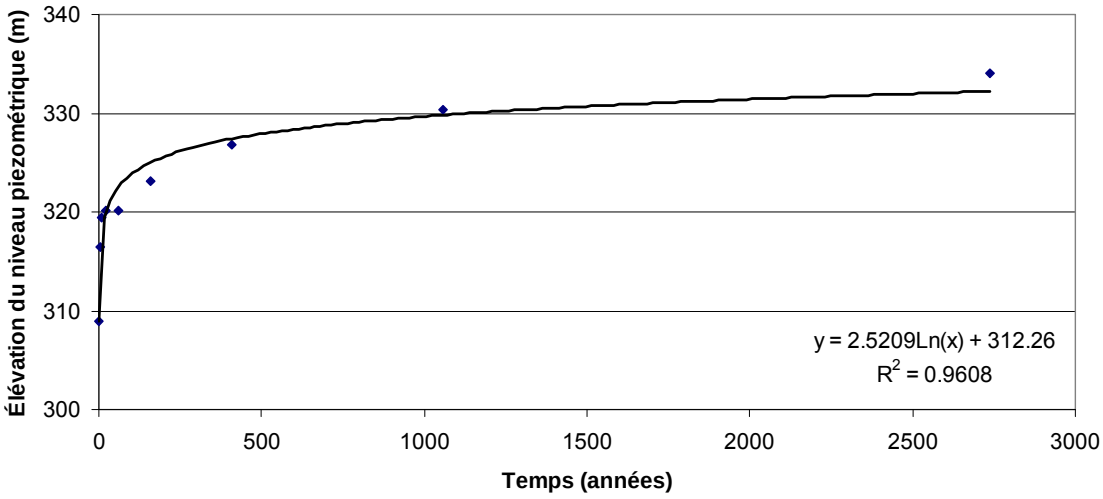


Figure 5.9 Apport des eaux souterraines en fonction du temps dans la fosse J4.

En ne considérant que les eaux souterraines, c'est la fosse 87 qui commence à se remplir en premier. La fosse J4 suivra environ 100 jours plus tard. L'ennoiement par les eaux souterraines seules est très lent. Ce processus est accéléré par l'apport des eaux de surface (sections 3 et 4). Le niveau piézométrique, fourni par la première simulation, au droit du point le plus bas dans la fosse 87 est d'environ 367 m. En tenant compte des deux sources d'eau, le remplissage de la fosse 87 jusqu'à ce niveau prendra environ 55 ans. Le remplissage de la fosse J4 jusqu'au niveau 362 (élévation du niveau piézométrique au droit du point le plus bas de la fosse J4, fournie par la première simulation) durera environ 25 ans. Le tableau 5.10 présente le détail des calculs. Dans ces derniers, on considère que les eaux souterraines, d'infiltration et de ruissellement dans les deux bassins versant des fosses 87 et J4 contribuent à l'ennoiement, sans tenir compte du délai que les eaux d'infiltration peuvent mettre avant de se rendre aux deux fosses. Les figures 5.10 et 5.11 montrent le taux de remplissage en fonction du temps dans les fosses 87 et J4, respectivement. Les calculs menés supposent aussi que l'apport des eaux de surface et celui des eaux souterraines se fait d'une façon indépendante. La réalité est différente : l'arrivée des eaux de ruissellement dans chacune des fosses peut ralentir l'écoulement des eaux souterraines, en réduisant la différence de charges. La durée de remplissage de la fosse J4 n'est donnée ici qu'à titre indicatif car le déversement d'eau provenant de la fosse 87 vers la fosse J4 ainsi que son remblaiement partiel par les stériles (comme mentionné plus haut à la section 5.5) n'ont pas été considérés.

Les résultats de la première simulation (régime des écoulements avant le début de l'exploitation de la mine) permettent de faire une comparaison entre la topographie actuelle et le niveau piézométrique à la fin du remplissage des deux fosses (retour à l'état initial du niveau de l'eau). Ainsi, les endroits où le niveau piézométrique risque de dépasser le niveau topographique constituent des zones de résurgence des eaux de la fosse vers le réseau hydrographique du site. Cet examen indique qu'un débordement de la fosse 87 vers l'extérieur peut survenir si aucune mesure n'est entreprise. Ce débordement se fera, comme le montre la figure 5.12 (annexe C), du coté ouest à deux emplacements : au sud de la halde à stérile de la fosse 87 sud et au nord du parc à résidus. Le rétablissement du niveau piézométrique initial impliquera aussi la rencontre des eaux de la fosse 87 et J4 avec un déversement de la fosse 87 vers J4.

Tableau 5.10 Ennoiement des fosses 87 et J4 en fonction du temps.

Élévation du point le plus bas selon le modèle hydrogéologique (m)							121
Volume* total de la fosse 87 jusqu'à l'élévation 367 m (m^3)							53 885 341
Superficie du bassin versant de la fosse 87 (km^2)							1.7
Taux d'infiltration et de ruissellement (mm/an)							441
Temps		Niveau d'eau dans la fosse 87 (m)		Volume* d'eau dans la fosse 87 (m^3)			Taux de remplissage (%)
Années	Jours	Sans eaux de surface	Avec eaux de surface	Souterraine	De surface	Total	
0.002	1	121	143	1 366 972	1 614	1 368 586	3
0.3	100	180	182	3 436 229	201 773	3 638 001	7
0.5	200	188	192	4 280 970	403 545	4 684 515	9
1.4	500	200	207	5 608 694	1 008 863	6 617 557	12
3.6	1 300	211	227	7 249 193	2 623 044	9 872 237	18
9.0	3 300	223	255	9 100 130	6 658 496	15 758 626	29
23.3	8 500	234	301	11 234 280	17 150 671	28 384 952	53
55.0	**20 080**	**245**	**367**	**13 395 501**	**40 515 939**	**53 911 439**	**100**
Élévation du point le plus bas selon le modèle hydrogéologique (m)							310
Volume* total de la fosse J4 jusqu'à l'élévation 362 m (m^3)							9 358 755
Superficie du bassin versant de la fosse J4 (km^2)							0.8
Taux d'infiltration et de ruissellement (mm/an)							441
Temps		Niveau d'eau dans la fosse J4 (m)		Volume* d'eau dans la fosse J4 (m^3)			Taux de remplissage (%)
Années	Jours	Sans eaux de surface	Avec eaux de surface	Souterraine	De surface	Total	
0.3	100	309	311	205 839	90 616	296 455	3
3.6	1 300	315	327	539 760	1 178 014	1 717 773	18
9.0	3 300	318	340	714 881	2 990 342	3 705 223	40
23.3	8 500	320	360	922 113	7 702 397	8 624 510	92
25.5	**9 290**	**320**	**362**	**943 099**	**8 418 267**	**9 361 366**	**100**

* Voir équations niveau-volume à la section 3.5.3.3 plus loin.

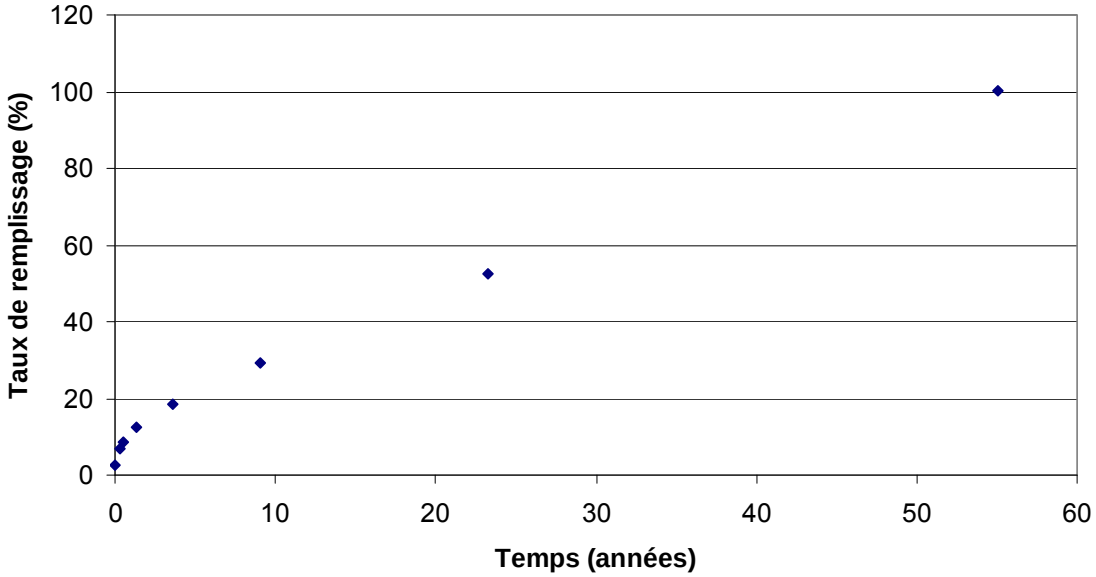


Figure 5.10 Taux de remplissage de la fosse 87.

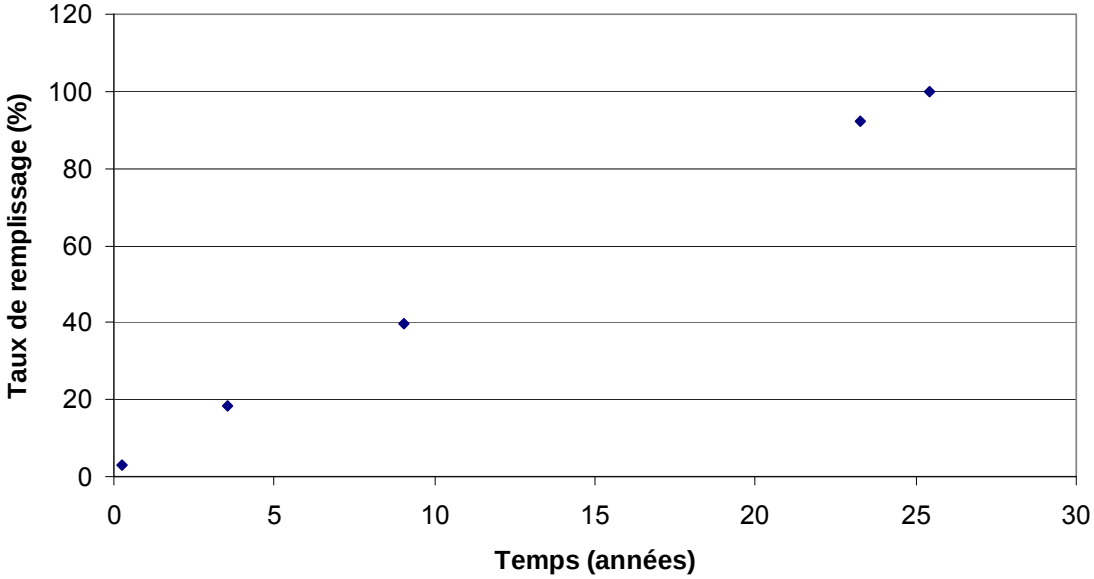


Figure 5.11 Taux de remplissage de la fosse J4.

6 RÉFÉRENCES

Anctil, F., Martel, N., Hoang, V.D. 1998. *Analyse régionale des crues journalières de la province du Québec*. Revue canadienne de génie civil, volume 24, numéro 2, pp. 360–369.

Bear, J., 1972. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. American Elsevier, New York, NY.

Bélanger, J., décembre 2001. *Cartographie structurale de la fosse 87 de la Mine Troilus, Chibougamau, Qc.* Travail de recherche, hydrogéologie et géomécanique, Université du Québec à Chicoutimi. 29 p. et annexes.

Chapuis, R.P., 1999. *Guide des essais de pompage et leurs interprétations*. Les Publications du Québec. 50 p. ISBN 2-551-18108-9.

GENIVAR, juillet 2008. *Plan d'étude du deuxième cycle des ESEE et du suivi biologique provincial de la mine Troilus.*

Geocon, SNC-Lavalin inc., juillet 1993. *Étude hydrologique et hydrogéologique*, Projet Troilus, rapport final. 78 p. plus cartes et annexes .

Golder Associés Ltée, novembre 2002. *Évaluation des sols en vue de la dérivation d'un ruisseau pour l'aménagement de la fosse J4 projetée, Inmet – Division Troilus*. 16 p. et annexes.

Golder Associés Ltée, mai 2007. *Plan de fermeture, révision 2007, les Mines Inmet – Division Troilus*. 61 p. plus annexes, plans et cartes.

Henri Cousineau et Fils. 1997. Rapports factuels et non interprétés de forage et de pompage. 15 p.

Johnstone, K. et Louie, P.Y.T., 1983. *Tabulations du bilan hydrique pour les stations climatologiques canadiennes.* 16 p. et annexes.

Krasny, J. 1993. *Classification of transmissivity magnitude and variation*. Ground Water, V 31 (2), pp 230-236.

Les Laboratoires SL, juillet 1995. *Essais de pompage, Mine Troilus, Chibougamau,* pour Puisatiers de Delisle.8 p et annexes.

Les Mines Inmet, Mines Troilus. Dossiers internes incluant des tableaux sur la construction des puits et piézomètres ainsi que sur des levés de piézométrie.

Les Mines Inmet, Division Troilus. Note technique interne, 11 septembre 2000. *Infiltration d'eau dans la fosse 87*. 2 p et 3 tableaux.

Les Mines Inmet, Division Troilus. Note technique interne, 13 septembre 2000. *Trou de drainage (2000); fosse 87*. 2 p.

Les Mines Inmet, Division Troilus. Note technique interne, 18 septembre 2001. *Pompage de la fosse 87*. 2 p.

Les Mines Inmet, Division Troilus. *Programme de surveillance et d'inspection environnementale*. 1996, 1998, 2003, 2004 et 2005.

Lorente, J.M. 1961. Meteorologia. 4th edition. Edit. Labor, S.A., Barcelona.

Martin D.C. et Frigon D., avril 1996. Inmet Mining – Troilus Project, Notes from geotechnical site inspection. 7 p.

McDonald, M.G., A.W.Harbaugh, 1988. *A modular three-dimensional Finite-Difference Groundwater Flow Mode*l. United States Geological Survey, Reston, Virginia, 22092

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUEBEC, avril 2004. *Manuel de conception des ponceaux.*

Piterau Associates, July 2001. J*une 2001 Geotechnical Inspection*. 12 p. et annexes

Piterau Associates, december 2006. October 2006 *Geotechnical Inspection*. 14 p. et annexes

Puisatiers de Delisle inc. 1998. Rapports factuels de forage. 5p.

Schlumberger Water Services. 2008. *User's Manual of Visual Modflow*. Waterloo, Ontario.

Techmat inc., mars 1995. Projet Troilus – Étude géotechnique, campagne 1994, Tome I et II, 33 p. plus tableaux, figures, cartes et annexes.

Techmat inc., septembre 1996. *Rapports de chantier, forages et installation des piézomètres PM-2 et PM-3, Projet Troilus, région de Chibougamau – Chapais (Québec)*. 5 p.

THEIS, C.V., 1935. *The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage*, Am. Geophys. Union. Trans., vol. 16, p 519-524.

ANNEXE A

Tracés des bassins versants

Bassin versant
Fosse J4
superficie: 75 ha

Bassin versant
Fosse 87
superficie: 167 ha

LAC A

Lac Avranches

LAC A

LAC B

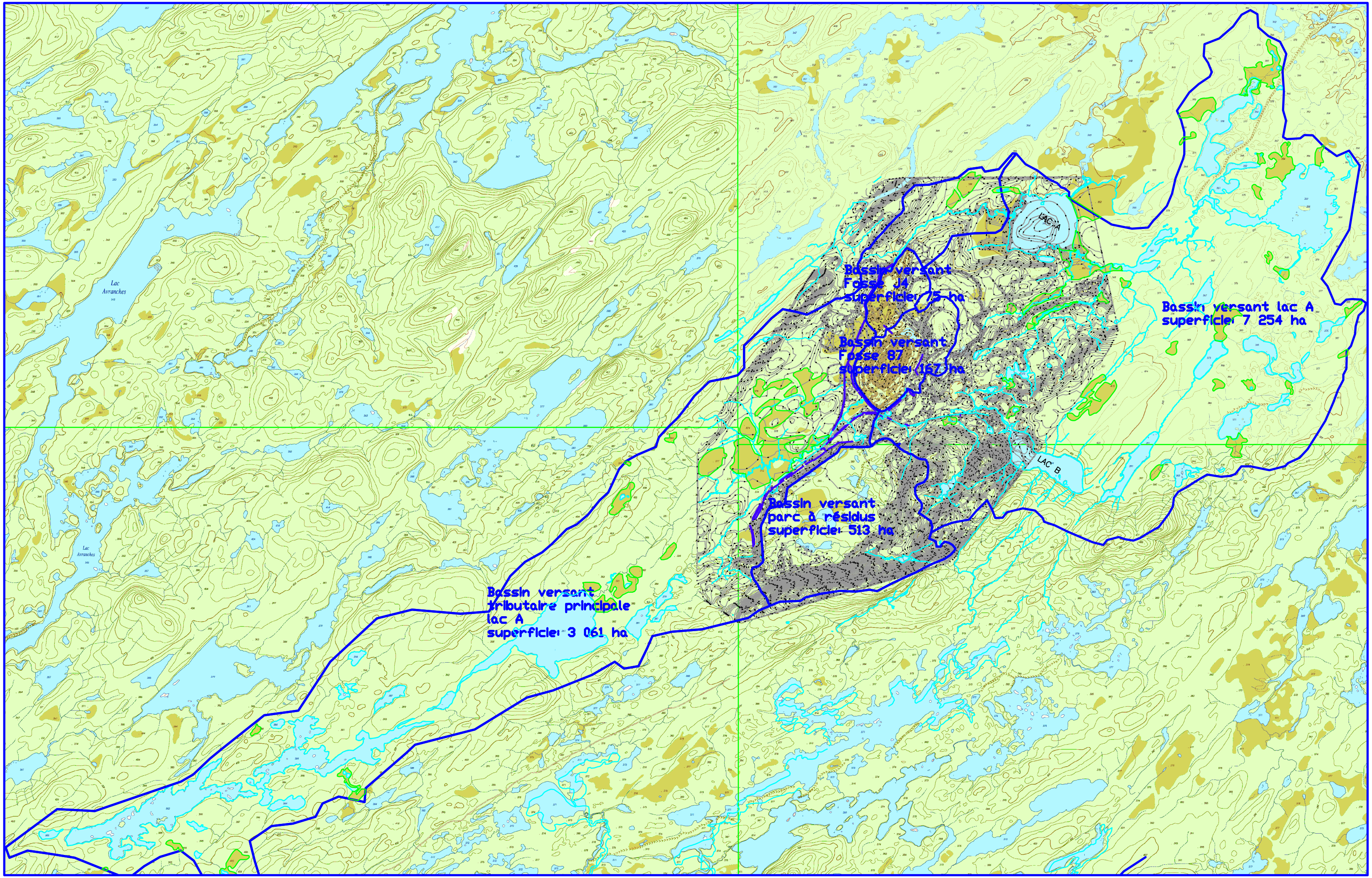
Bassin versant
Fosse J4
superficie: 75 ha

Bassin versant
Fosse 87
superficie: 167 ha

Bassin versant
parc à résidus
superficie: 513 ha

Bassin versant
tributaire
principale lac A
superficie: 3 061
ha

Bassin versant
parc à résidus
superficie: 513 ha


Lac
Avranches
LAC A
LAC B
Bassin versant
Fosse J4
superficie: 75 ha
Bassin versant
Fosse 87
superficie: 167 ha
Bassin versant lac A
superficie: 7 254 ha
Bassin versant parc à résidus
superficie: 513 ha
Bassin versant
tributaire principale
lac A
superficie: 3 061 ha

ANNEXE B

Courbes d’interprétation des essais de pompage

GENIVAR

RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

Rabattement au PT2

PROJET: Fermeture Mine Troilus
NO: AA115951
CLIENT: Inmet
DATES: 12-sept-97
DURÉE (min): 4320,0

PUITS DE POMPAGE: PT2
PUITS D'OBSERVATION: PT2
DISTANCE r (m): 0,00
NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 76,70

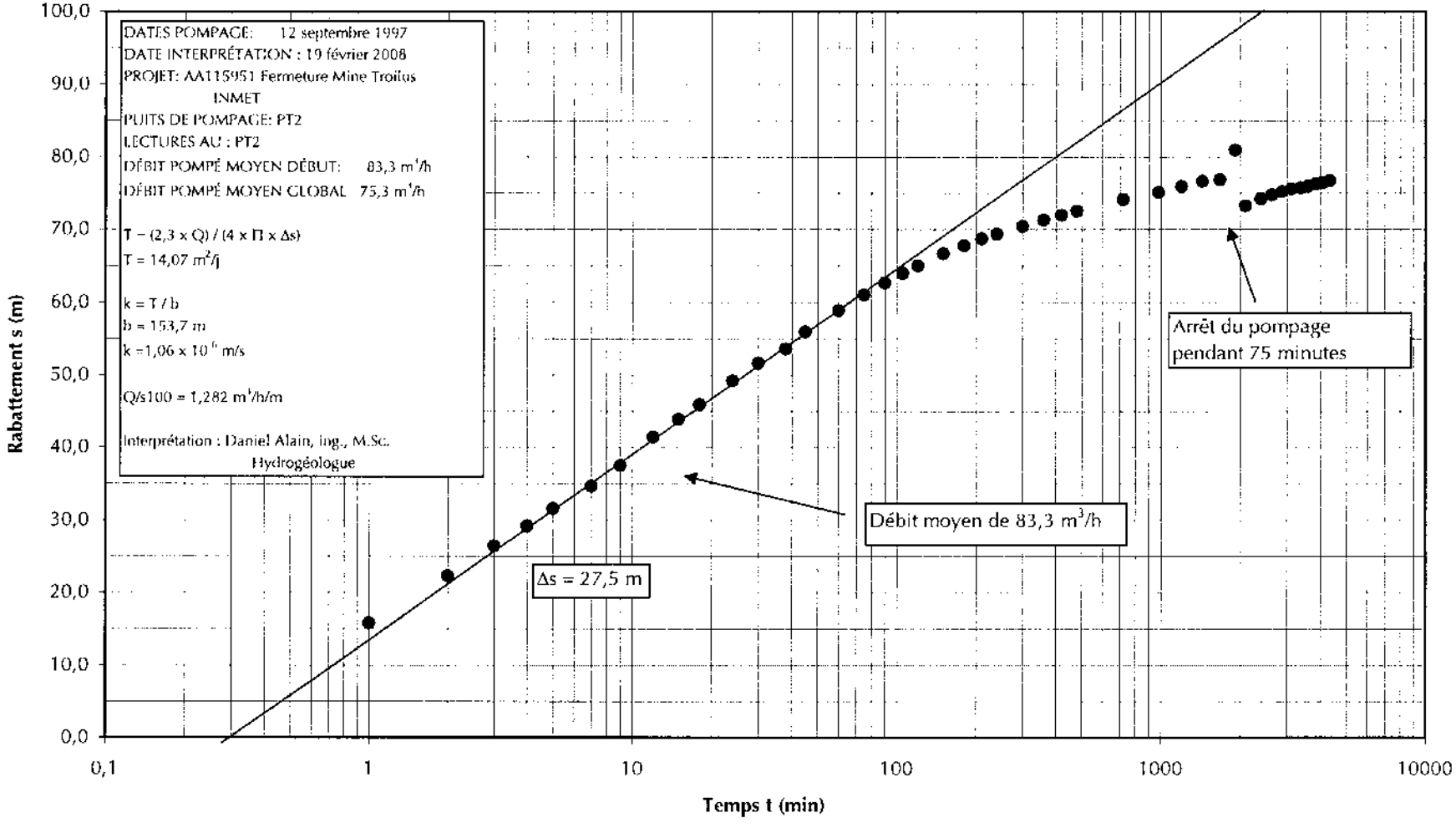
NIVEAU STATIQUE p/r TUBAGE: 14,70 m
HAUTEUR h/s TUBAGE : 0,95 m
NIVEAU STATIQUE p/r SOL: 13,76 m
DÉBIT MOYEN (Q): 75,3 m^3/h
DÉBIT DÉBUT (Q): 83,3 m^3/h

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)	Débit m^3/h	Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)	Débit m^3/h	Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)	Débit m^3/h
1	30,500	15,800	91,8	1920	95,630	80,930					
2	37,000	22,300		2100	87,940	73,240	Arrêt				
3	41,150	26,450		2400	88,910	74,210	80,5				
4	43,870	29,170		2640	89,460	74,760					
5	46,280	31,580		2880	89,900	75,200					
7	49,340	34,640		3120	90,250	75,550					
9	52,210	37,510		3380	90,400	75,700					
12	56,110	41,410		3600	90,650	75,950					
15	58,590	43,890	86,2	3840	90,940	76,240					
18	60,630	45,930		4080	91,120	76,420					
24	63,880	49,180		4320	91,400	76,700	80,5				
30	66,310	51,610									
38	68,280	53,580		Notes :							
45	70,650	55,950		Arrêt du pompage pour 75 minutes à t = 2100m minutes							
60	73,570	58,870		Venues d'eau 2,3 m3/h à 12,2 m							
75	75,710	61,010		Venues d'eau 3,4 m3/h à 14,0 m							
90	77,380	62,680		Venues d'eau 3,4 m3/h à 42,7 m							
105	78,690	63,990		Venues d'eau 34,0 m3/h à 116,4 m							
120	79,720	65,020		Venues d'eau 34,0 m3/h à 134,1 m							
150	81,370	66,670	83,5								
180	82,480	67,780		Tubage :8,84 m							
210	83,370	68,670	81,6	Profondeur : 162,46 m							
240	84,050	69,350									
300	85,120	70,420									
360	86,000	71,300									
420	86,670	71,970									
480	87,210	72,510	80,5								
720	88,830	74,130									
980	89,790	75,090									
1200	90,600	75,900	79,38								
1440	91,330	76,630									
1680	91,520	76,820									

GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PT2



GENIVAR

RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE A DÉBIT CONSTANT

Remontée au PT2

PROJET: Fermeture Mine Troilus
NO: AA115951
CLIENT: Inmet
DATES: 12-sept-97
DURÉE (min): 4320,0

PUITS DE POMPAGE: PT2
PUITS D'OBSERVATION: PT2
DISTANCE r (m): 0,00
NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 76,70

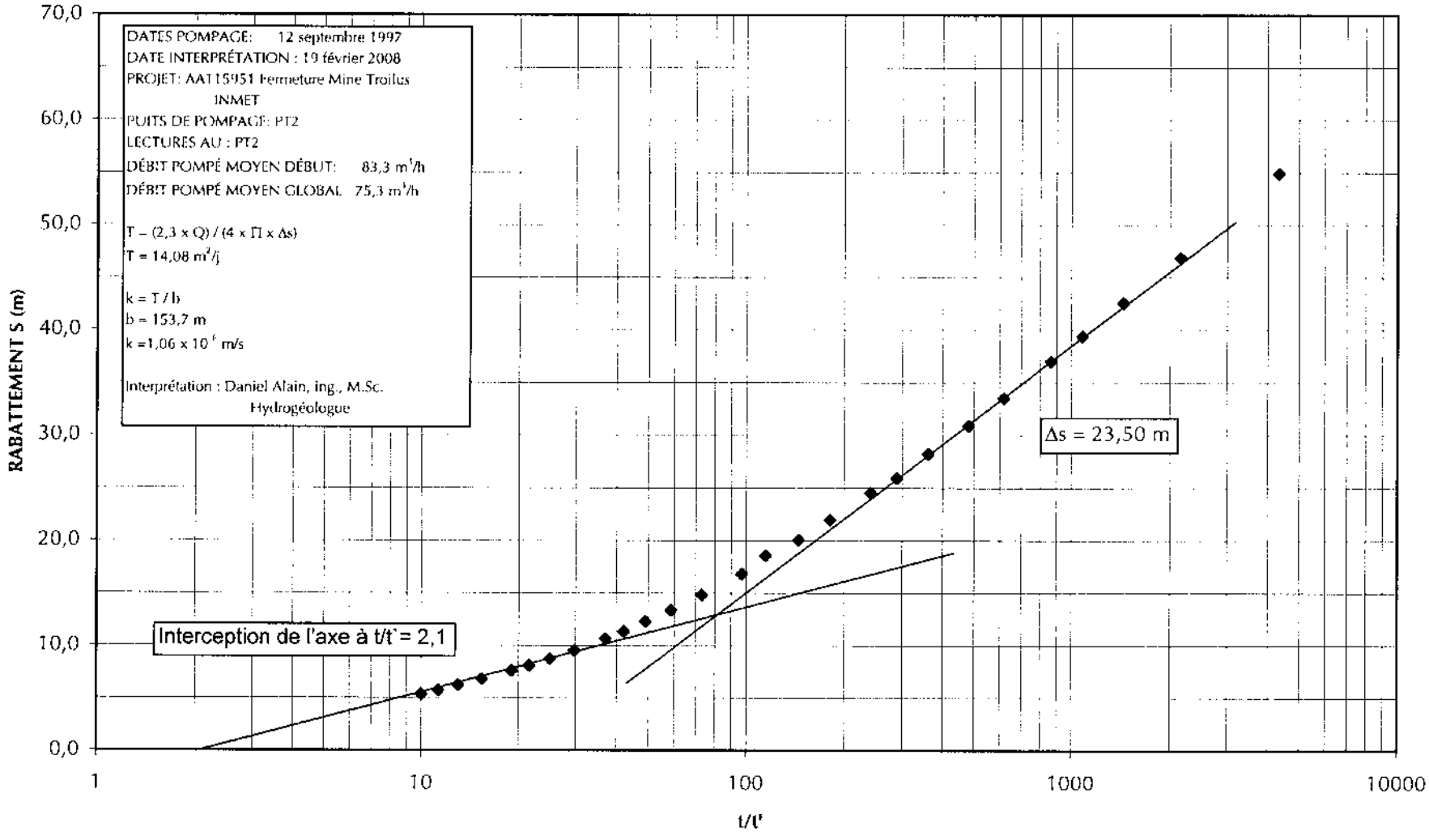
NIVEAU STATIQUE p/r TUBAGE: 14,70 m
HAUTEUR h/s TUBAGE : 0,76 m
NIVEAU STATIQUE p/r SOL: 13,94 m
DÉBIT MOYEN (Q): 75,3 m³/h

Temps t (min)	Temps t' (min)	t/t'	Profondeur (m)	Rabattement (m)	Temps t (min)	Temps t' (min)	t/t'	Profondeur (m)	Rabattement (m)
4320,0	0		91,40	76,700					
4321,0	1	4321	69,60	54,900					
4322,0	2	2161,00	61,55	46,850					
4323,0	3	1441,00	57,24	42,540					
4324,0	4	1081,00	54,08	39,380					
4325,0	5	865,00	51,67	36,970					
4327,0	7	618,14	48,22	33,520					
4329,0	9	481,00	45,58	30,880					
4332,0	12	361,00	42,90	28,200					
4335,0	15	289,00	40,64	25,940					
4338,0	18	241,00	39,20	24,500					
4344,0	24	181,00	36,67	21,970					
4350,0	30	145,00	34,76	20,060					
4358,0	38	114,68	33,28	18,580					
4365,0	45	97,00	31,52	16,820					
4380,0	60	73,00	29,53	14,830					
4395,0	75	58,60	28,06	13,360					
4410,0	90	49,00	26,98	12,280					
4425,0	105	42,14	26,05	11,350					
4440,0	120	37,00	25,32	10,620					
4470,0	150	29,80	24,22	9,520					
4500,0	180	25,00	23,41	8,710					
4530,0	210	21,57	22,77	8,070					
4560,0	240	19,00	22,28	7,580					
4620,0	300	15,40	21,49	6,790					
4680,0	360	13,00	20,92	6,220					
4740,0	420	11,29	20,42	5,720					
4800,0	480	10,00	20,04	5,340					

GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

REMONTÉE PT2



GENIVAR

RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

Pompage au PT2, Rabattement au PZ2 profond, milieu et haut

PROJET: Fermeture Mine Troilus
NO: AA115951
CLIENT: Inmet
DATES: 12-sept-97
DURÉE (min): 4320,0

PUITS DE POMPAGE: PT2
PUITS D'OBSERVATION: PZ2
DISTANCE r (m): 3,47
NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 76,70 au PT2

DÉBIT MOYEN (Q): 75,3 m^3/h
DÉBIT DÉBUT (Q): 83,3 m^3/h

PZ2 profond : 201,2 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	15,630	
380	71,380	55,750
480	72,480	56,850
1440	76,440	60,810
2880	77,430	61,800
3600	78,030	62,400
4320	78,640	63,010

PZ2 Milieu : 122,6 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	15,400	
380	44,330	28,930
480	44,970	29,570
1440	50,930	35,530
2880	55,750	40,350
3600	56,680	41,280
4320	57,060	41,660

PZ2 Haut : 49,2 m

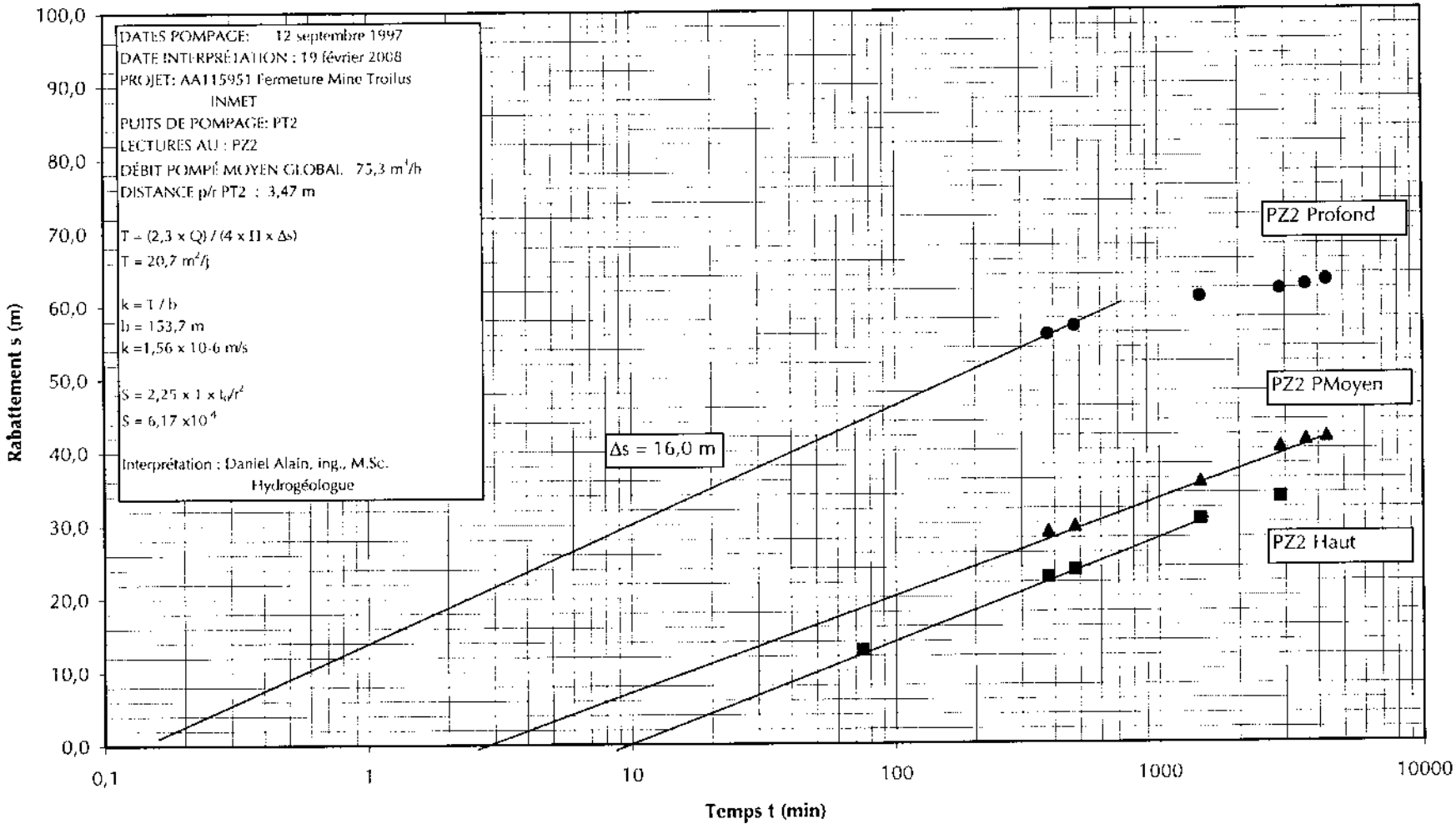
Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	15,04	
75	27,78	12,740
380	37,64	22,600
480	38,66	23,620
1440	45,50	30,460
2880	48,38	33,340

Note : Le PZ2 moraine n'a pas réagi. Le NE s est maintenu entre 4,59 et 4,64 m

GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

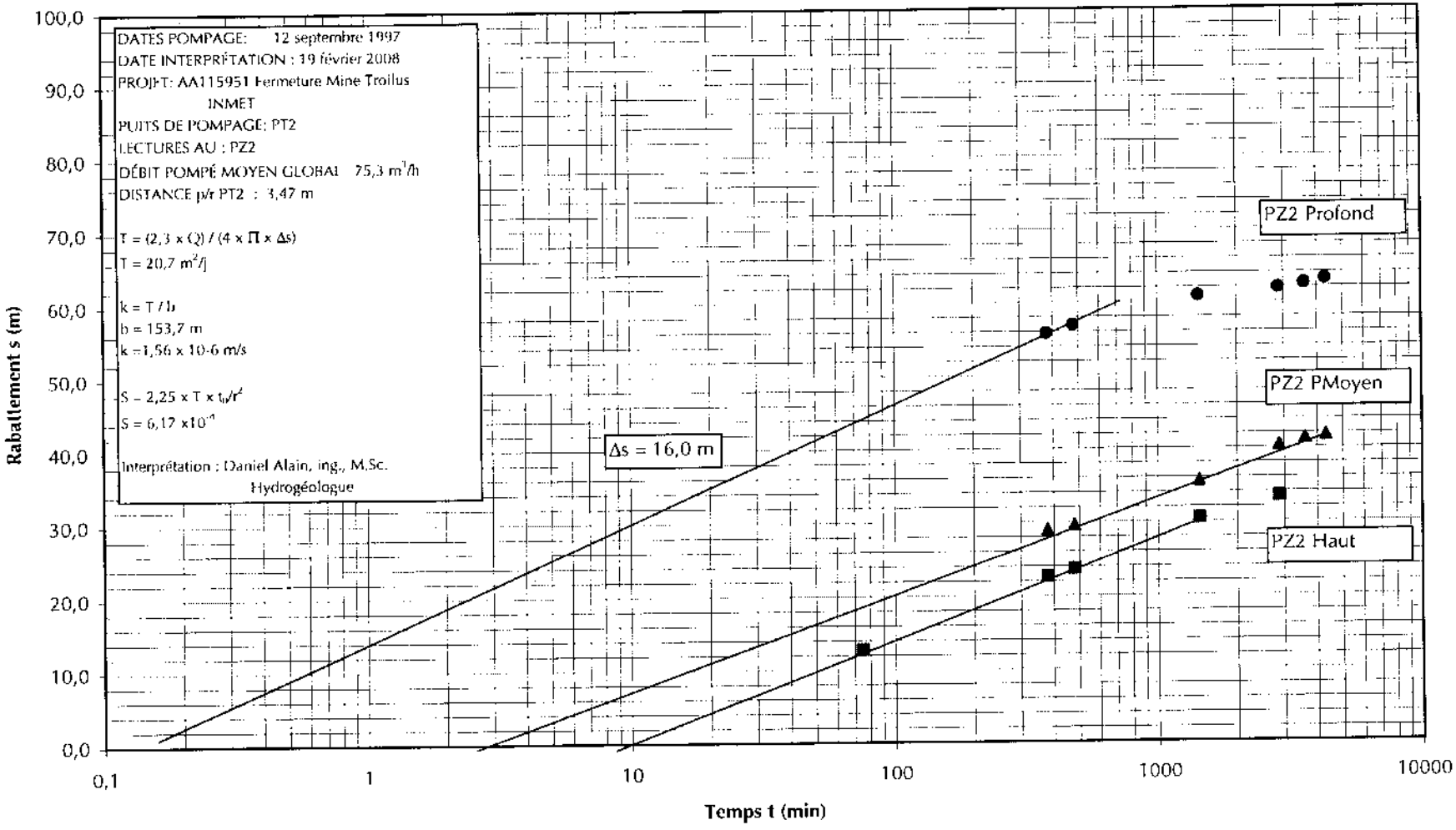
POMPAGE PT2, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ2 Profond, Moyen et Haut



GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

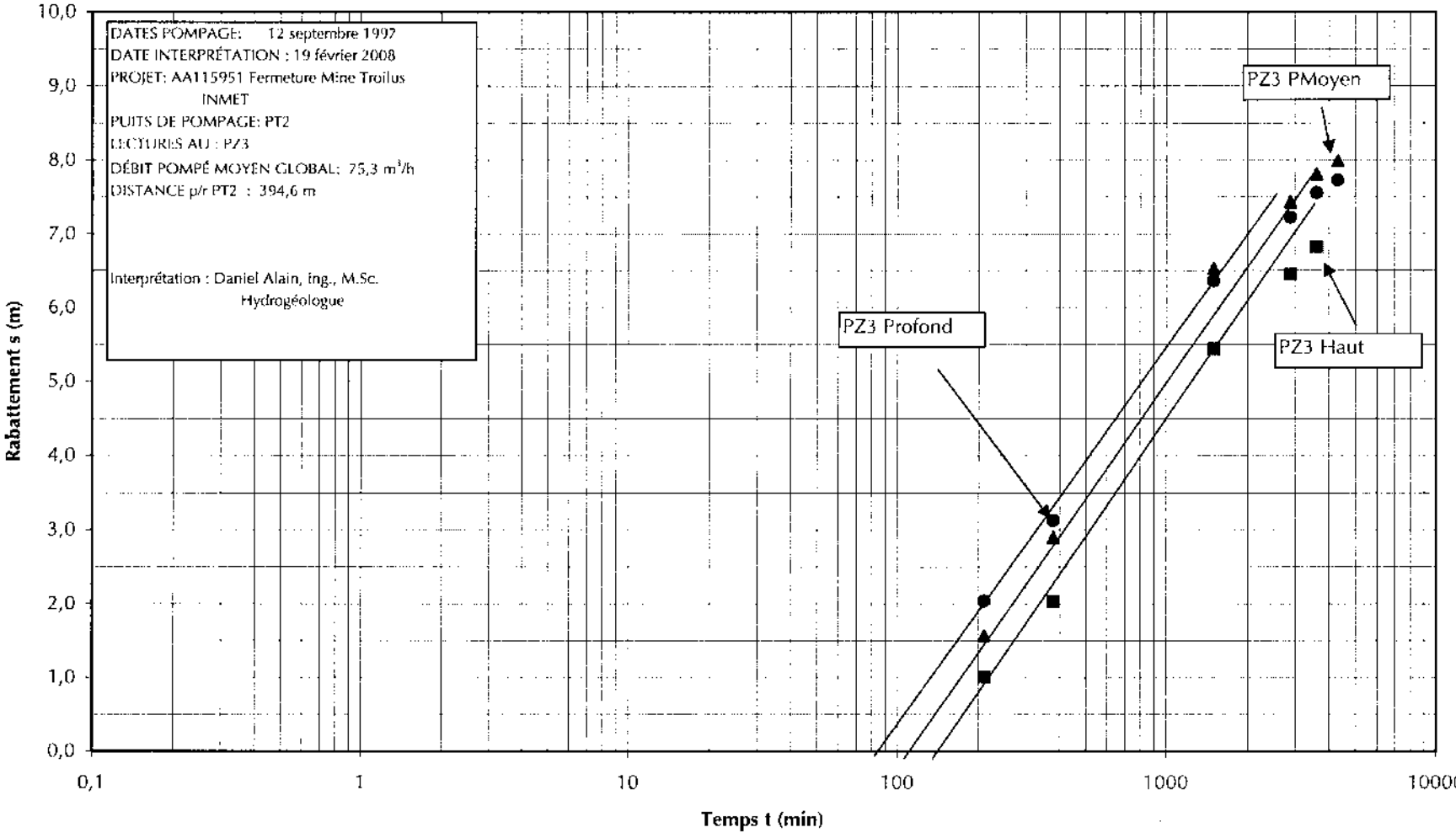
POMPAGE PT2, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ2 Profond, Moyen et Haut



GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

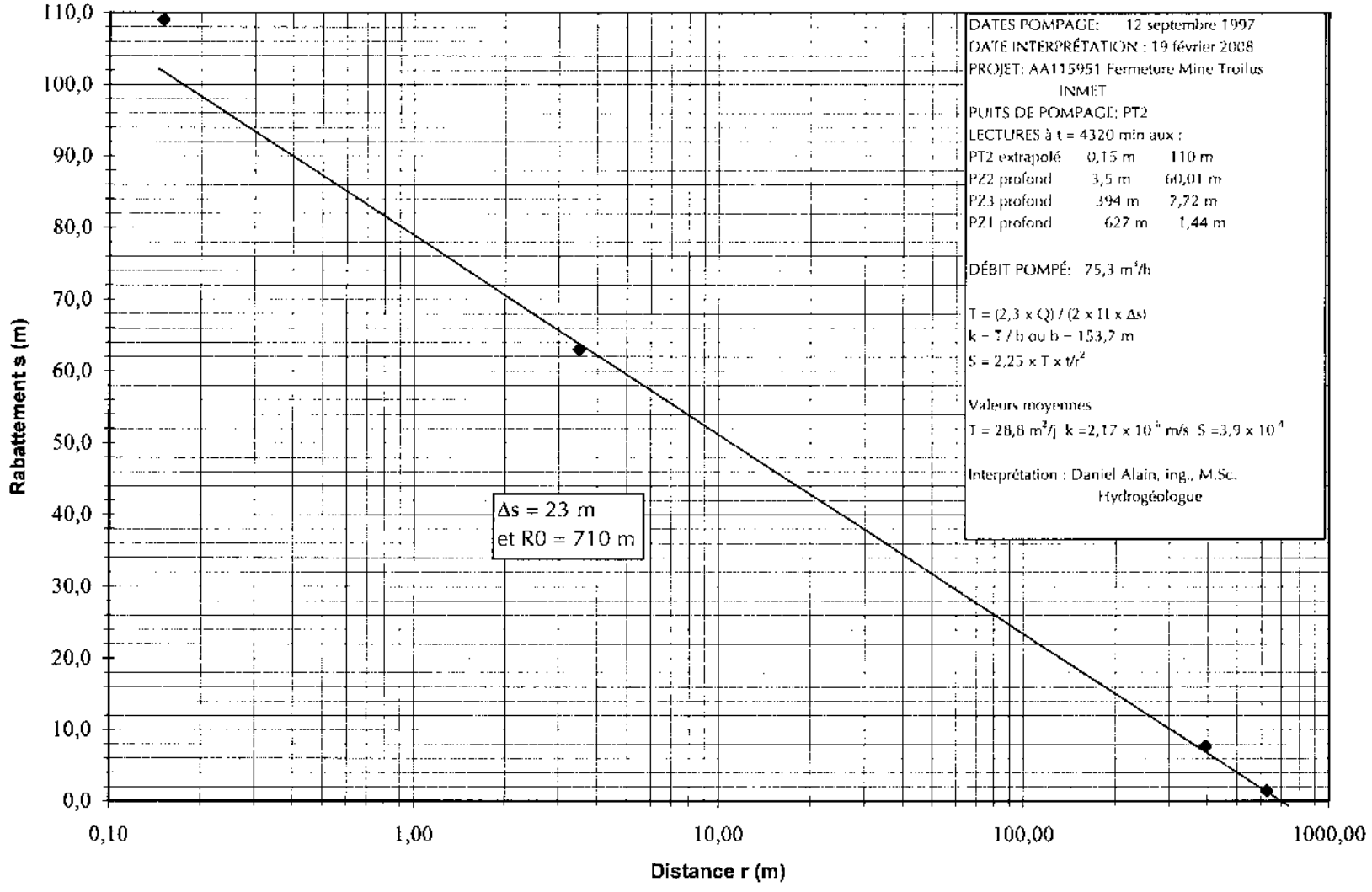
POMPAGE PT2, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ3 Profond, Moyen et Haut



GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE AU PT2

Courbe rabattement s distance r



GENIVAR

RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

Rabattement au PT1

PROJET: Fermeture Mine Troilus
NO: AA115951
CLIENT: Inmet
DATES: 8-nov-97
DURÉE (min): 4320,0

PUITS DE POMPAGE: PT1
PUITS D'OBSERVATION: PT1
DISTANCE r (m): 0,00
NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 68,50

NIVEAU STATIQUE p/r TUBAGE: 34,13 m
HAUTEUR h/s TUBAGE : 0,76 m
NIVEAU STATIQUE p/r SOL: 33,37 m
DÉBIT MOYEN (Q): 67,6 m^3/h
DÉBIT DÉBUT (Q): 72,6 m^3/h

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)	Débit m^3/h
1	51,920	17,790	
2	55,900	21,770	
3	58,540	24,410	
4	60,110	25,980	
5	61,500	27,370	
7	63,290	29,160	
9	64,600	30,470	
12	66,030	31,900	
15	67,360	33,230	
18	68,350	34,220	
24	70,000	35,870	
30	71,380	37,250	72,6
38	72,580	38,450	
45	74,130	40,000	
60	76,220	42,090	
75	77,950	43,820	
90	79,450	45,320	
105	80,650	46,520	
120	81,680	47,550	
150	83,460	49,330	
180	84,620	50,490	
210	85,850	51,720	
240	86,850	52,720	
300	88,160	54,030	
360	89,350	55,220	
420	90,270	56,140	
480	90,960	56,830	
720	93,360	59,230	
980	95,360	61,230	
1200	97,070	62,940	69,2
1440	98,280	64,150	66,9
1680	97,450	63,320	
1920	98,860	64,730	65,3
2100	99,620	65,490	
2400	100,360	66,230	
2640	101,070	66,940	
2880	102,470	68,340	62,4
3120	100,480	66,350	
3380	100,570	66,440	
3600	101,280	67,150	
3840	101,780	67,650	
4080	102,240	68,110	
4320	102,630	68,500	

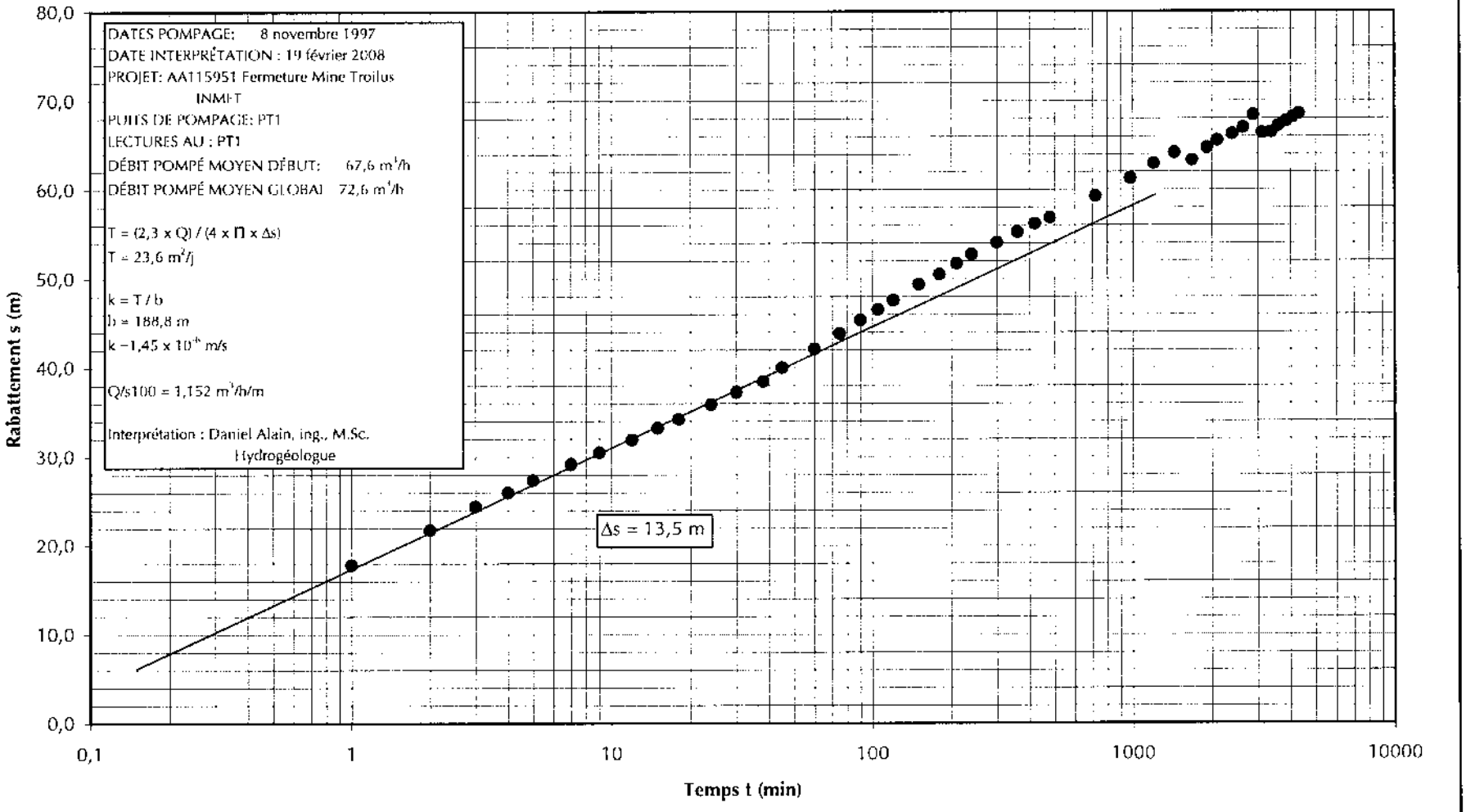
Notes :
Venues d'eau 0,6 m3/h à 29,0 m
Venues d'eau 10,7 m3/h à 64,6 m
Venues d'eau 9,1 m3/h à 97,5 m
Venues d'eau 22,7 m3/h à 79,4 m
Venues d'eau 22,7 m3/h à 96,8 m
Venues d'eau 11,3 m3/h à 105,9 m

Tubage : 9,35 m
Profondeur : 198,1 m

GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PT1



GENIVAR

RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE A DÉBIT CONSTANT

Remontée au PT1

PROJET: Fermeture Mine Troilus
NO: AA115951
CLIENT: Inmet
DATES: 8-nov-97
DURÉE (min): 4320,0

PUITS DE POMPAGE: PT1
PUITS D'OBSERVATION: PT1
DISTANCE r (m): 0,00
NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 68,50

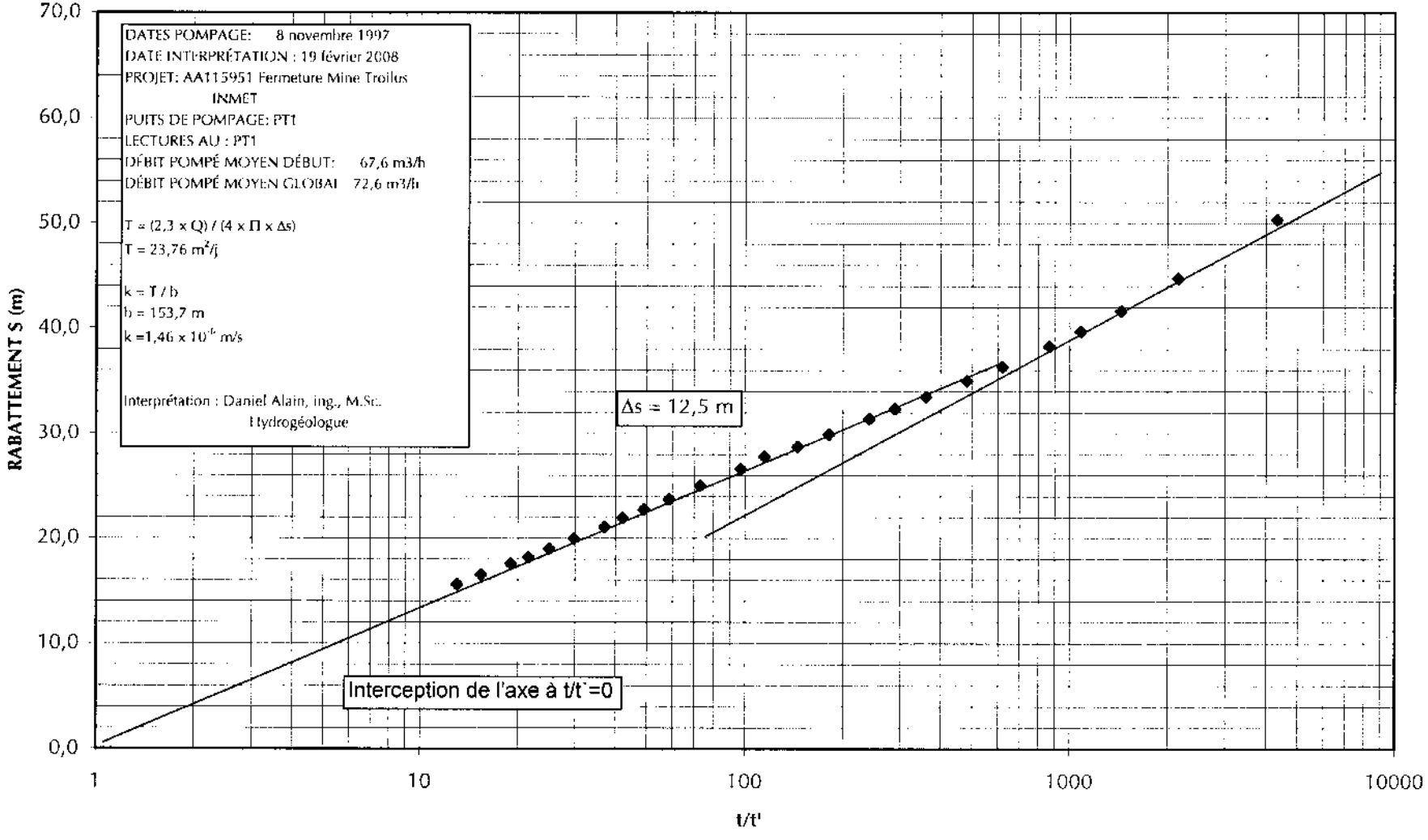
NIVEAU STATIQUE p/r TUBAGE: 34,13 m
HAUTEUR h/s TUBAGE : 0,76 m
NIVEAU STATIQUE p/r SOL: 33,37 m
DÉBIT MOYEN (Q): 67,6 m^3/h

Temps t (min)	Temps t' (min)	t/t'	Profondeur (m)	Rabattement (m)	Temps t (min)	Temps t' (min)	t/t'	Profondeur (m)	Rabattement (m)
4320,0	0		102,63	68,500					
4321,0	1	4321	84,45	50,320					
4322,0	2	2161,00	78,87	44,740					
4323,0	3	1441,00	75,74	41,610					
4324,0	4	1081,00	73,84	39,710					
4325,0	5	865,00	72,40	38,270					
4327,0	7	618,14	70,47	36,340					
4329,0	9	481,00	69,12	34,990					
4332,0	12	361,00	67,62	33,490					
4335,0	15	289,00	66,47	32,340					
4338,0	18	241,00	65,53	31,400					
4344,0	24	181,00	64,03	29,900					
4350,0	30	145,00	62,85	28,720					
4358,0	38	114,68	61,89	27,760					
4365,0	45	97,00	60,72	26,590					
4380,0	60	73,00	59,14	25,010					
4395,0	75	58,60	57,84	23,710					
4410,0	90	49,00	56,87	22,740					
4425,0	105	42,14	56,05	21,920					
4440,0	120	37,00	55,20	21,070					
4470,0	150	29,80	54,10	19,970					
4500,0	180	25,00	53,12	18,990					
4530,0	210	21,57	52,29	18,160					
4560,0	240	19,00	51,67	17,540					
4620,0	300	15,40	50,63	16,500					
4680,0	360	13,00	49,69	15,560					

GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

REMONTÉE PT1



GENIVAR

RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

Pompage au PT1, Rabattement au PZ4 profond, milieu et haut

PROJET: Fermeture Mine Troilus
NO: AA115951
CLIENT: Inmet
DATES: 8-nov-97
DURÉE (min): 4320,0

PUITS DE POMPAGE: PT1
PUITS D'OBSERVATION: PZ4
DISTANCE r (m): 217,20
NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 68,50 au PT1

DÉBIT MOYEN (Q): 67,6 m^3/h
DÉBIT DÉBUT (Q): 72,6 m^3/h

PZ4 profond :150,9 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	24,460	
480	32,960	8,500
1920	42,150	17,690
3360	47,040	22,580
4320	47,600	23,140

PZ4 Milieu : 100,6 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	21,570	
480	23,600	2,030
1920	25,450	3,880
3360	29,380	7,810

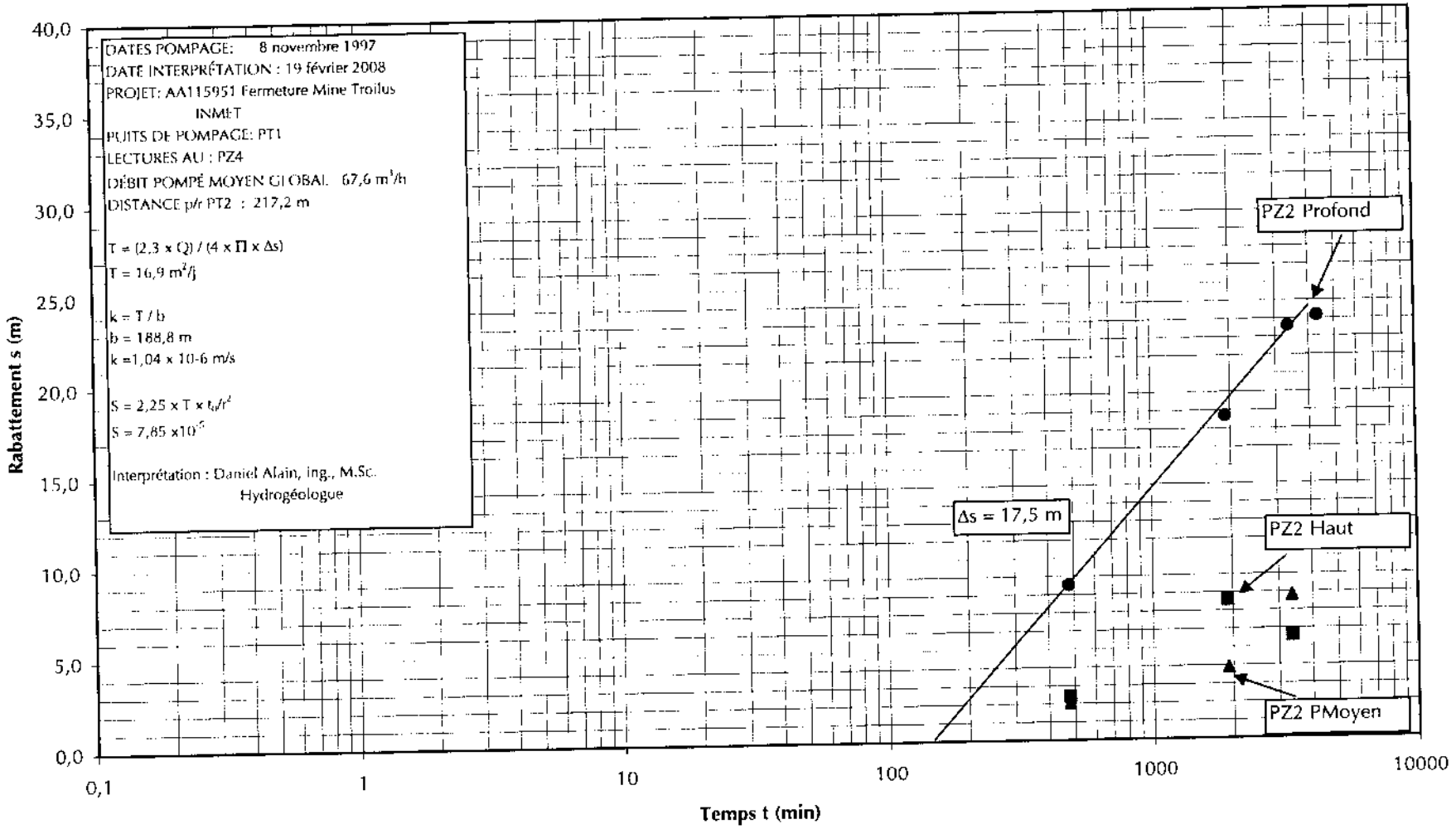
PZ4 Haut : 47,6 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	21,80	
480	24,20	2,400
1920	29,38	7,580
3360	27,40	5,600

GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

POMPAGE PT1, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ4 Profond, Moyen et Haut



GENIVAR

RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

Pompage au PT1, Rabattement au PZ5 profond, milieu et haut

PROJET: Fermeture Mine Troilus
NO: AA115951
CLIENT: Inmet
DATES: 8-nov-97
DURÉE (min): 4320,0

PUITS DE POMPAGE: PT1
PUITS D'OBSERVATION: PZ5
DISTANCE r (m): 199,30
NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 68,50 au PT1

DÉBIT MOYEN (Q): 67,6 m^3/h
DÉBIT DÉBUT (Q): 72,6 m^3/h

PZ5 profond :170,1 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	28,720	
480	33,030	4,310
1920	38,960	10,240
3360	41,450	12,730
4320	62,460	33,740

PZ5 Milieu : 124,4 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	28,370	
480	35,390	7,020
1920	39,980	11,610
3360	42,180	13,810

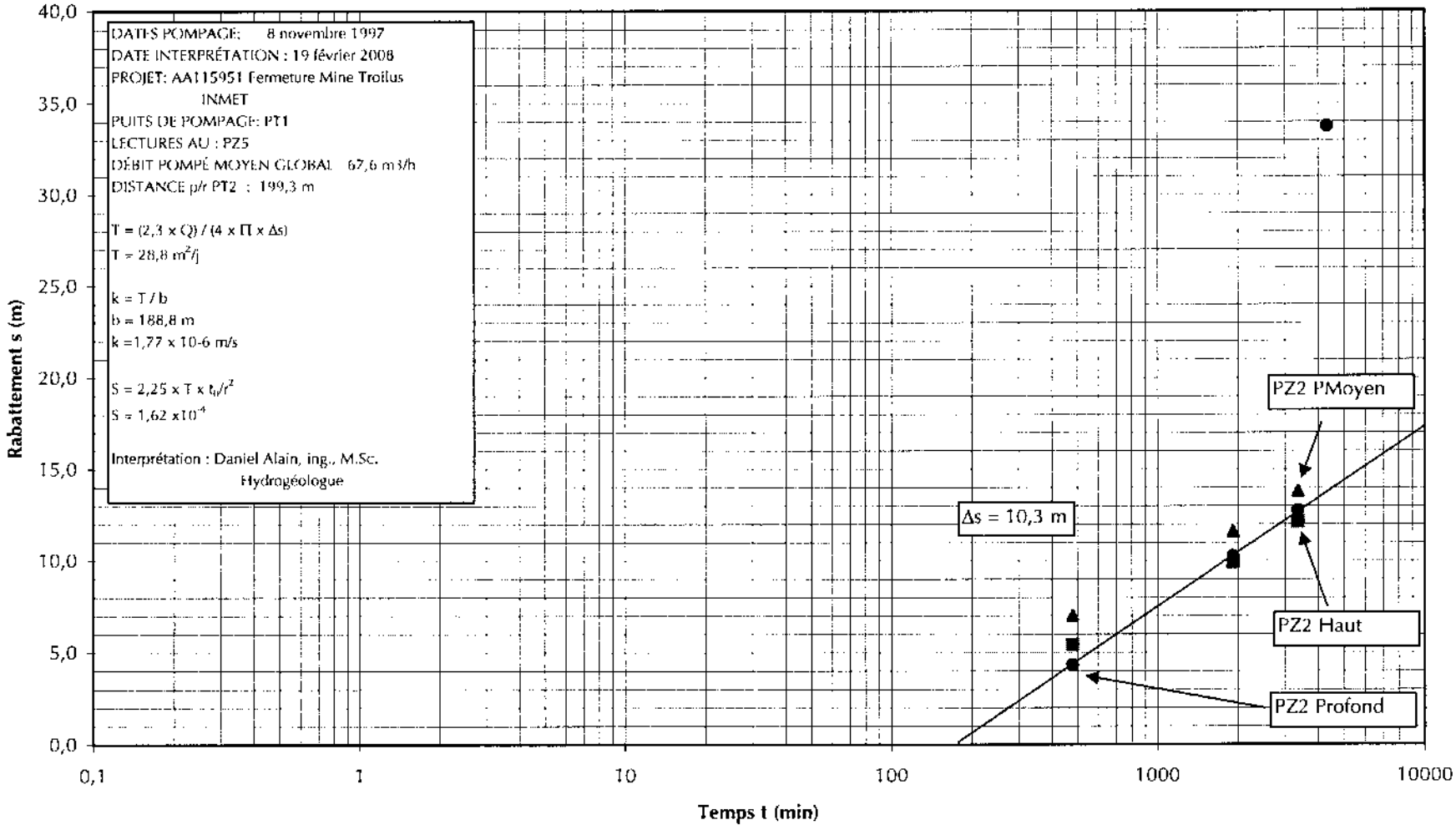
PZ5 Haut : 48,5 m

Temps (min)	Profondeur (m)	Rabattement (m)
0	28,30	
480	33,70	5,400
1920	38,20	9,900
3360	40,42	12,120

GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

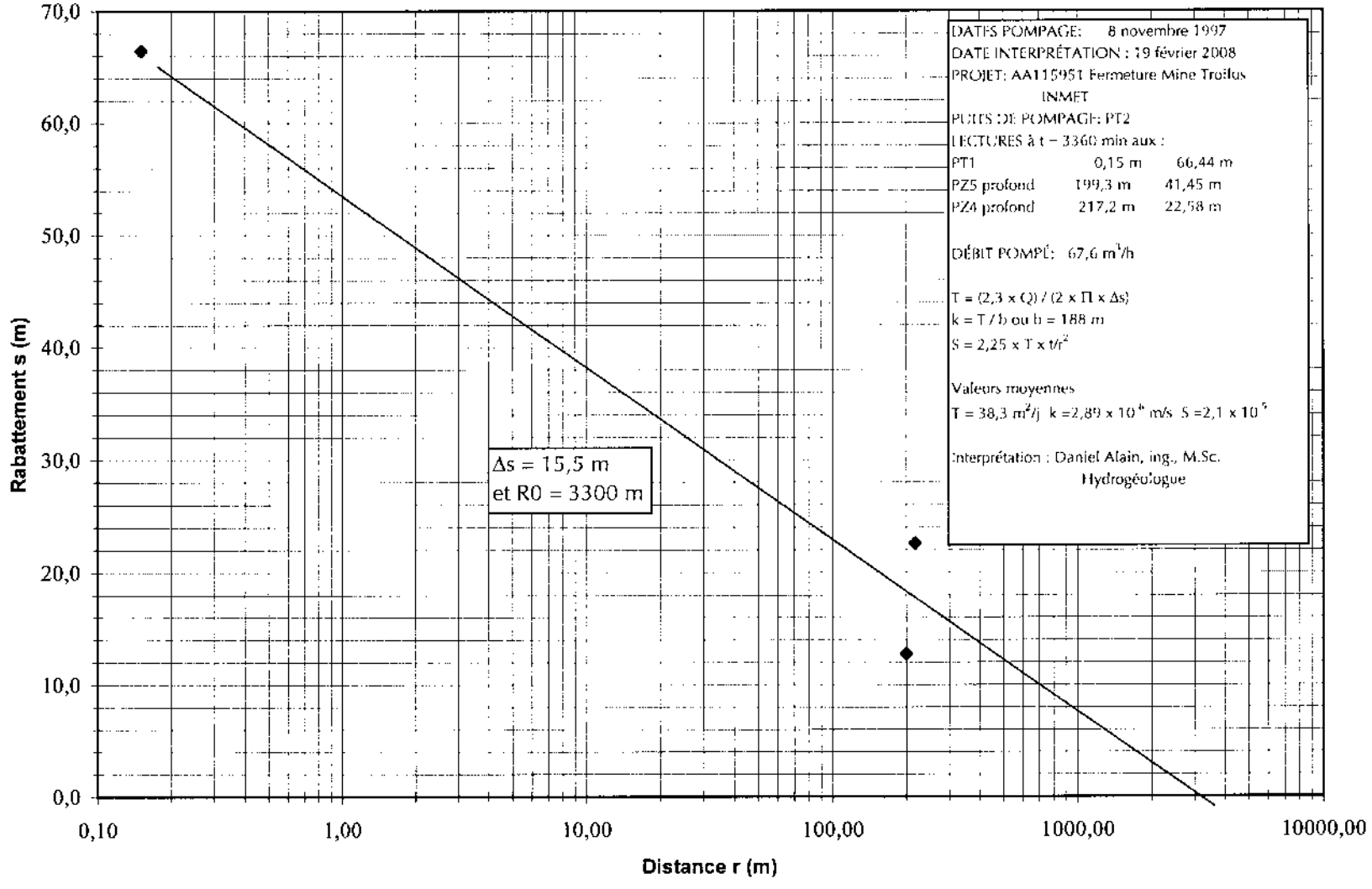
POMPAGE PT1, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ5 Profond, Moyen et Haut



GENIVAR

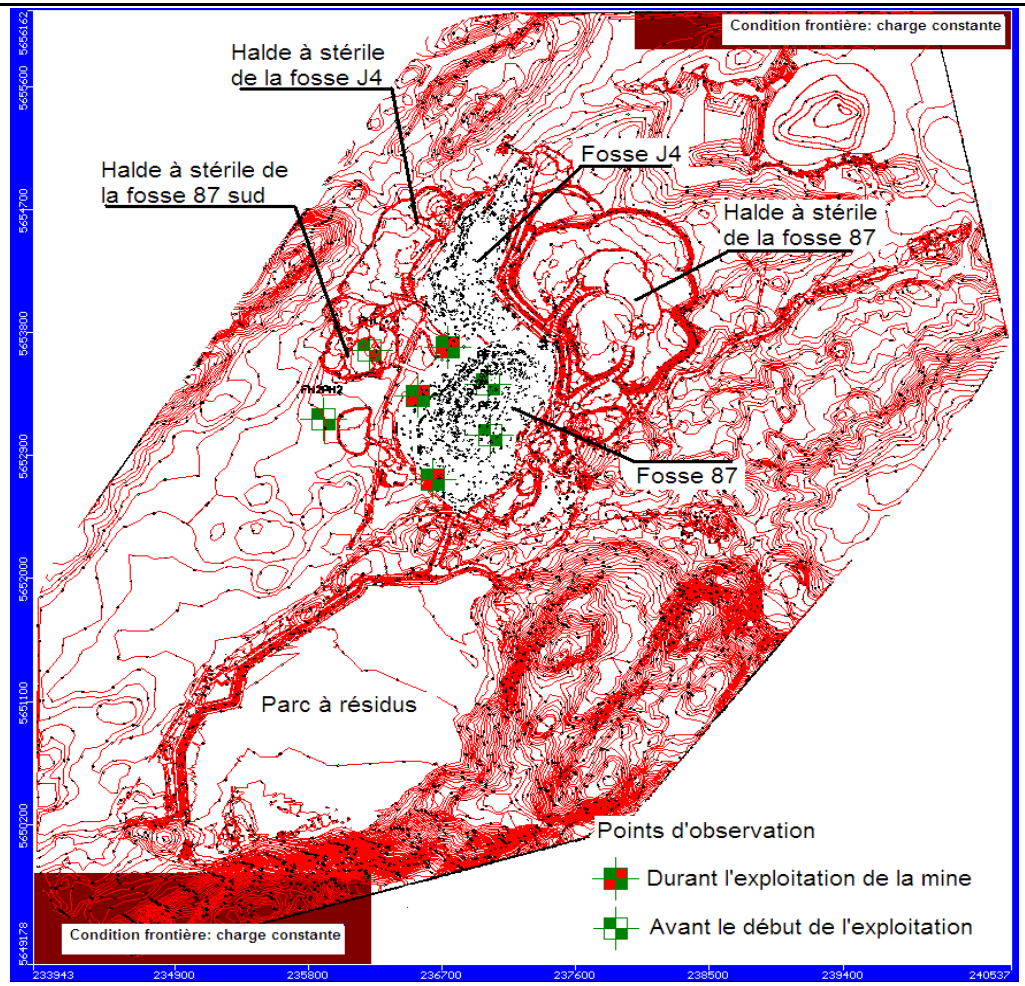
ESSAI DE POMPAGE AU PT1

Courbe rabattement s distance r

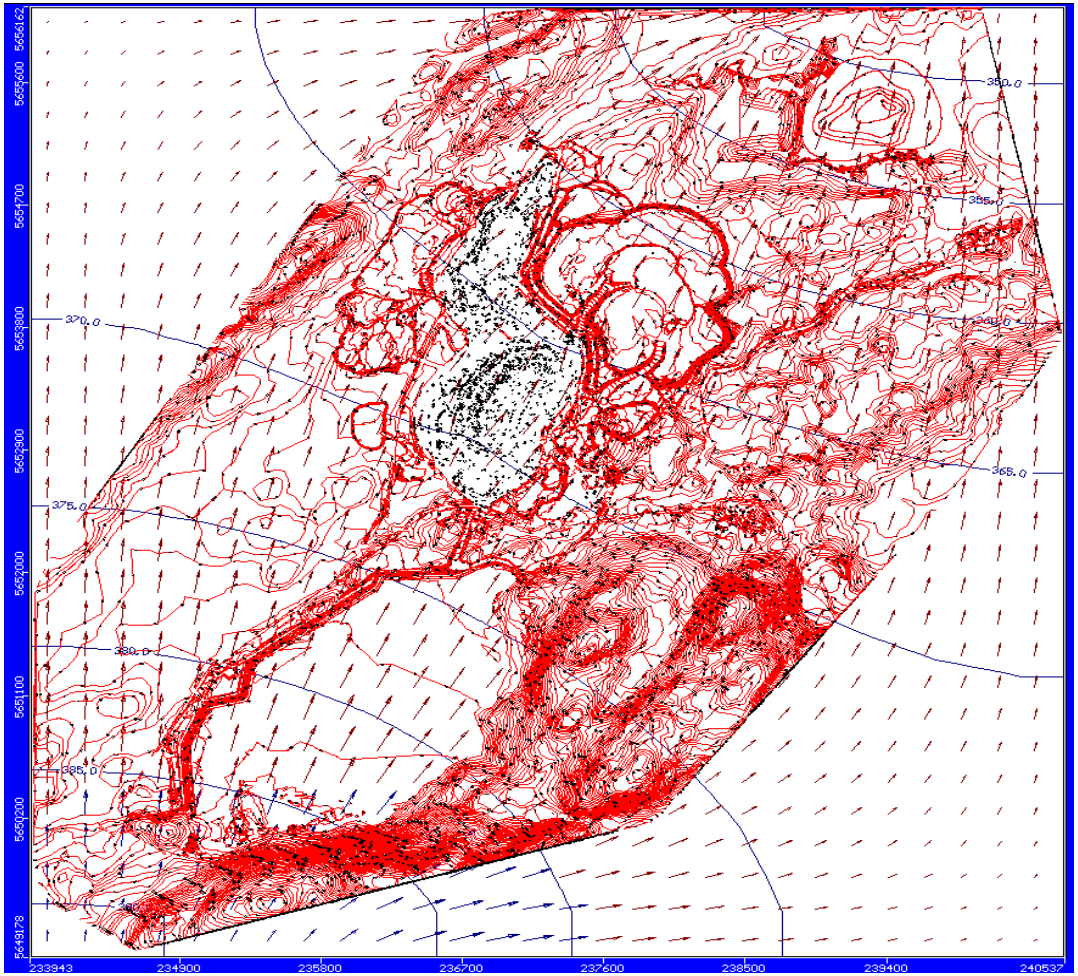


ANNEXE C

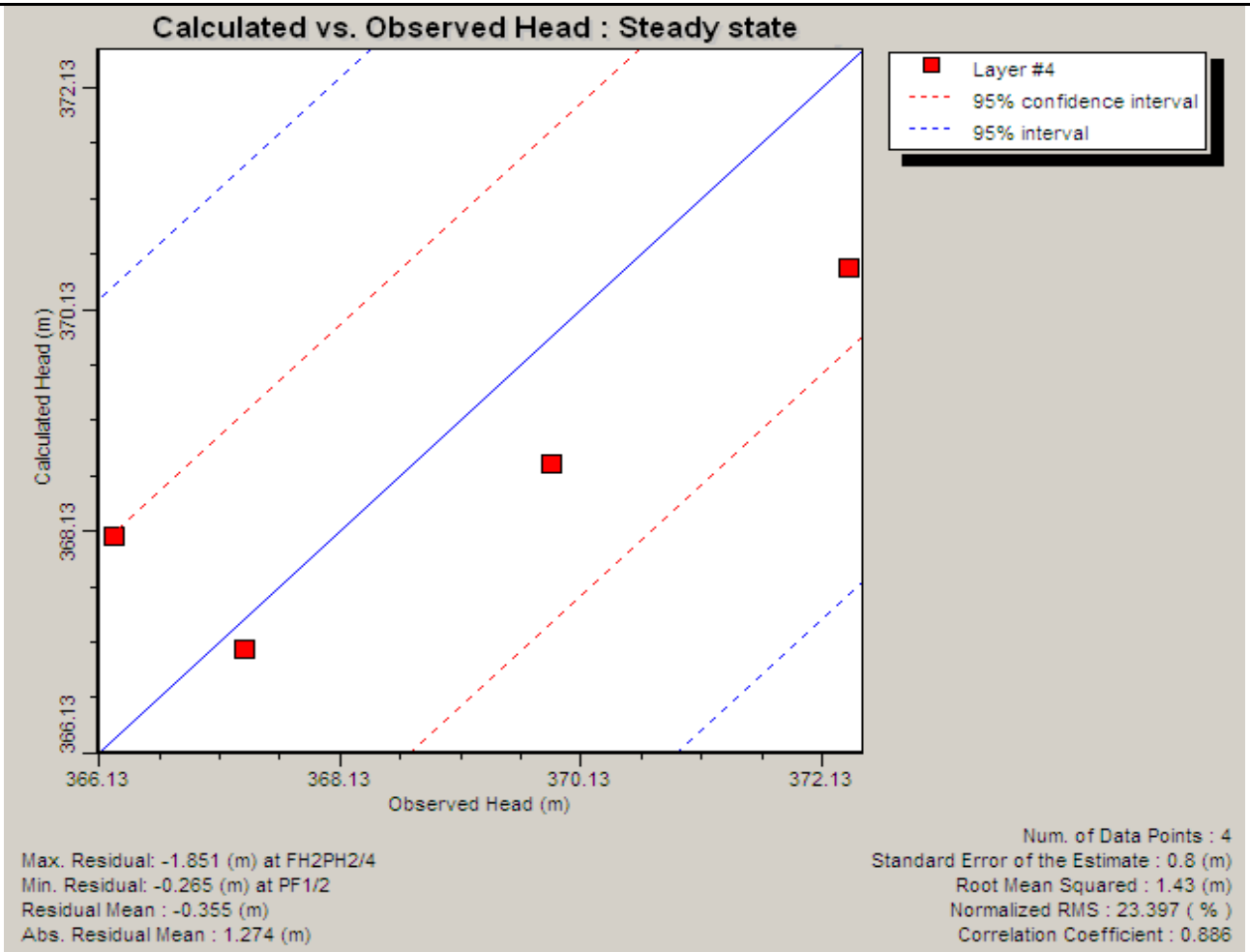
Modélisation numérique



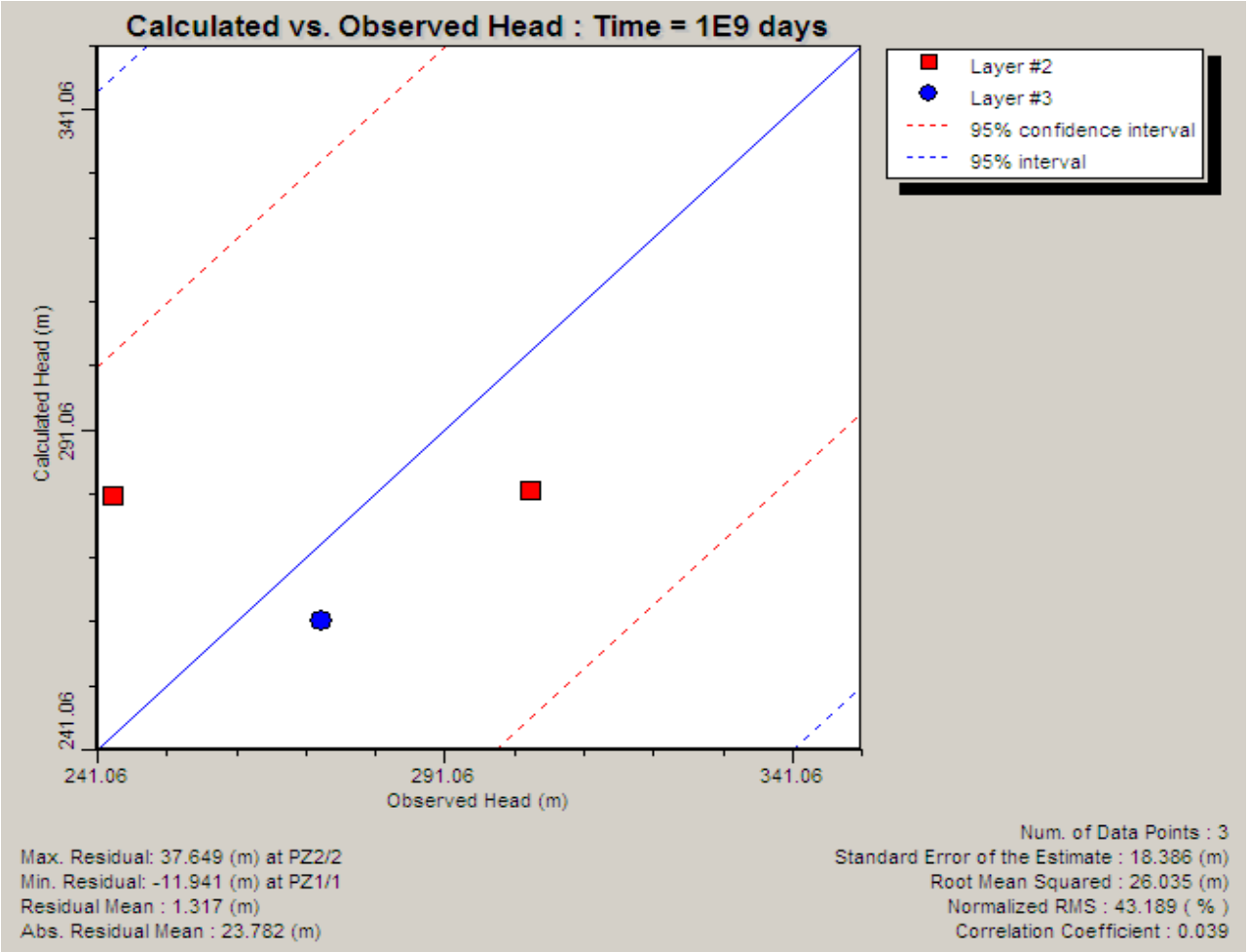
CLIENT LES MINES INMET INC.	DSN PAR: O.F.	PROJET titre Troilus (Québec)	REV.NO: N/A DATE: Mar, 2009
GENIVAR 5355, boulevard des Gradins, Québec (Québec) Canada G2J 1C8	VRF PAR: O.F. ÉCHELLE: Comme indiquée	TITRE Domaine et conditions frontières du modèle hydrogéoogique. (cas de base)	NO PROJET : AA115951 FIGURE : 5.3



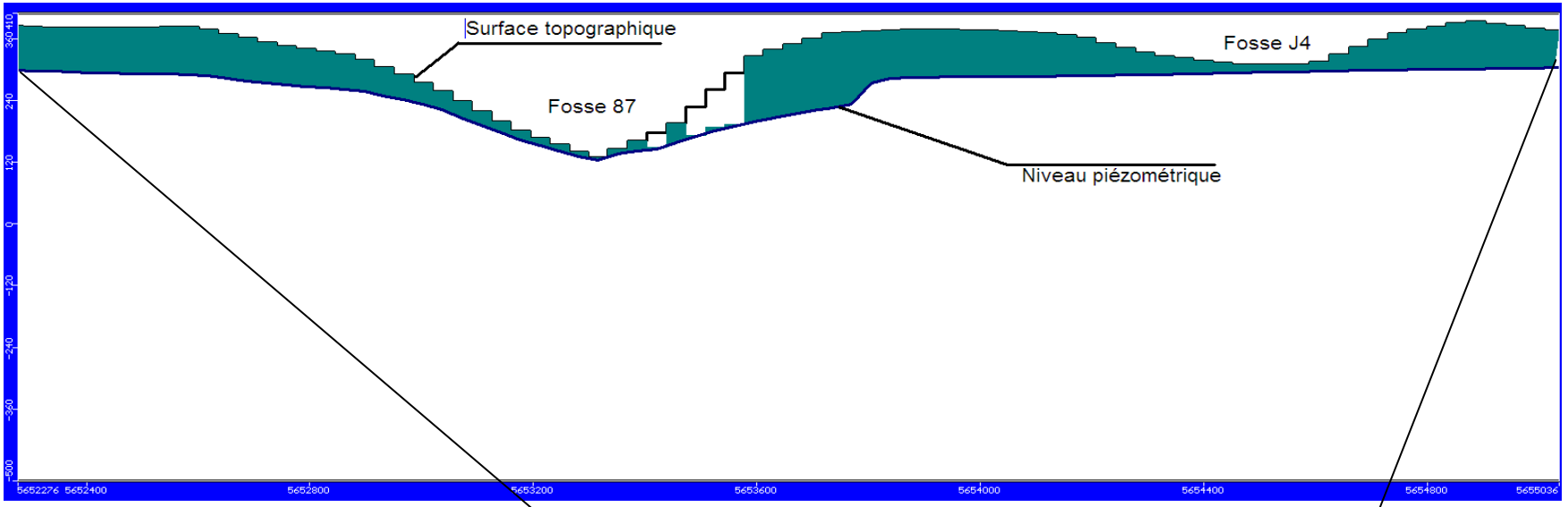
CLIENT LES MINES INMET INC.	DSN PAR: O.F.	PROJET titre Troilus (Québec)	REV.NO: N/A DATE: Mar, 2009 NO PROJET : AA115951
GENIVAR (Québec) Canada G2J 1C8	VRF PAR: O.F. ÉCHELLE: Comme indiquée	TITRE Écoulement dans le socle rocheux avant de début d'exploitation. (cas de base)	FIGURE : 5.4

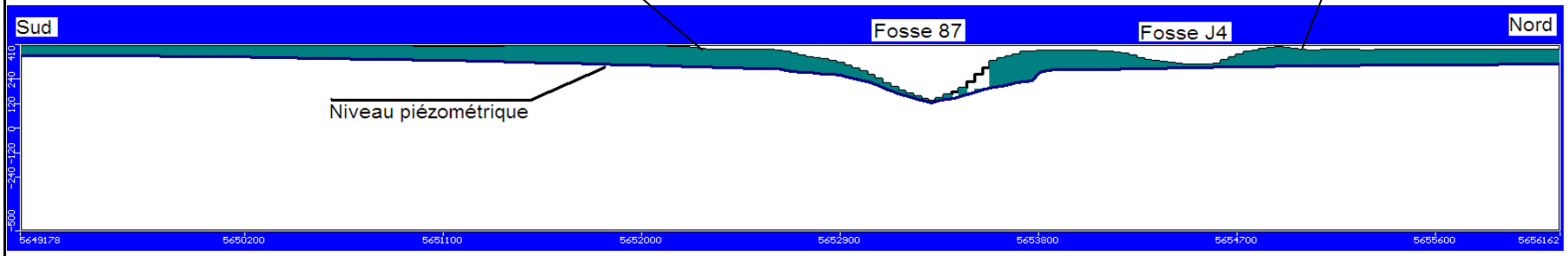


CLIENT LES MINES INMET INC.	DSN PAR: O.F.	PROJET titre Troilus (Québec)	REV.NO: N/A DATE: Mar, 2009
GENIVAR (Québec) Canada G2J 1C8	VRF PAR: O.F. ÉCHELLE: Comme indiquée	TITRE Charges observées vs charges calculées avant début d'exploitation. (cas de base)	NO PROJET : AA115951 FIGURE : 5.5

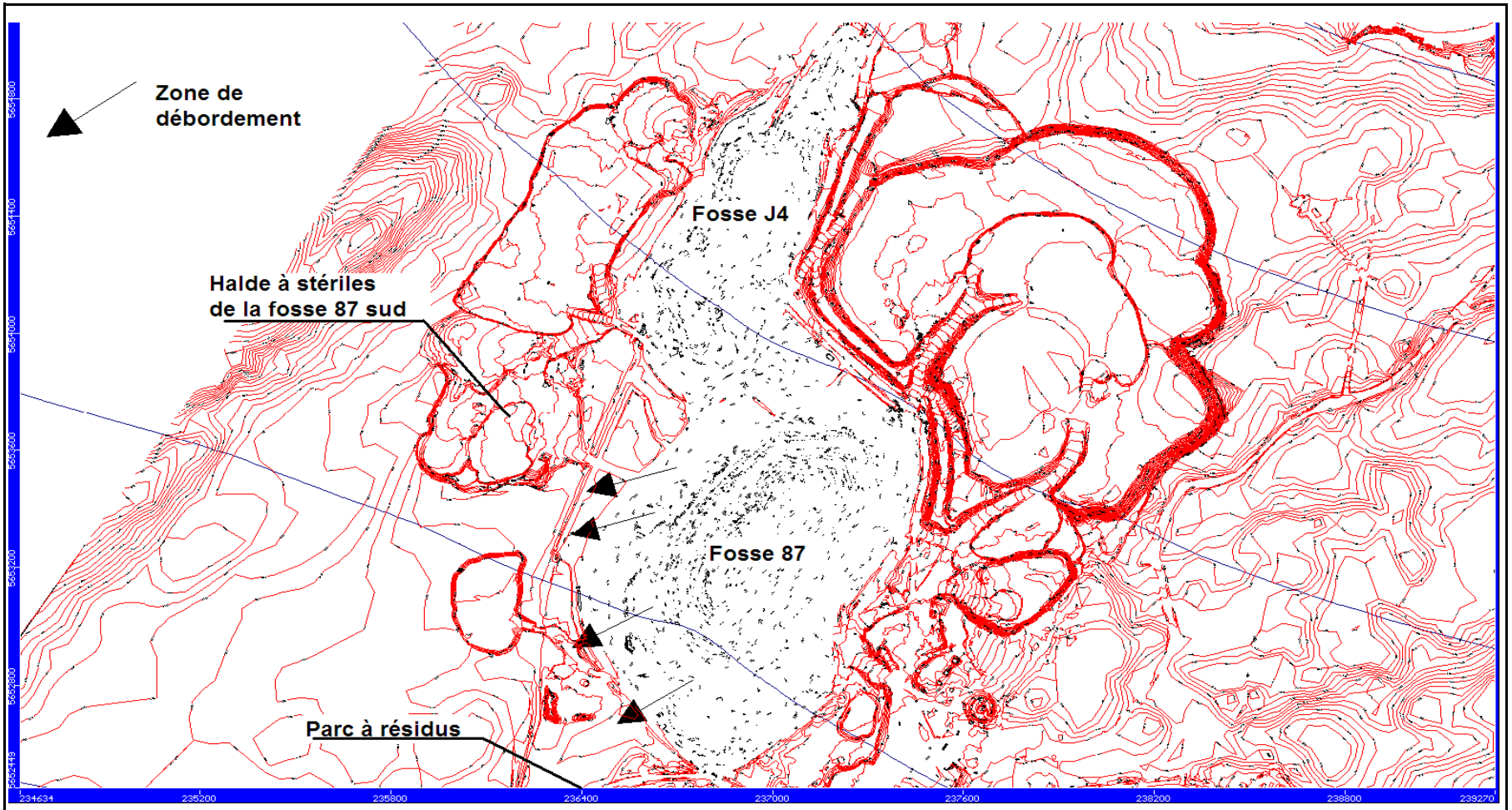


CLIENT LES MINES INMET INC.	DSN PAR: O.F.	PROJET titre Troilus (Québec)	REV.NO: N/A DATE: Mar, 2009
GENIVAR (Québec) Canada G2J 1C8	VRF PAR: O.F. ÉCHELLE: Comme indiquée	TITRE Charges observées vs charges calculées après le début d'exploitation. (cas de base)	NO PROJET : AA115951 FIGURE : 5.6





CLIENT LES MINES INMET INC.	DSN PAR: O.F.	PROJET titre Troilus (Québec)	REV.NO: N/A DATE: Mar, 2009 NO PROJET : AA115951
GENIVAR 5355, boulevard des Gradins, Québec (Québec) Canada G2J 1C8	VRF PAR: O.F. ÉCHELLE: Comme indiquée	TITRE Rabattements au site Troilus lors du dénoyage des fosses. (cas de base)	FIGURE : 5.7



CLIENT LES MINES INMET INC.	DSN PAR: O.F.	PROJET titre Troilus (Québec)	REV.NO: N/A DATE: Mar, 2009 NO PROJET : AA115951
GENIVAR 5355, boulevard des Gradins, Québec (Québec) Canada G2J 1C8	VRF PAR: O.F. ÉCHELLE: Comme indiquée	TITRE Zones de débordement après l'ennoiement des fosses.	FIGURE : 5.12

GENIVAR

1075, 3e Ave Est,
VAL D'OR (QUÉBEC) CANADA, J9P 4N9
TÉL: +1 (819) 825-4711 - FAX: +1 (819) 824-5818
www.genivar.com

Note Technique

À : Gail Amyot, ing. M.Sc. VEA
De : Omar Fala, Ph.D.
Date : Mai 11, 2009
Projet : AA115951

Objet : Ennoiement de la fosse J4.

Les calculs du temps d'ennoiement dans l'étude hydrologique et hydrogéologique du site Troilus (Genivar, avril 2009) ont été réalisés avec les données arpentées de la fosse J4. Depuis, des stériles ont été déposés dans cette fosse. Le volume de stériles remblayés n'étant pas disponible ni le niveau de compaction, le calcul du temps de remplissage a été repris avec des données approximatives.

Cette révision à la baisse du volume initial de la fosse aura pour effet la réduction des délais du retour à la normale du niveau piézométrique (NP). Le volume de la fosse a été réduit suite à un remblaiement par des stériles d'environ 30% par rapport au volume initial de la fosse J4 (en se basant sur une estimation visuelle). Ceci représente un volume de 2.8Mm^3.

En considérant une porosité d'environ 35% on obtient le volume total disponible pour accueillir les eaux souterraines et de surface, soit 7.5Mm^3 (au lieu de 9.36 Mm^3, voir Genivar, 2009). Le délai du retour du NP à son élévation initiale varie alors d'environ 22.7ans au lieu de 25.5ans.

Référence

GENIVAR 2009. *Hydrologie et Hydrogéologie.* Rapport de GENIVAR Société en commandite à Inmet, Division Troilus. 45 p. et annexes.

NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE(S) : Gail Amyot, GENIVAR
EXPÉDITEUR : Pierre Garnier, GENIVAR
DATE : 12/05/2009
OBJET : **Capacité d'évacuation du déversoir du parc à résidus**
Référence projet : AA115951

1.0 DONNÉES

1.1 Hydrologie

L'étude hydrologique a permis de déterminer les débits de crue qui seront évacués par le déversoir du parc à résidus après la fermeture de la mine. Le débit maximum à évacuer est **5,3 m³/s** (débit de la crue de récurrence 100 ans).

1.2 Hydraulique

L'équation traduisant le comportement hydraulique de l'écoulement sur le seuil déversoir est la suivante :

$$Q = CLH^{\frac{3}{2}}$$

Avec :
$Q =$ débit s'écoulant sur le seuil;
$C =$ coefficient de seuil;
$L =$ largeur de la crête du déversoir;
$H =$ hauteur d'eau sur la crête du déversoir.

1.3 Géométrie du déversoir projeté

Une hypothèse conservatrice donne un coefficient de débit du seuil $C = 1{,}38$. La largeur du déversoir selon les plans fournis par INMET est $L = 19m$. Le déversoir est de type « seuil épais ».

L'élévation de la crête du déversoir est 397,8 m selon les plans INMET. Il est prévu de rabaisser l'élévation du seuil d'environ 2 m. La crête du déversoir projeté est donc considérée à l'élévation **395,8 m**.

2.0 RÉSULTATS

Le tableau 1 présente les niveaux d'eau dans le parc à résidus pour différentes valeurs du débit s'écoulant sur le seuil déversoir.

Tableau 1 : Niveaux d'eau dans le parc à résidus.

Récurrence	Débit de crue (m^3/s)	Charge hydraulique en amont du seuil (m)	Élévations du niveau d'eau dans le parc à résidus (m) [1]
2 ans	2,6	0,21	396,01
10 ans	3,8	0,28	396,08
25 ans	4,4	0,30	396,10
50 ans	4,8	0,32	396,12
100 ans	**5,3**	**0,34**	**396,14**

1 En considérant l'élévation de la crête du déversoir à 395,8 m.

Pour le débit maximum à évacuer par le déversoir de 5,3 m^3/s (correspondant à la crue 1 : 100 ans), l'élévation du niveau d'eau dans le parc à résidus est **396,14 m**.

Tableau 11 (suite) Camionnettes.

Équipement (n°)	Année	Description	Fabricant	Modèle	Moteur		Place	Mise en disponibilité
					Fabricant	Modèle	Garaged	
VS73	2005	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Octobre 09
VS74	2005	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Octobre 09
VS75	2006	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Octobre 09
VS76	2006	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Juin 10
VS78	2008	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	1500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Juin 10
VS79	2008	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Juin 10
VS80	2008	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Juin 10
VS81	2008	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Juin 10
VS82	2008	GMC Crew cab pick-up	GMC / Sierra	2500HD	G.M.	V8 VORTEC 6000	Residence/ mine site	Juin 10

ANNEXE J

Modélisation des débits de dénoyage

Troilus Project

Dénoyage fosse 87

Version 2019-11-12

Notes:

Le dénoyage commence en juin

Pour simplifier, les mois sont de 30,4 jours

Année : **3** *(indiquer 1 pour année sèche, 2 pour année moyenne, ou 3 pour année humide)*

Infiltration
Inflow : **2** *(indiquer 1 for steady-state only, 2 for steady state plus drain-down)*

		Débit max dans ruisseau sans nom	Débit dans le ruisseau	Débit du parc à résidus	Débit à pomper	Débit à pomper	Volume de départ	Épaisseur d'eau	Débit à pomper	Infiltration d'eau souterraine sans rabattement	Infiltration d'eau souterraine avec rabattement	Précipitation	Volume à la fin du mois	Épaisseur d'eau à la fin du mois
Année	Mois	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/mois)	(m3)	(m)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3)	(m)
0	6	3	3,07941	0,514	0	0	17600000	155,6	0	0	0	118834	17718834	156,1
0	7	3	1,77841	0,514	0,707592491	1858534	17718834	156,1	1858534	24806,4	0	118834	16003940	148,7
0	8	3	2,00141	0,514	0,484587113	1272797	16003940	148,7	1272797	29913,6	829898	118834	15709789	147,4
0	9	3	1,81584	0,514	0,67015657	1760206	15709789	147,4	1760206	29913,6	148744	118834	14247074	140,5
0	10	3	1,81544	0,514	0,670559107	1761264	14247074	140,5	1761264	32832	771173	118834	13408649	136,4
0	11	3	1,51072		1,489279452	3911682	13408649	136,4	3911682	35750,4	468218	0	10000935	117,2
0	12	3	1,04056		1,959442415	5146593	10000935	117,2	5146593	46694,4	2156208	0	7057245	96,3
1	1	3	0,68673		2,313272248	6075948	7057245	96,3	6075948	57638,4	2346421	0	3385357	51,9
1	2	3	0,47137		2,528629427	6641597	3385357	51,9	6641597	82444,8	5004253	0	1830457	28,0
1	3	3	0,36667		2,633329244	6916597	1830457	28,0	6916597	95577,6	2679869	0	0	0,0

Troilus Project

Dénoyage fosse 87

Version 2019-11-12

Notes:

Le dénoyage commence en juin

Pour simplifier, les mois sont de 30,4 jours

Année : **2** *(indiquer 1 pour année sèche, 2 pour année moyenne, ou 3 pour année humide)*

Infiltration
Inflow : **2** *(indiquer 1 for steady-state only, 2 for steady state plus drain-down)*

		Débit max dans ruisseau sans nom	Débit dans le ruisseau	Débit du parc à résidus	Débit à pomper	Débit à pomper	Volume de départ	Épaisseur d'eau	Débit à pomper	Infiltration d'eau souterraine sans rabattement	Infiltration d'eau souterraine avec rabattement	Précipitation	Volume à la fin du mois	Épaisseur d'eau à la fin du mois
Année	Mois	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/mois)	(m3)	(m)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3)	(m)
0	6	3	1,18185	0,514	1,304152004	3425433	17600000	155,6	3425433	0	0	118834	14293401	140,8
0	7	3	0,88598	0,514	1,60001654	4202539	14293401	140,8	4202539	32832	1668947	118834	11911474	128,4
0	8	3	0,73664	0,514	1,749357686	4594793	11911474	128,4	4594793	40857,6	1385213	118834	8861586	109,7
0	9	3	0,75717	0,514	1,728828311	4540871	8861586	109,7	4540871	51801,6	2104289	118834	6595639	92,5
0	10	3	0,88317	0,514	1,602834297	4209940	6595639	92,5	4209940	60556,8	1936326	118834	4501416	69,0
0	11	3	0,81675		2,183252867	5734445	4501416	69,0	5734445	73689,6	2651026	0	1491687	22,9
0	12	3	0,57080		2,429202841	6380447	1491687	22,9	6380447	98496	5187268	0	397004	6,1
1	1	3	0,39163		2,608371963	6851045	397004	6,1	6851045	106521,6	1886687	0	0	0,0
1	2	3	0,29313		2,706872714	7109764	0	0,0	7109764	109440	684236	0	0	0,0
1	3	3	0,24205		2,757954632	7243933	0	0,0	7243933	109440	0	0	0	0,0

Troilus Project

Dénoyage fosse 87

Version 2019-11-12

Notes:

Le dénoyage commence en juin

Pour simplifier, les mois sont de 30,4 jours

Année : **1** *(indiquer 1 pour année sèche, 2 pour année moyenne, ou 3 pour année humide)*

Infiltration
Inflow : **2** *(indiquer 1 for steady-state only, 2 for steady state plus drain-down)*

		Débit max dans ruisseau sans nom	Débit dans le ruisseau	Débit du parc à résidus	Débit à pomper	Débit à pomper	Volume de départ	Épaisseur d'eau	Débit à pomper	Infiltration d'eau souterraine sans rabattement	Infiltration d'eau souterraine avec rabattement	Précipitation	Volume à la fin du mois	Épaisseur d'eau à la fin du mois
Année	Mois	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/mois)	(m3)	(m)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3)	(m)
0	6	3	0,31857	0,514	2,16743239	5692891	17600000	155,6	5692891	0	0	118834	12025943	129,1
0	7	3	0,31627	0,514	2,169726849	5698918	12025943	129,1	5698918	40857,6	2983206	118834	9469922	113,8
0	8	3	0,30231	0,514	2,183694876	5735606	9469922	113,8	5735606	49612,8	1717729	118834	5620492	83,8
0	9	3	0,30311	0,514	2,182889802	5733491	5620492	83,8	5733491	65664	3378734	118834	3450233	52,9
0	10	3	0,42749	0,514	2,058505936	5406789	3450233	52,9	5406789	82444,8	3477847	118834	1722570	26,4
0	11	3	0,37718		2,622823034	6889002	1722570	26,4	6889002	95577,6	2977628	0	0	0,0
0	12	3	0,27976		2,720236936	7144866	0	0,0	7144866	109440	2968849	0	0	0,0
1	1	3	0,20248		2,797523998	7347865	0	0,0	7347865	109440	0	0	0	0,0
1	2	3	0,16866		2,831337088	7436677	0	0,0	7436677	109440	0	0	0	0,0
1	3	3	0,14894		2,85106139	7488484	0	0,0	7488484	109440	0	0	0	0,0

Troilus Project

Dénoyage fosse J4

Version 2019-11-12

Notes:

Le dénoyage commence en juin

Pour simplifier, les mois sont de 30,4 jours

Année : **2** *(indiquer 1 pour année sèche, 2 pour année moyenne, ou 3 pour année humide)*

Infiltration eaux souterraines

Inflow : **2** *(indiquer 1 for steady-state only, 2 for steady state plus drain-down)*

		Débit max dans ruisseau sans nom	Débit dans le ruisseau	Débit du parc à résidus	Débit à pomper	Débit à pomper	Volume de départ	Épaisseur d'eau	Débit à pomper	Infiltration d'eau souterraine sans rabattement	Infiltration d'eau souterraine avec rabattement	Précipitation	Volume à la fin du mois	Épaisseur d'eau à la fin du mois
An	Mois	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/mois)	(m3)	(m)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3)	(m)
0	6	3,00	1,181847996	0,514	1,304152004	3425433	8750000	49,2	3425433	0	0	53733	5378300	36,2
0	7	3,00	0,88598346	0,514	1,60001654	4202539	5378300	36,2	4202539	90470,4	1176176	53733	2496140	22,2
0	8	3,00	0,736642314	0,514	1,749357686	4594793	2496140	22,2	4594793	98496	1254126	53733	0	0,0
0	9	3,00	0,757171689	0,514	1,728828311	4540871	0	0,0	4540871	109440	2001874	53733	0	0,0
0	10	3,00	0,883165703	0,514	1,602834297	4209940	0	0,0	4209940	109440	0	53733	0	0,0
0	11	3,00	0,816747133		2,183252867	5734445	0	0,0	5734445	109440	0	0	0	0,0
0	12	3,00	0,570797159		2,429202841	6380447	0	0,0	6380447	109440	0	0	0	0,0

Troilus Project

Dénoyage fosse J4

Version 2019-11-12

Notes:

Le dénoyage commence en juin

Pour simplifier, les mois sont de 30,4 jours

Année : **1** *(indiquer 1 pour année sèche, 2 pour année moyenne, ou 3 pour année humide)*

Infiltration eaux souterraines

Inflow : **2** *(indiquer 1 for steady-state only, 2 for steady state plus drain-down)*

		Débit max dans ruisseau sans nom	Débit dans le ruisseau	Débit du parc à résidus	Débit à pomper	Débit à pomper	Volume de départ	Épaisseur d'eau	Débit à pomper	Infiltration d'eau souterraine sans rabattement	Infiltration d'eau souterraine avec rabattement	Précipitation	Volume à la fin du mois	Épaisseur d'eau à la fin du mois
An	Mois	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/mois)	(m3)	(m)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3)	(m)
0	6	3,00	0,31856761	0,514	2,16743239	5692891	8750000	49,2	5692891	0	0	53733	3110842	25,6
0	7	3,00	0,316273151	0,514	2,169726849	5698918	3110842	25,6	5698918	95577,6	2130625	53733	0	0,0
0	8	3,00	0,302305124	0,514	2,183694876	5735606	0	0,0	5735606	109440	2301551	53733	0	0,0
0	9	3,00	0,303110198	0,514	2,182889802	5733491	0	0,0	5733491	109440	0	53733	0	0,0
0	10	3,00	0,427494064	0,514	2,058505936	5406789	0	0,0	5406789	109440	0	53733	0	0,0
0	11	3,00	0,377176966		2,622823034	6889002	0	0,0	6889002	109440	0	0	0	0,0
0	12	3,00	0,279763064		2,720236936	7144866	0	0,0	7144866	109440	0	0	0	0,0

Troilus Project

Dénoyage fosse J4

Version 2019-11-12

Notes:

Le dénoyage commence en juin

Pour simplifier, les mois sont de 30,4 jours

Année : **3** *(indiquer 1 pour année sèche, 2 pour année moyenne, ou 3 pour année humide)*

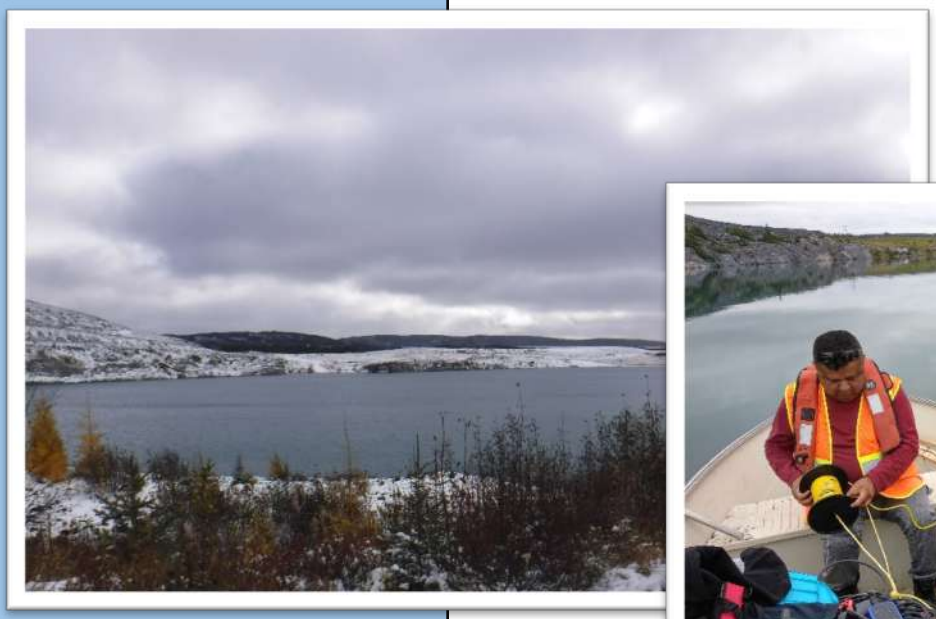
Infiltration eaux souterraines

Inflow : **2** *(indiquer 1 for steady-state only, 2 for steady state plus drain-down)*

		Débit max dans ruisseau sans nom	Débit dans le ruisseau	Débit du parc à résidus	Débit à pomper	Débit à pomper	Volume de départ	Épaisseur d'eau	Débit à pomper	Infiltration d'eau souterraine sans rabattement	Infiltration d'eau souterraine avec rabattement	Précipitation	Volume à la fin du mois	Épaisseur d'eau à la fin du mois
An	Mois	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/mois)	(m3)	(m)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3/mois)	(m3)	(m)
0	6	3,00	3,079406393	0,514	0	0	8750000	49,2	0	0	0	53733	8803733	49,4
0	7	3,00	1,778407509	0,514	0,707592491	1858534	8803733	49,4	1858534	84633,6	0	53733	7083565	43,1
0	8	3,00	2,001412887	0,514	0,484587113	1272797	7083565	43,1	1272797	87552	572592	53733	6524645	40,9
0	9	3,00	1,81584343	0,514	0,67015657	1760206	6524645	40,9	1760206	87552	196741	53733	5102465	35,0
0	10	3,00	1,815440893	0,514	0,670559107	1761264	5102465	35,0	1761264	93388,8	530903	53733	4019226	30,1
0	11	3,00	1,510720548		1,489279452	3911682	4019226	30,1	3911682	93388,8	441941	0	642874	7,2
0	12	3,00	1,040557585		1,959442415	5146593	642874	7,2	5146593	106521,6	2059681	0	0	0,0

ANNEXE K

Wachiih (2019), Qualité de l'eau – Fosses F87 et J-4 – Mine Troilus





Qualité de l'eau
Fosses F87 et J4 – Mine Troilus

Décembre 2018



Wachiih

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de réalisation 2
1. Introduction 3
2. Qualité de l'eau 4
2.1 Méthodologie 4
2.1.1 Profil physicochimique vertical 4
2.1.2 Échantillonnage de la qualité de l'eau 4
2.1.3 Contrôle de la qualité 6
2.2 Résultats 6
2.2.1 Stratification thermique 6
2.2.2 Qualité de l'eau 7
2.2.3 Contrôle de la qualité 11
2.3 Conclusion 11
3. Références 12

Liste des annexes

Annexe A – Fosse F87 : résultats complets des analyses de qualité de l'eau
Annexe B – Fosse J4 : résultats complets des analyses de qualité de l'eau

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Troilus Gold

Jacqueline Leroux	Directrice Environnement
Mathieu Michaud	Coordonnateur Environnement
Félix Quessy-Savard	Technicien en environnement

Wachiih

Directeur de projet	Yanick Plourde, M.Sc.
Chargé de projet	Sébastien Amodeo, M.Sc.
Technicienne de terrain	Janie Martel
Assistants de terrain	Tony Petawabano
	Brent Longchap
Cartographie	Sébastien Rioux
Édition	Mélanie Beaudoin

Laboratoire d'analyses

Analyse de l'eau	Maxxam
Toxicité aigüe	Maxxam

1. INTRODUCTION

Troilus Gold est une société d'exploration minière établie à Toronto qui se concentre sur les projets d'exploration au stade avancé et la mise en valeur précoce, ainsi que sur l'expansion éventuelle des ressources minérales et la réouverture de l'ancienne mine d'or et de cuivre Troilus. Le site minier de Troilus, d'une superficie de 4 700 ha, se trouve au nord-est du district minier de Val d'Or, dans la ceinture de roches vertes Frotet-Evans, à environ 170 km au nord de Chibougamau. Entre 1997 et 2010, Inmet Mining Corporation a exploité la mine à ciel ouvert de Troilus. Cette dernière a produit plus de 2 millions d'onces d'or et près de 70 000 tonnes de cuivre. Troilus Gold estime que les zones au-dessous et autour des anciennes fosses contiennent plusieurs millions d´onces d´or, ce qui pourrait justifier sa réouverture. Cette réouverture, le cas échéant, nécessiterait le dénoyage des fosses F-87 et J-4. À cet égard, les lacs A et B sont considérés comme exutoires potentiels.

Wachiih, une compagnie autochtone de Mistissini et associée à Le groupe Desfor, a été mandatée par Troilus Gold pour caractériser la qualité de l'eau des fosses F87 et J4 en vue de documenter la demande de certificat d'autorisation à déposer au MDDELCC pour leur dénoyage à partir de l'été 2019. Ces données permettront aussi d'identifier, en amont du projet, des contraintes ou de fortes résistances environnementales qui pourraient compromettre le développement du projet ou encore occasionner des coûts et des délais importants pour obtenir les autorisations gouvernementales nécessaires. Plus précisément, le présent mandat de Wachiih consiste en l'analyse de la qualité de l'eau des fosses F87 et J4, afin de comparer les résultats aux exigences de la Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2012)[1] sur les points de rejet de l'effluent final, ainsi qu'au *Règlement sur les effluents des mines de métaux*[2] (REMM).

Le présent rapport décrit les travaux d'échantillonnage de l'eau effectués en septembre et octobre 2018. Il présente la méthodologie, les résultats obtenus ainsi qu'une brève interprétation des résultats de la qualité de l'eau des fosses F87 et J4.

[1] Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Parcs (MDDEP), 2012. *Directive 019 sur l'industrie minière*, Québec

[2] Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamant, https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2002-222.pdf, consulté le 1 décembre 2018

2. QUALITÉ DE L'EAU

2.1 Méthodologie

2.1.1 Profil physicochimique vertical

Les 12 et 13 septembre 2018, la température de l'eau a été mesurée dans chaque fosse à l'aide d'un appareil électronique à sondes multiples *YSI EXO2*. L'appareil a été calibré selon la méthode indiquée par le fabricant avant chaque descente, pour chaque fosse. Des mesures ont été prises tout le long de la colonne d'eau, depuis la surface jusqu'au fond des fosses, à l'emplacement le plus profond identifié au moyen d'un échosondeur *Garmin Striker 4*d. Les coordonnées géographiques des stations de mesures ont été relevées au moyen d'un appareil GPS *Garmin GPSMap 62Sc*, offrant généralement une précision de l'ordre de 3-5 m (tableau 1).

Tableau 1 Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage pour la qualité de l'eau

Station	Coordonnées géographiques (NAD 83)	
	Latitude nord	Longitude ouest
Fosse F87	51,022762	74,466781
Fosse J4	51,009987	74,468787

2.1.2 Échantillonnage de la qualité de l'eau

Le plan d'échantillonnage s'est appuyé sur les résultats des profils physicochimiques verticaux réalisés dans les fosses en septembre 2018. Il importe de préciser que les trois couches d'eau que sont l'épilimnion, le métalimnion (thermocline) et l'hypolimnion, ont été identifiées en période de stratification thermique en septembre 2018, mais qu'il n'a pas été possible de réaliser des profils physicochimiques verticaux au moment de l'échantillonnage de la qualité de l'eau en octobre 2018 en raison d'une malfonction de la sonde multiparamètres. Les échantillons d'eau ont été prélevés le 24 octobre 2018 dans la fosse J4, et le lendemain dans la fosse F87, aux profondeurs indiquées au tableau 2 à la page suivante.

Tableau 2 Profondeur de prise des échantillons

Fosse	Epiliminion (m)	Metalimnion (thermocline) (m)	Hypolimnion (m)
F87 (28 échantillons)	0,5 4	8 11 14 17 20 22	32 42 52 62 72 82 92 102 112 122 132 142 152 162 172 182 192 200
J4 (24 échantillons)	0,5 3,5	7 10 13 16 18	28 38 48 58 68 78 88 98 108 118 128 138 148 158 165

L'échantillonnage et l'analyse des échantillons d'eau des fosses F-87 et J4 ont été effectués conformément à la procédure « A » du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* (MDDEP, 2008[3]). Une bouteille de 2,2 litres de type Kemmerer (de marque Wildco) a été utilisée pour prélever les échantillons aux profondeurs souhaitées. Des gants de nitrile, sans poudre, ont été employés afin d'éviter le contact entre la main, le bocal de verre et l'eau. L'eau recueillie fut ensuite répartie dans les bouteilles fournies par le laboratoire d'analyse, lesquelles contenaient un agent de conservation, lorsque requis. Les échantillons ont été préservés au frais en tout temps jusqu'au moment des analyses au laboratoire Maxxam.

[3] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC (MDDEP). 2008. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales. Cahier 1 — Généralités.* Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. 58 p. et annexes.

Le 24 octobre 2018, des échantillons d'eau furent prélevés dans chaque fosse à une profondeur de 25 m et envoyée au laboratoire Maxxam aux fins des essais de toxicité aiguë (*Daphnia magna* et *Oncorhynchus mykiss*).

2.1.3 Contrôle de la qualité

Pour chaque fosse, des duplicata ont été prélevés : l'un à 4 m (fosse F87), les autres à 3,5 m et 15 8m (fosse J4). La comparaison des valeurs entre l'échantillon original et son duplicata permet d'évaluer la qualité du processus d'échantillonnage et d'analyse en laboratoire.

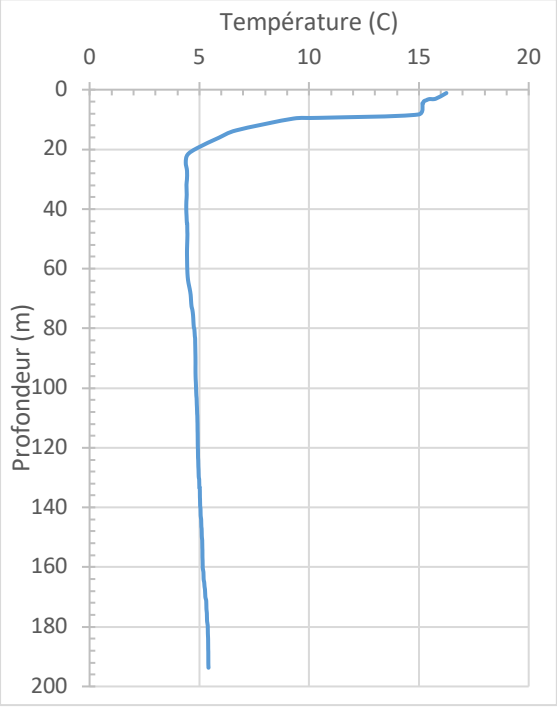
2.2 Résultats

2.2.1 Stratification thermique

Les tableaux 3 à 6 présentent la stratification thermique des fosses en date du 12 et 13 septembre. Pour la fosse F87, la température maximale est de 15,2 ºC en surface et la température la plus basse (4,4 ºC) se retrouve entre 24 et 44 mètres de profondeur. Pour la fosse J4, la température maximale est de 15,2 ºC en surface. Le minimum de 3,8 ºC se trouve à 18 m de profondeur. La thermocline de la fosse F87 a été déterminée entre 8 et 22 m, et celle de la fosse J4, entre les profondeurs de 7,5 m à 18 m.

Tableau 3 Fosse F-87 : température de l'eau en fonction de la profondeur

Tableau 4 Fosse F87 : détermination de la thermocline



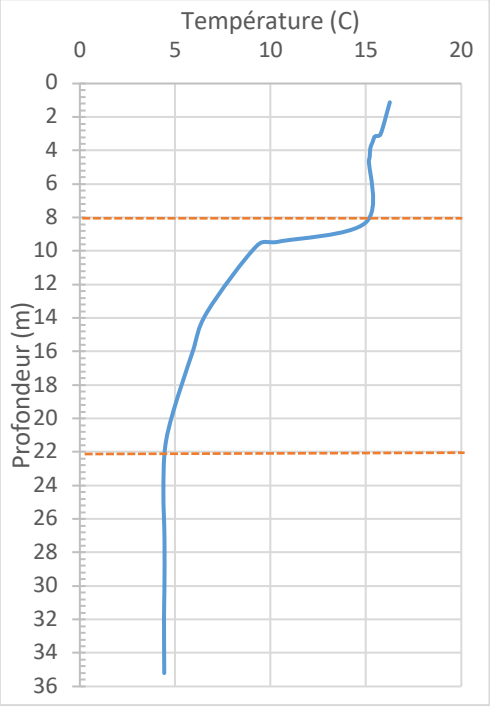


Tableau 5 Fosse J4 : température de l'eau en fonction de la profondeur

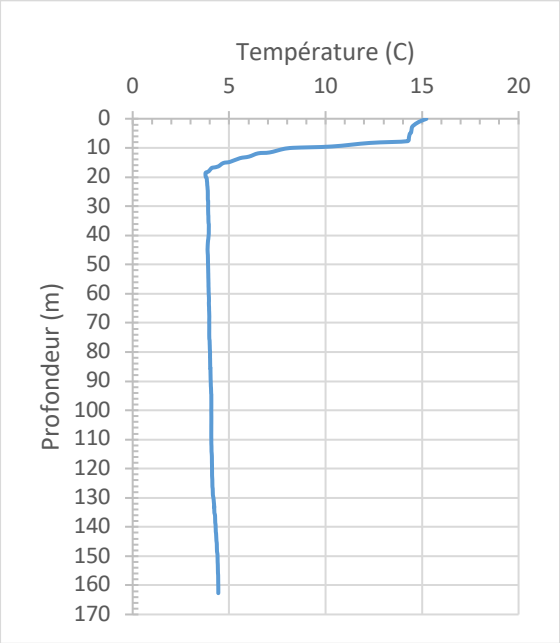
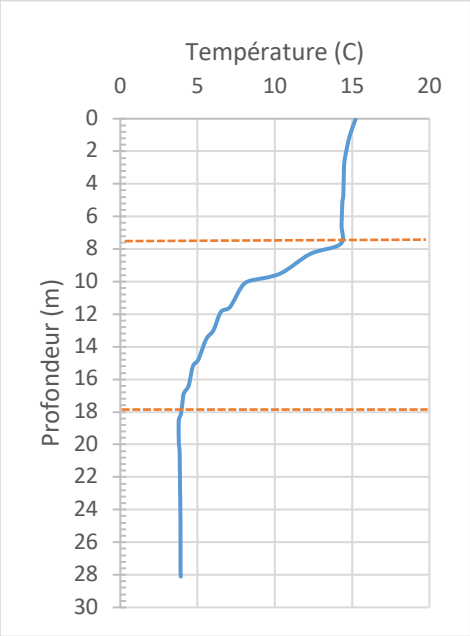


Tableau 6 Fosse J4 : détermination de la thermocline



2.2.2 Qualité de l'eau

2.2.2.1 Fosse F87

Au total, 38 paramètres de la qualité de l'eau ont été analysés. Pour la fosse F87, le tableau 7 présente les résultats de la qualité de l'eau en octobre 2018 par rapport aux exigences au point de rejet de l'effluent final de la Directive 019 sur l'industrie minière du MDDELCC, ainsi que les limites permises dans l'annexe 4 du *Règlement sur les effluents des mines de métaux* (REMM). Les résultats des autres paramètres sont présentés à l'annexe 1.

Tous les paramètres sont inférieurs aux exigences au point de rejet de l'effluent final de la Directive 019, sauf pour les MES dans l'échantillon recueilli à 162 m de profondeur (souligné dans le tableau), dont la valeur est de 69 mg/L. Ce résultat est non consistant avec les valeurs mesurées à toutes les autres profondeurs et ne correspond pas à la tendance observée. Il est probable que la bouteille de prélèvement soit entrée en contact avec la paroi rocheuse d'un banc de l'ancienne mine, ce qui aurait provoqué un relâchement de particules. Pour cette raison, tous les résultats de qualité de l'eau de cet échantillon doivent être interprétés avec prudence.