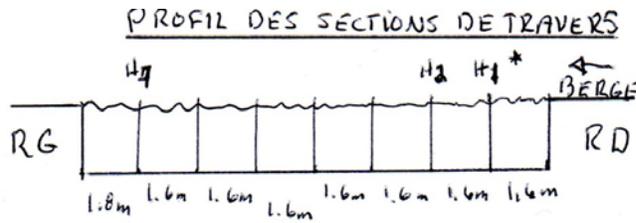


Annexe 1

Vue en profil des sections transversales

Point 1:



H_1 = Profondeur au point H_1
 1.6m = largeur entre chaque Profondeur

RD: RIVE DROITE

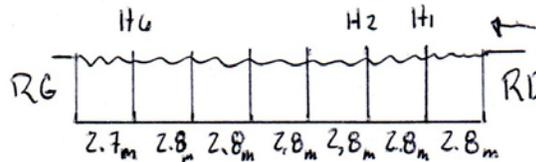
RG: RIVE GAUCHE

*: Voir tableau pour profondeur et vitesse

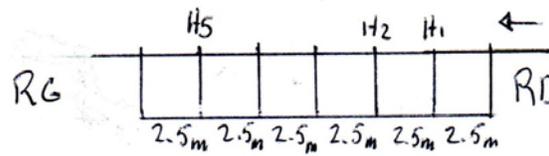
→ direction de la prise de données

V_1 = Vitesse au point V_1

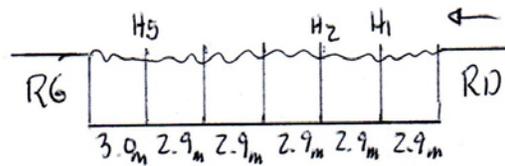
Point 2:



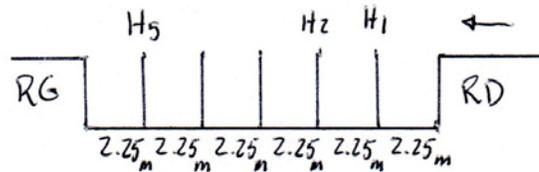
Point 3:



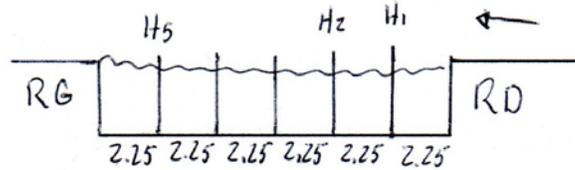
Point 4:



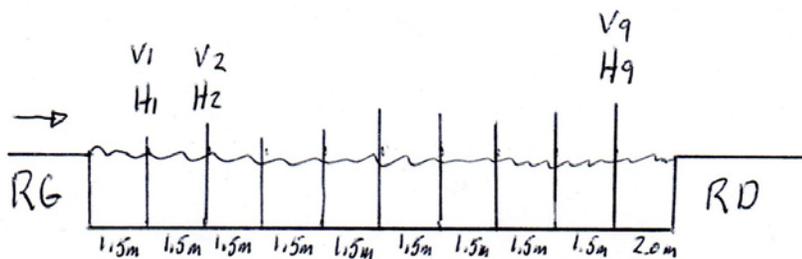
Point 5:



Point 6:

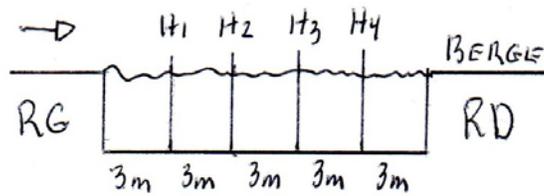


Point 7:



Point 8: Non, trop profond

Point 9:



Point 10:

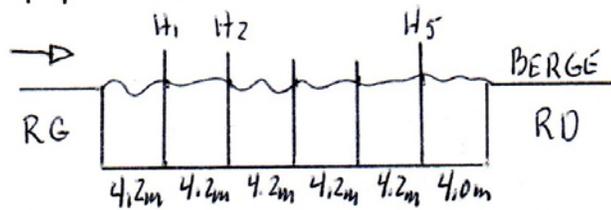


Point 11: Non, trop profond

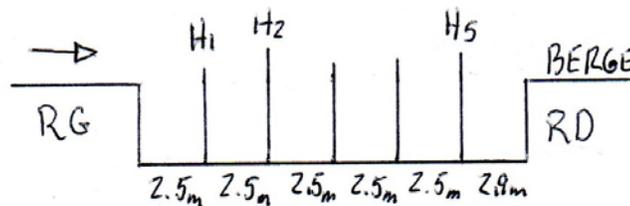
Point 12: Non, trop profond

Point 13: Non, trop profond

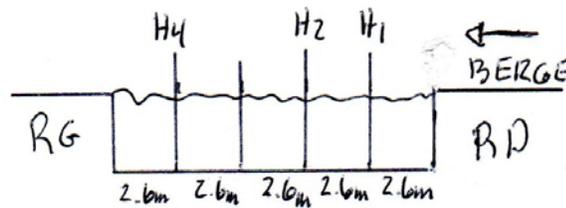
Point 14:



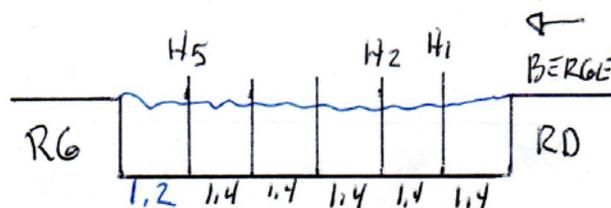
Point 15:



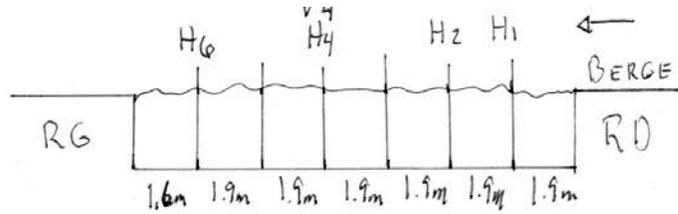
Point 16:



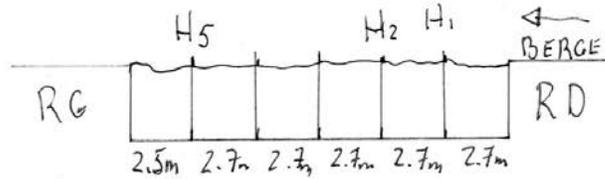
Point 17:



NT 18:



NT 19:

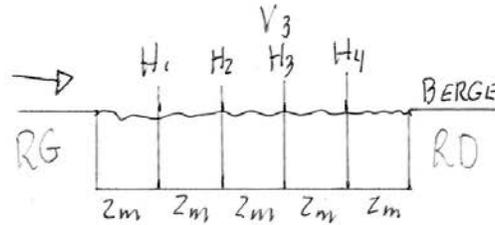


NT 20: Non, trop profond

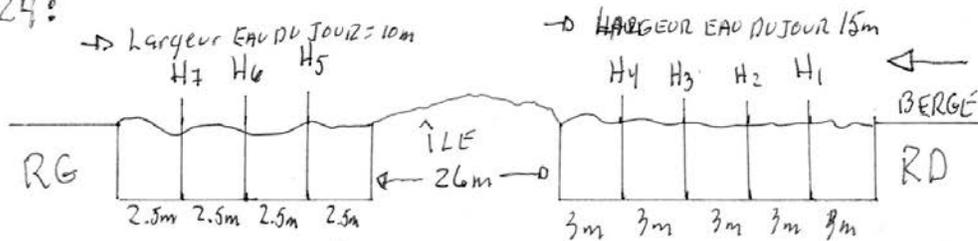
NT 21: Non, trop profond

int 22: Non, trop profond

nt 23:



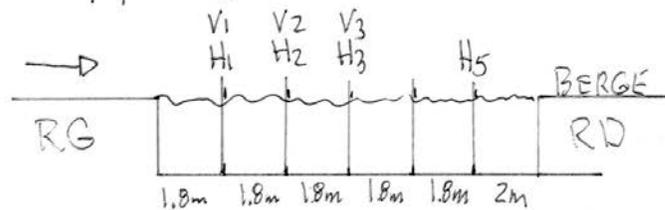
int 24:



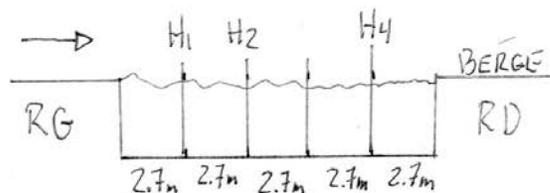
NT 25: Non, Trop profond

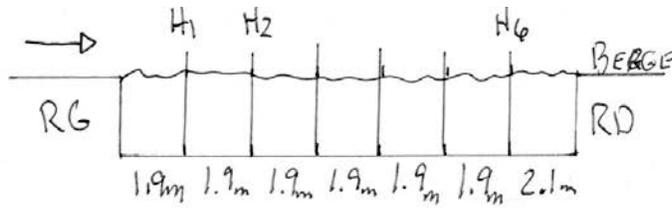
NT 26: Non, trop profond

int 27:

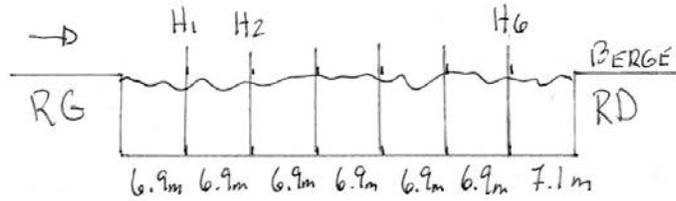


int 28:





2:

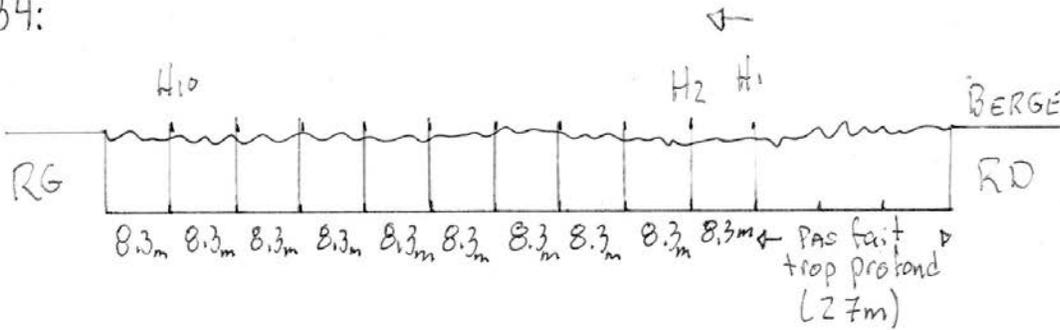


1: Non, trop profond

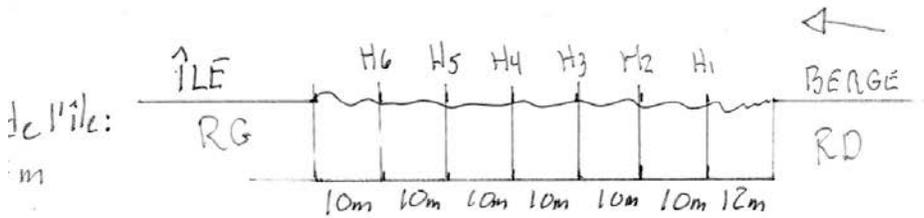
2: Non, trop profond

3: Non, trop profond

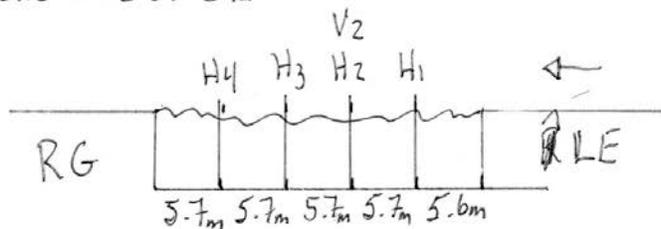
34:



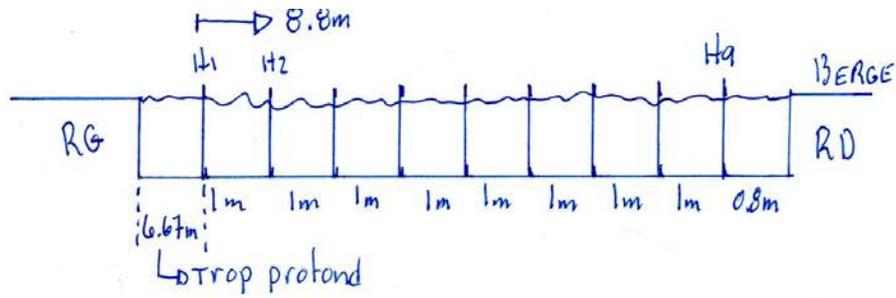
5: RIVE DROITE VERS ÎLE



35: ÎLE VERS RIVE GAUCHE

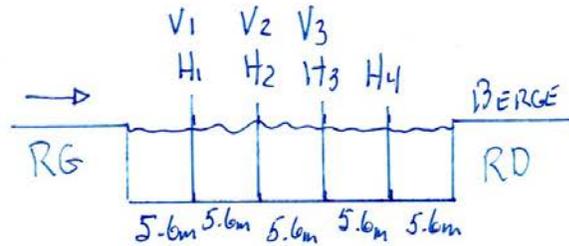


Point 36:

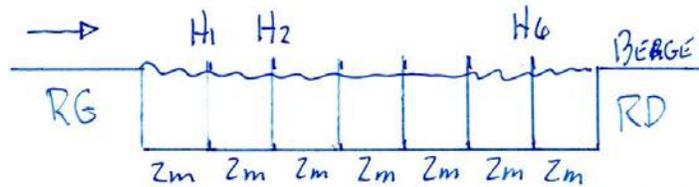


Point 37: Non. trop profund

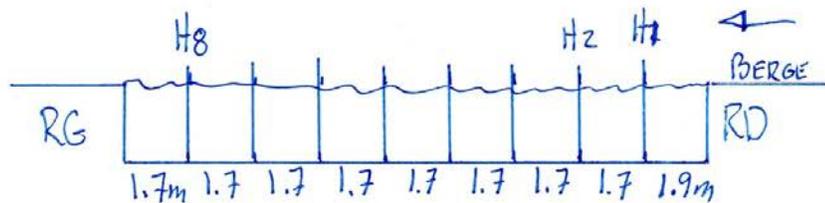
Point 38:



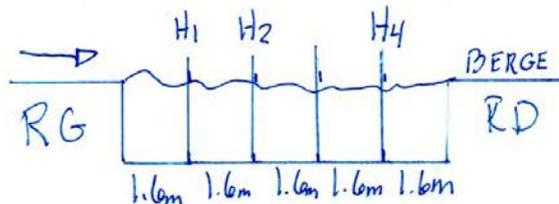
Point 39:



Point 40:



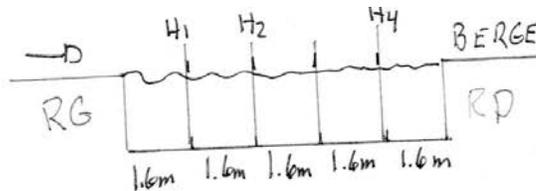
Point 41:



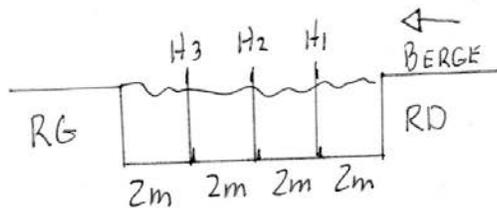
Point 42:



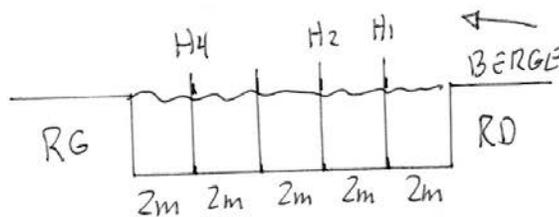
Point 43:



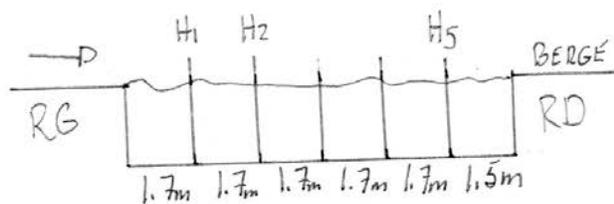
Point 44:



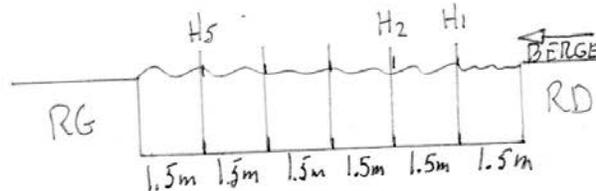
Point 45:



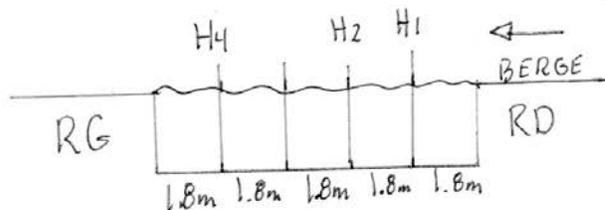
Point 46:



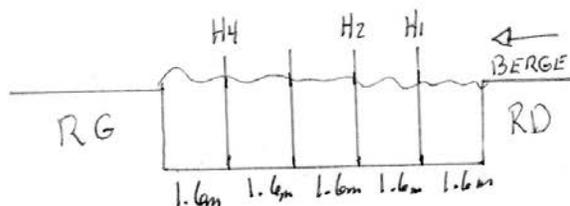
Point 47:

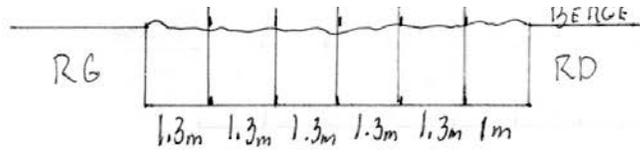


Point 48:

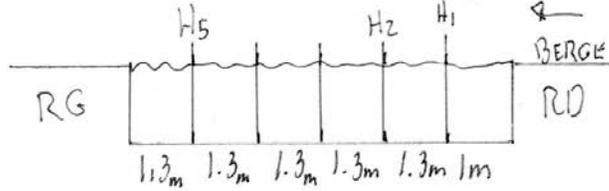


Point 49:

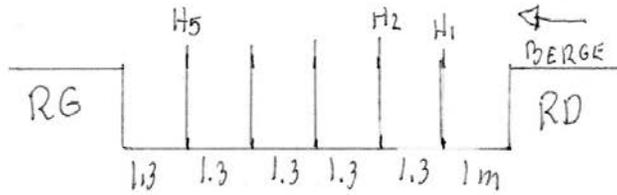




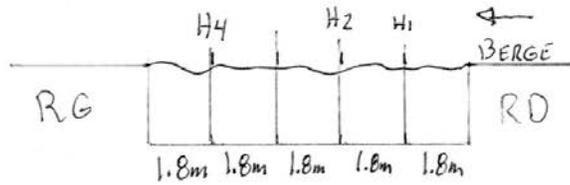
int 51:



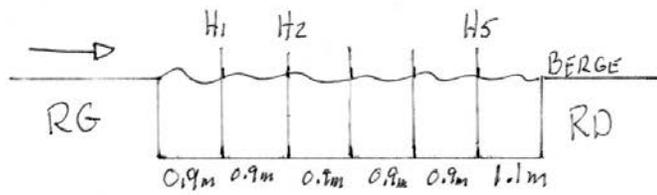
int 52:



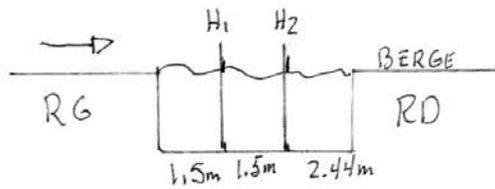
int 53:



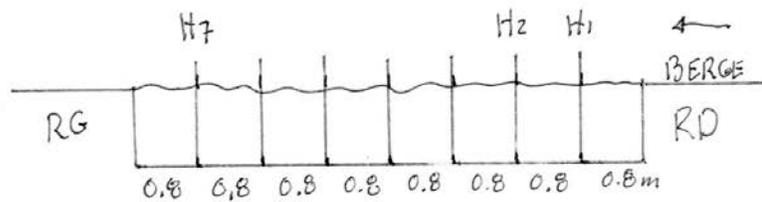
int 54:



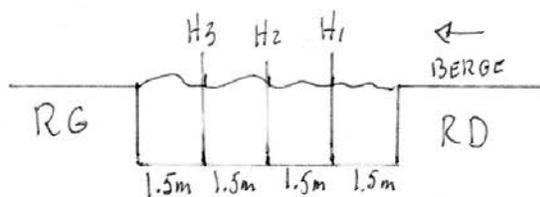
int 55:



int 56:

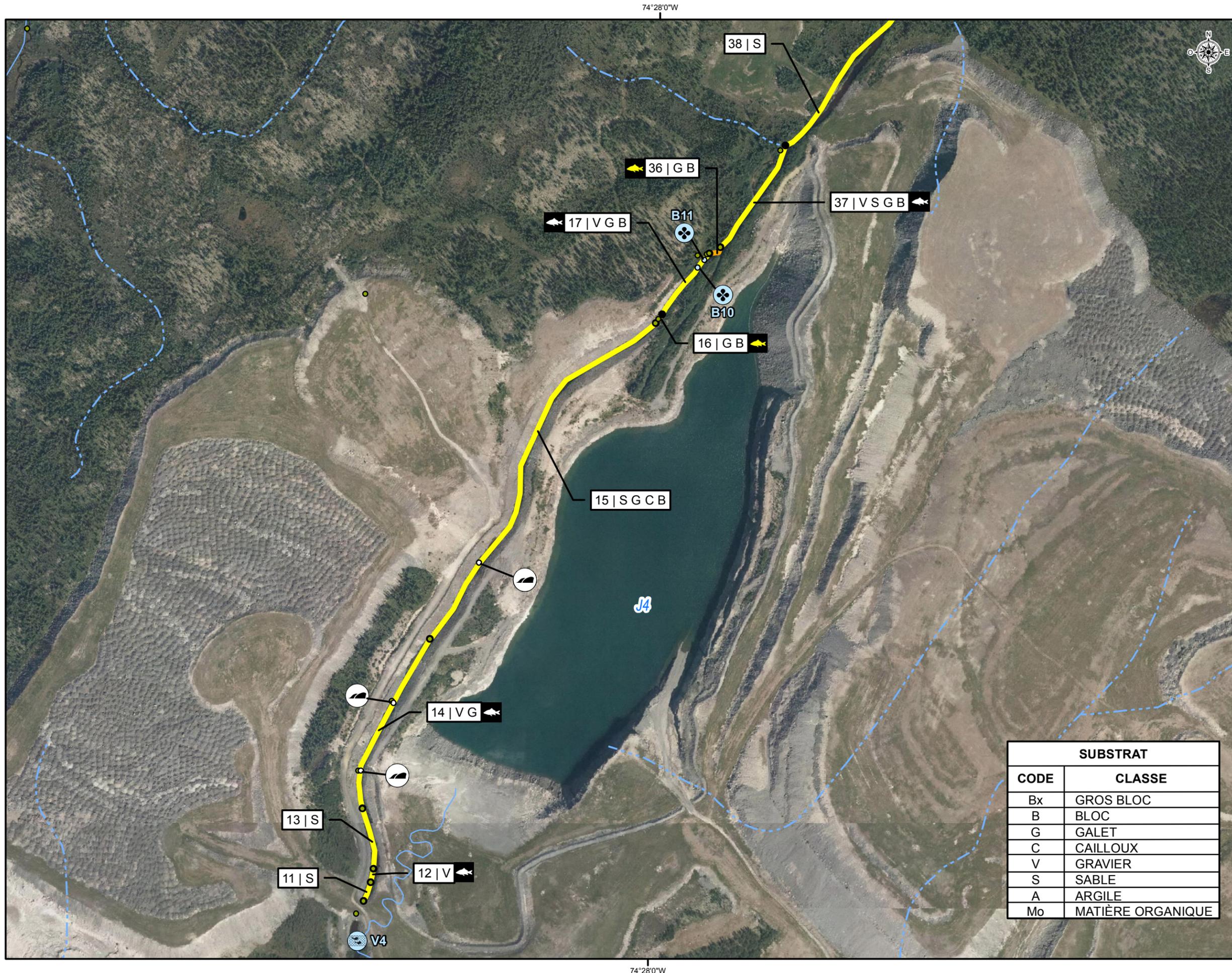


int 57:



Annexe 2

Cartes des segments homogènes de Wachih (2019)



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
Wachiïh TROILUS Août 2019

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

Segments homogènes
 ●●● Canal
 ●●● Canal avec bassins
 ●●● Lac
 ●●● Rapide

1|G — Granulométrie
 — Numéro de segment homogène

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

Point d'intérêt
 ●●● Chute
 ●●● Seuil

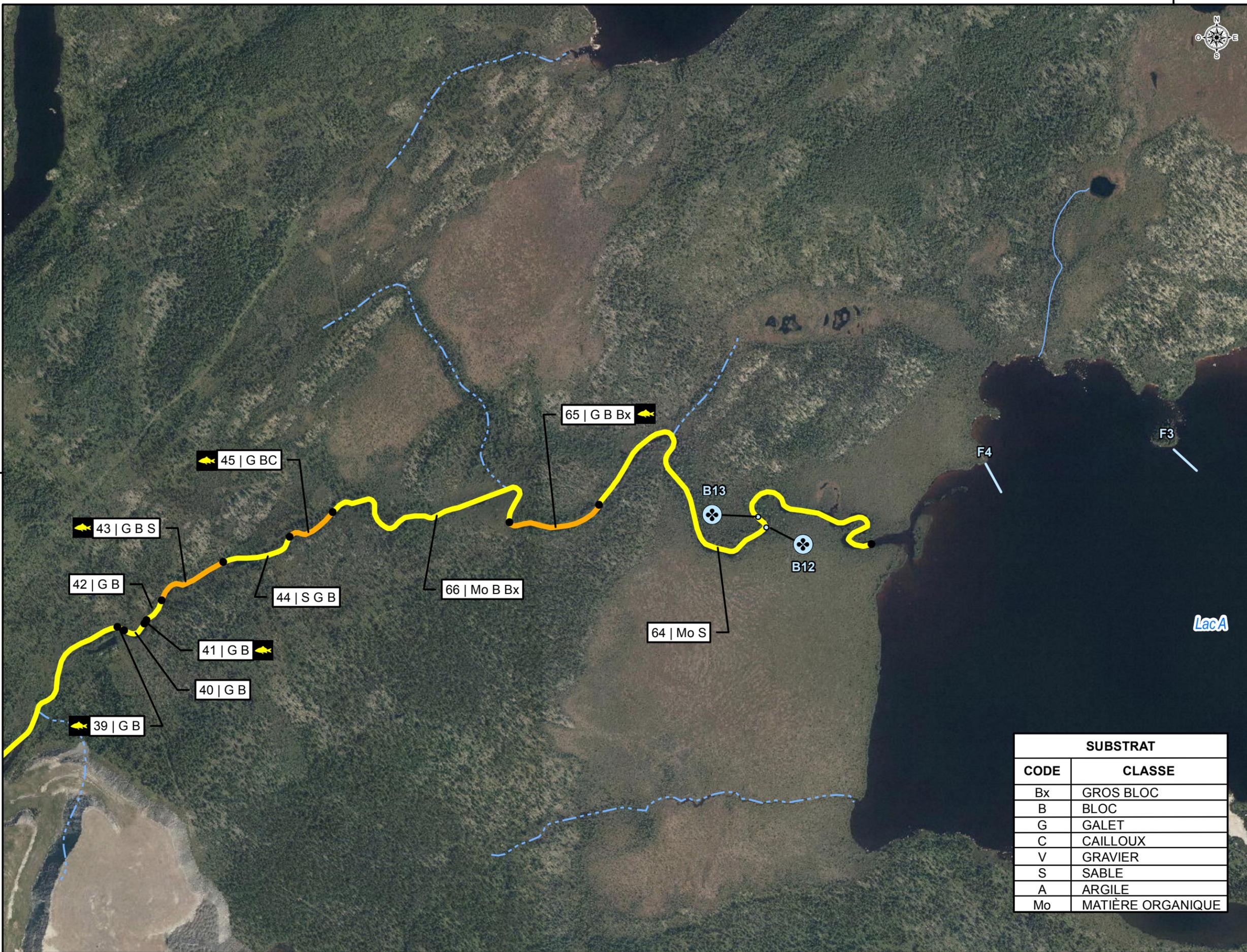
Pêche expérimentale
 ●●● Verveux
 ●●● Bourolle
 — Filet maillant expérimental

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

74°28'0"W

74°28'0"W

74°26'0"W



51°2'0"N

51°2'0"N

74°26'0"W

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**

Wachiïh TROILUS Août 2019



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

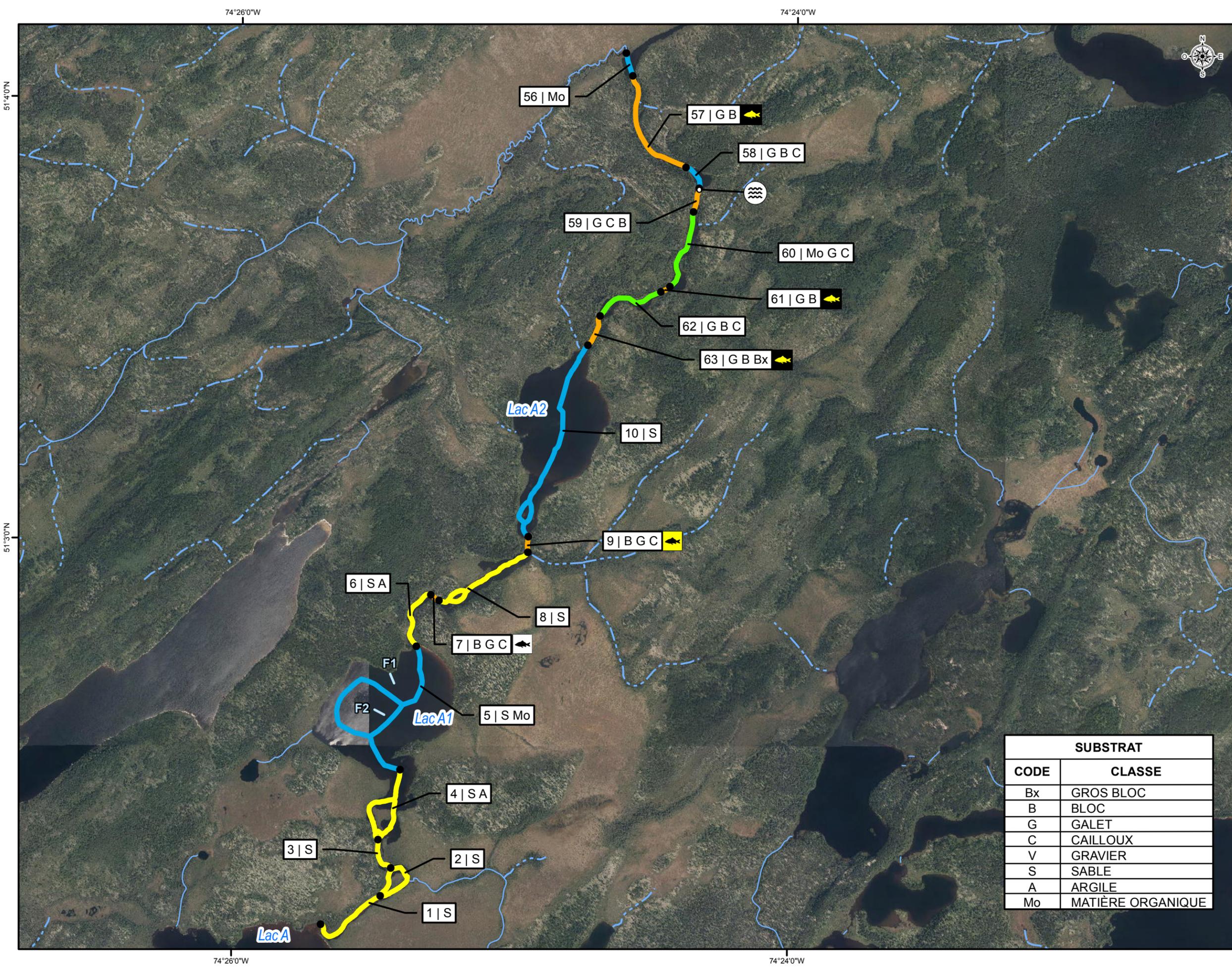
- Segments homogènes**
- Canal
 - Canal avec bassins
 - Lac
 - Rapide
 - 1 | G Granulométrie
 - Numéro de segment homogène

- 🐟 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

| 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

Wachiïh 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

Fraysère potentielle
 Fraysère potentielle DORÉ / MEUNIER
 Fraysère potentielle OMBLE DE FONTAINE
 Fraysère confirmée MEUNIER
 Fraysère confirmée DORÉ

Point d'intérêt
 Chute
 Seuil

Pêche expérimentale
 Verveux
 Bourolle
 Filet maillant expérimental

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

Annexe 3

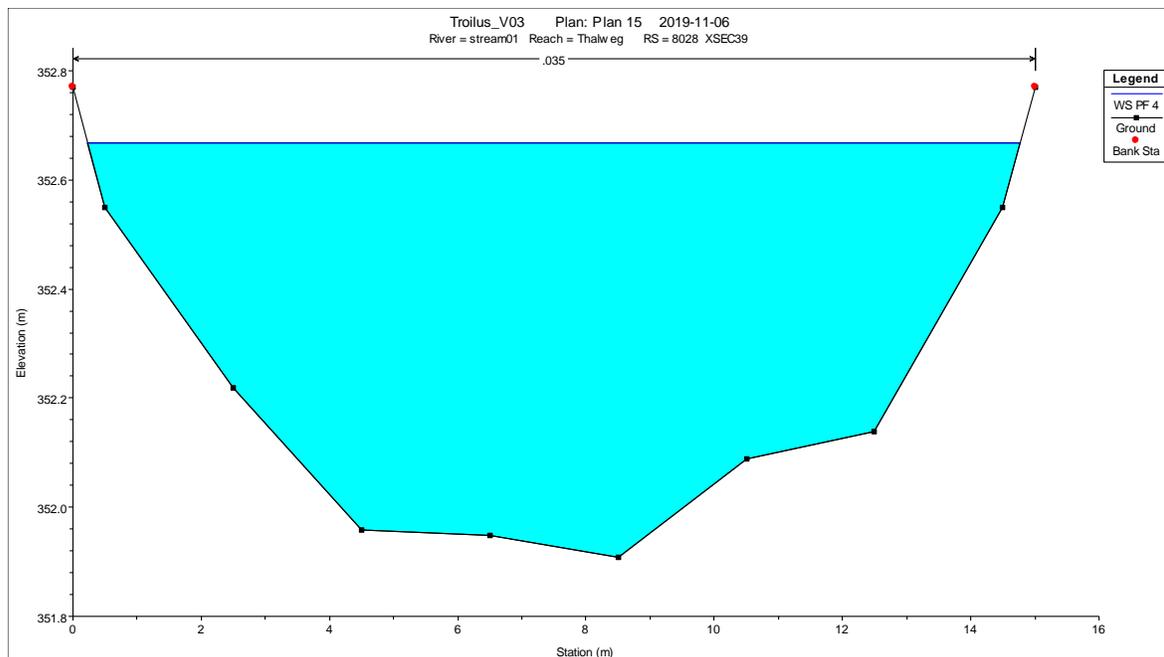
Rapport de la modélisation hydrodynamique (Rinfret, 2019)



Troilus Gold Corporation

Projet de dénoyage des fosses 87 et J4

Capacité hydraulique du cours d'eau Sans Nom
(Modélisations numériques)



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 | Ombre de fontaine 2,75 m ³ /s | 10 |
| Tableau 5.2 | Doré jaune et meuniers 2,75 m ³ /s..... | 11 |
| Tableau 5.3 | Ombre 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 m³/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.

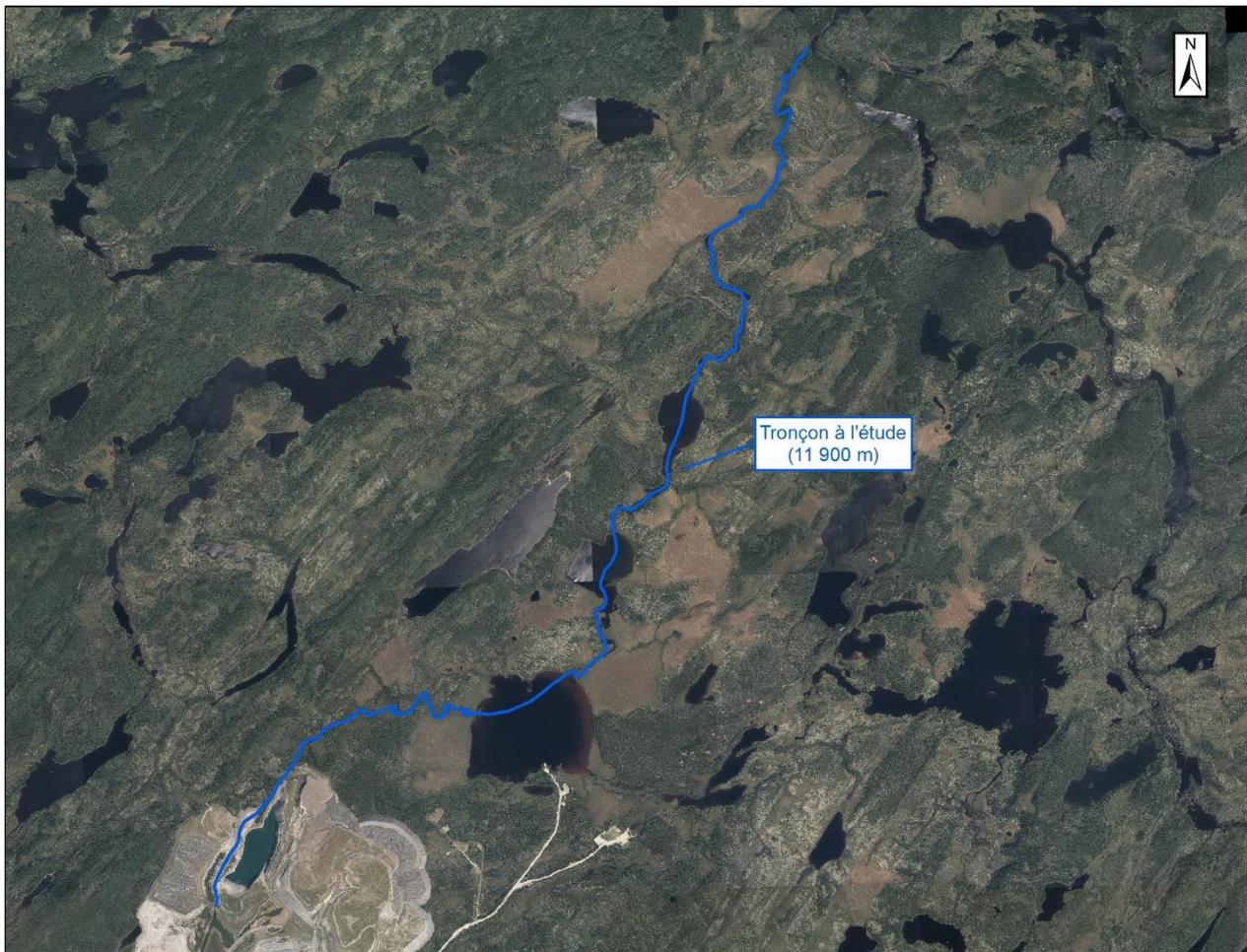


Figure 2.1 Tronçon à l'étude

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.

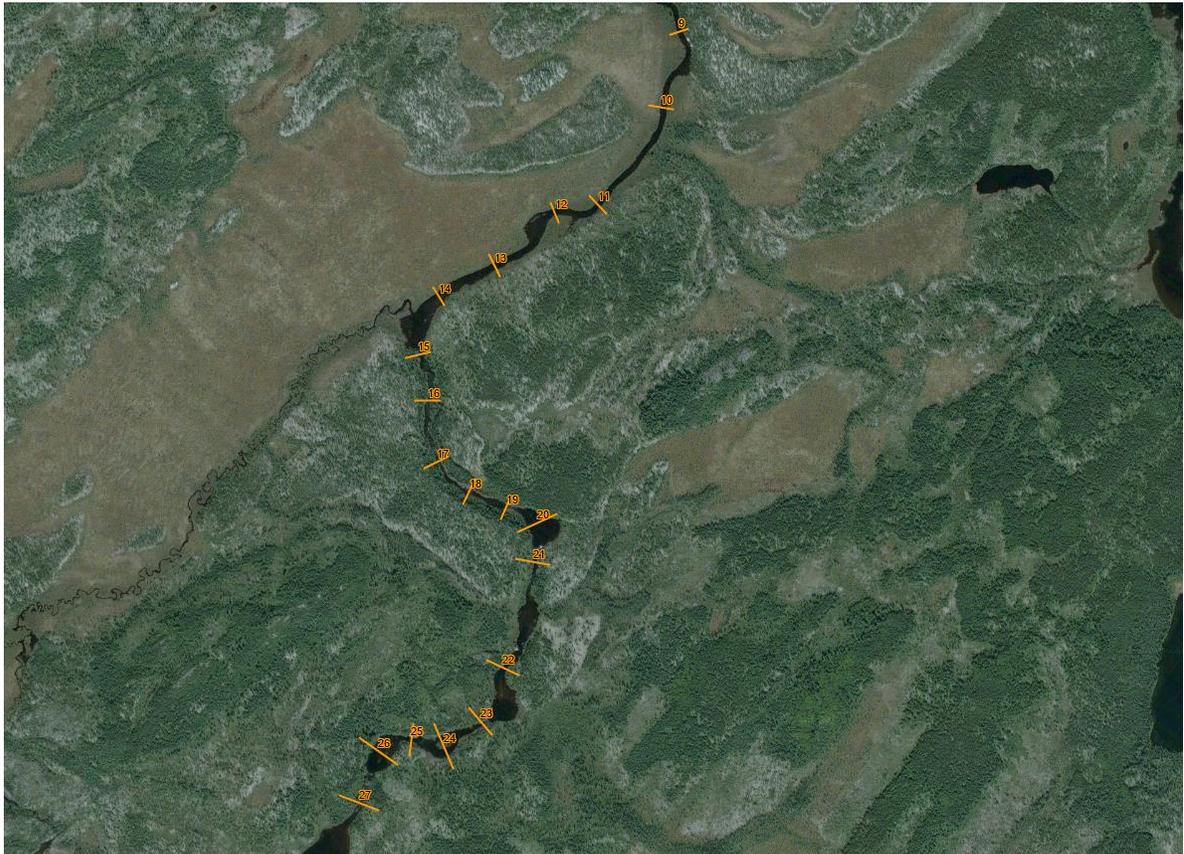


Figure 3.1 Sections en travers 9 à 27 (vue en plan)

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.

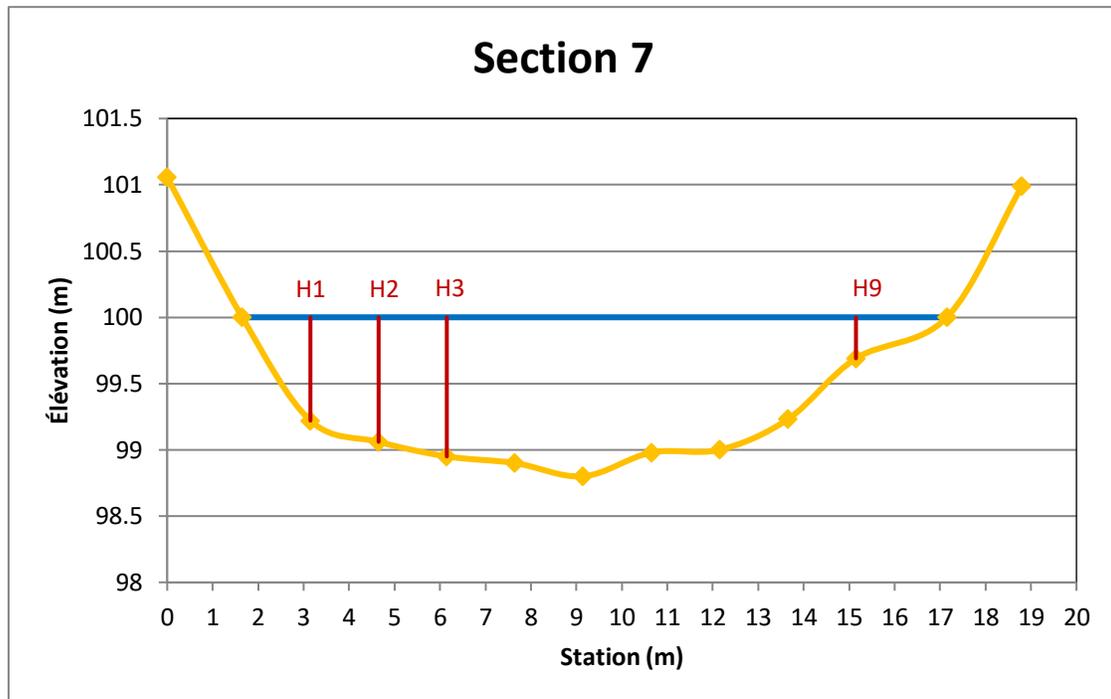


Figure 3.2 Section 7

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 m³/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.

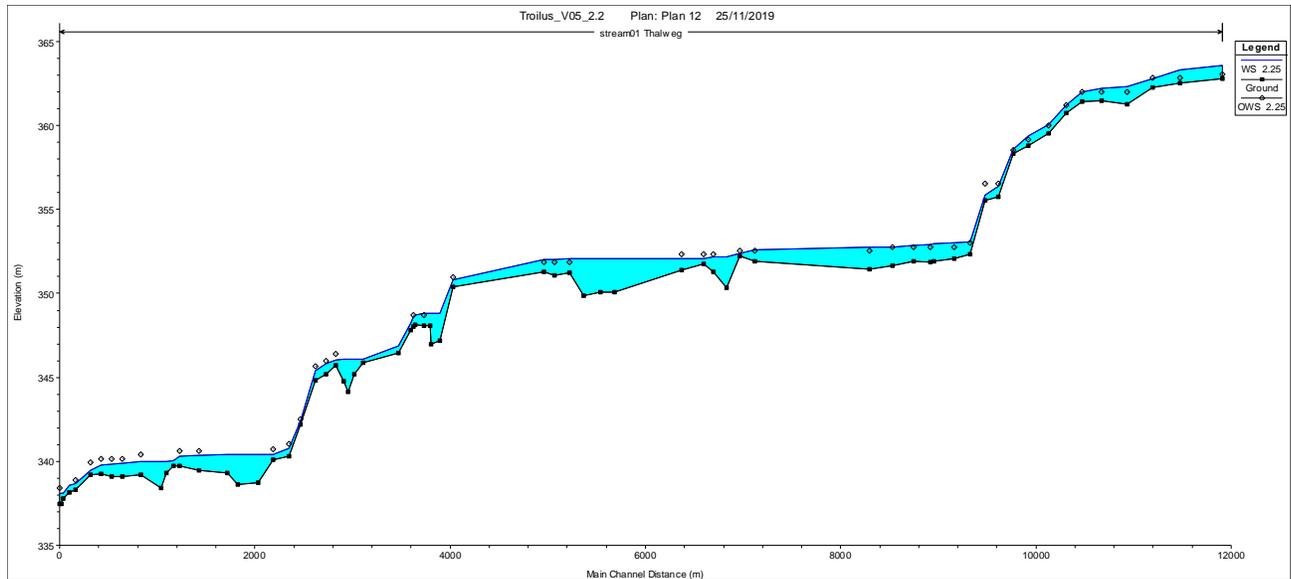


Figure 3.3 Profil longitudinal et niveau d'eau du jour

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 m³/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 | Ombles de fontaine | 300 |
| 55 | Ombles de fontaine | 74 |
| 54 | Ombles 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 m³/s (débit avant débordement) et 2,50 m³/s (approximativement le débit du jour mesuré) sont présentées aux sous-sections suivantes.

4.2 Résultat 2,75 m³/s

Les résultats obtenus pour un débit de 2,75 m³/s pour l'omble de fontaine sont présentés au tableau suivant.

Tableau 4.2 Omble de fontaine 2,75 m³/s

| Section | Débit (m ³ /s) | Élev. Min. section (m) | Élev. Surface eau (m) | Vitesse (m/s) | Sup. écoul. (m ²) | 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 m³/s

| Section | Débit (m ³ /s) | Élev. Min. section (m) | Élev. Surface eau (m) | Vitesse (m/s) | Sup. écoul. (m ²) | Largeur surf. (m) | Prof. Max. (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 m³/s

Les tableaux suivants présentent les mêmes résultats d'analyses pour un débit de 2,50 m³/s.

Tableau 4.4 Omble de fontaine 2,50 m³/s

| Section | Débit (m ³ /s) | Élev. Min. section (m) | Élev. Surface eau (m) | Vitesse (m/s) | Sup. écoul. (m ²) | Largeur surf. (m) | Prof. Max. (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 m³/s

| Section | Débit (m ³ /s) | Élev. Min. section (m) | Élev. Surface eau (m) | Vitesse (m/s) | Sup. écoul. (m ²) | Largeur surf. (m) | Prof. Max. (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 m³/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 et 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 m³/s.

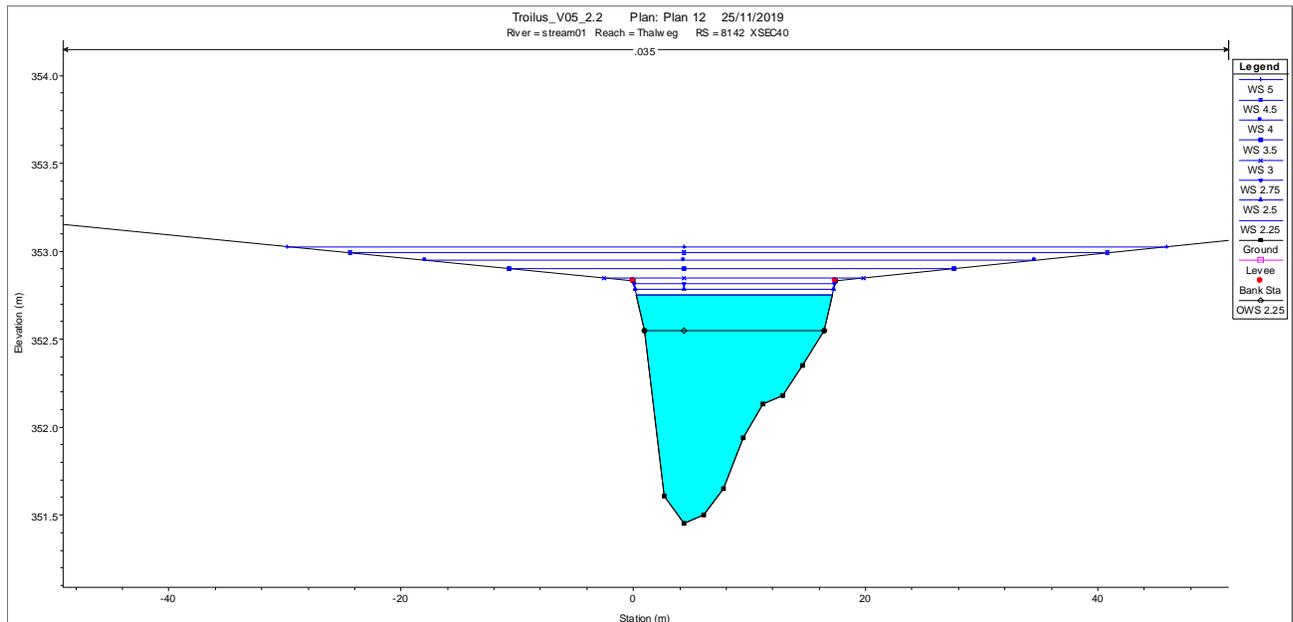


Figure 4.2 Section en travers 40

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 m³/s est présenté à l'annexe B. Un extrait dudit tableau est montré à la figure suivante.

| Section | Débit (m ³ /s) | Élev. Min. section (m) | Élev. Surface eau (m) | Sup. écoul. (m ²) | 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'aide 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 m³/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 m³/s sont fournis.

Pour les critères biologiques, les résultats ont été présentés pour un débit sans débordement (2,75 m³/s) et pour un débit légèrement supérieur au débit du jour mesuré (2,5 m³/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 m³/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

Annexe 5

Caractéristiques des segments cibles et superficie à différents débits

| Section | | Débit (m3/s) | Élev. Min. section (m) | Élev. 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 |

| Section | Débit (m3/s) | Élev. Min. section (m) | Élev. 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 |

| Section | Débit (m3/s) | Élev. Min. section (m) | Élev. 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

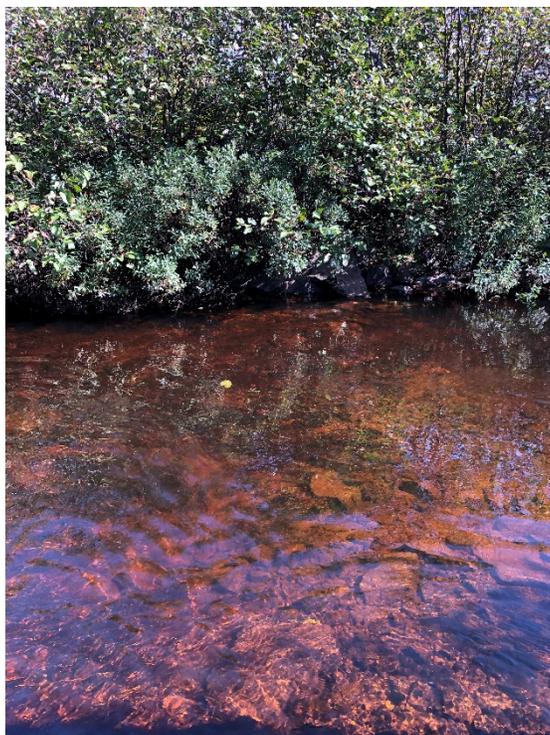


Photo 13 Vue du rapide de la section transversale 55



Photo 14 Vue du chenal de la section transversale 38

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 | |

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

Wachiïh

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 relierons 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 (*Precise 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 | 0,008 m | 0,009 m | <0,001 m | 0,003 m |
| | | Lac A | 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 effectués 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 obtenues 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.

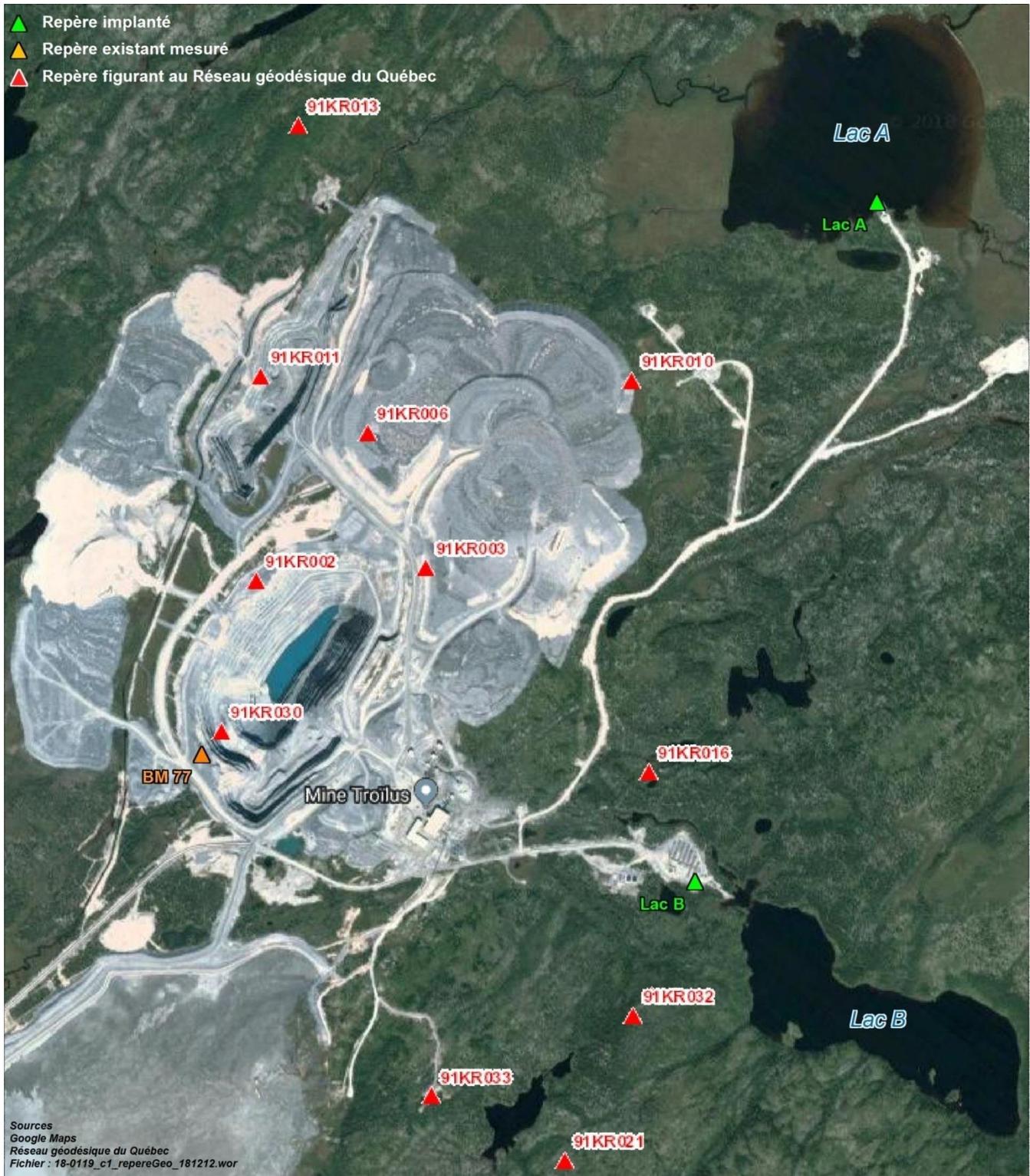
Codification des relevés

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

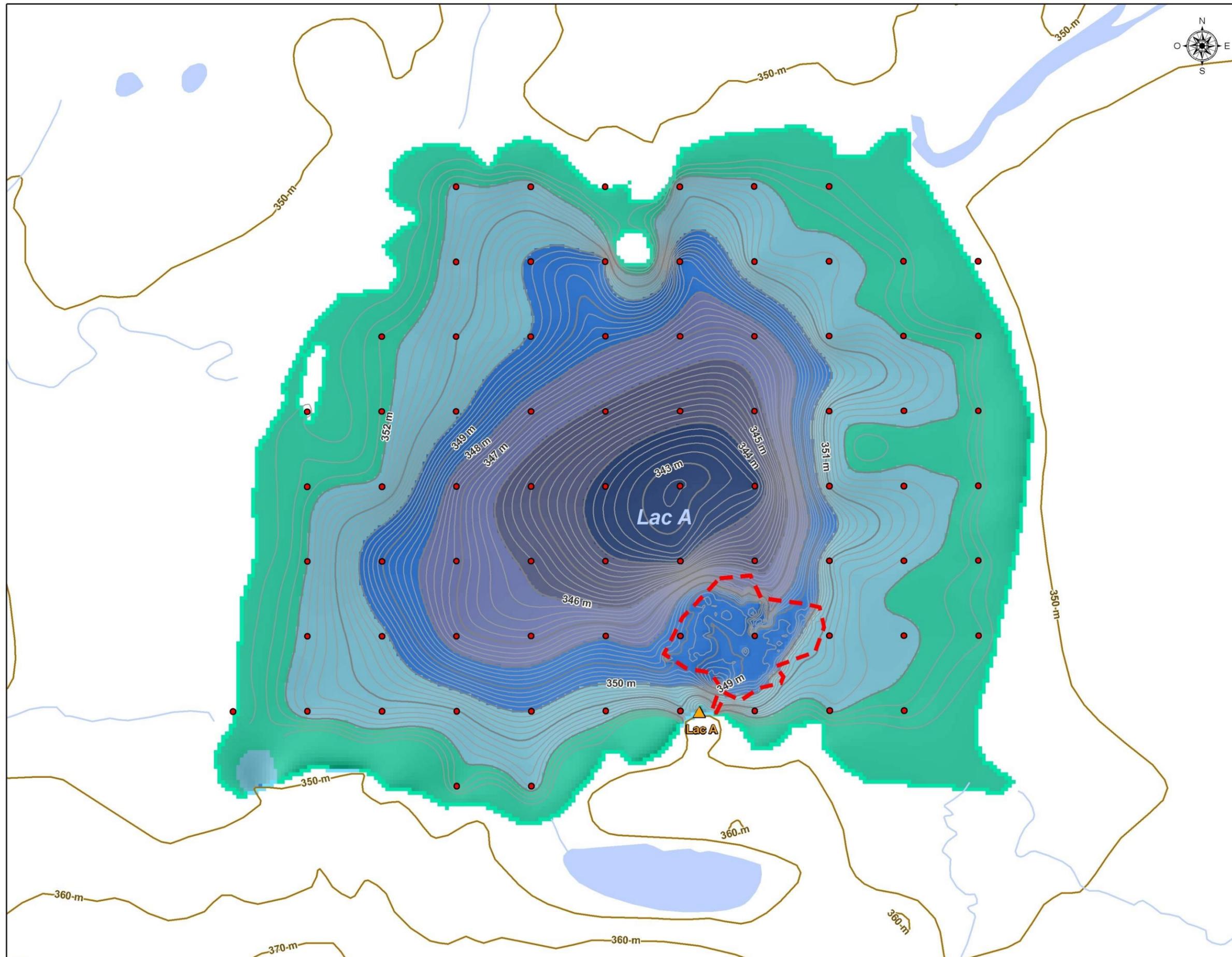
Annexe A – Localisation des repères

- ▲ Repère implanté
- ▲ Repère existant mesuré
- ▲ Repère figurant au Réseau géodésique du Québec



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 2018
 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

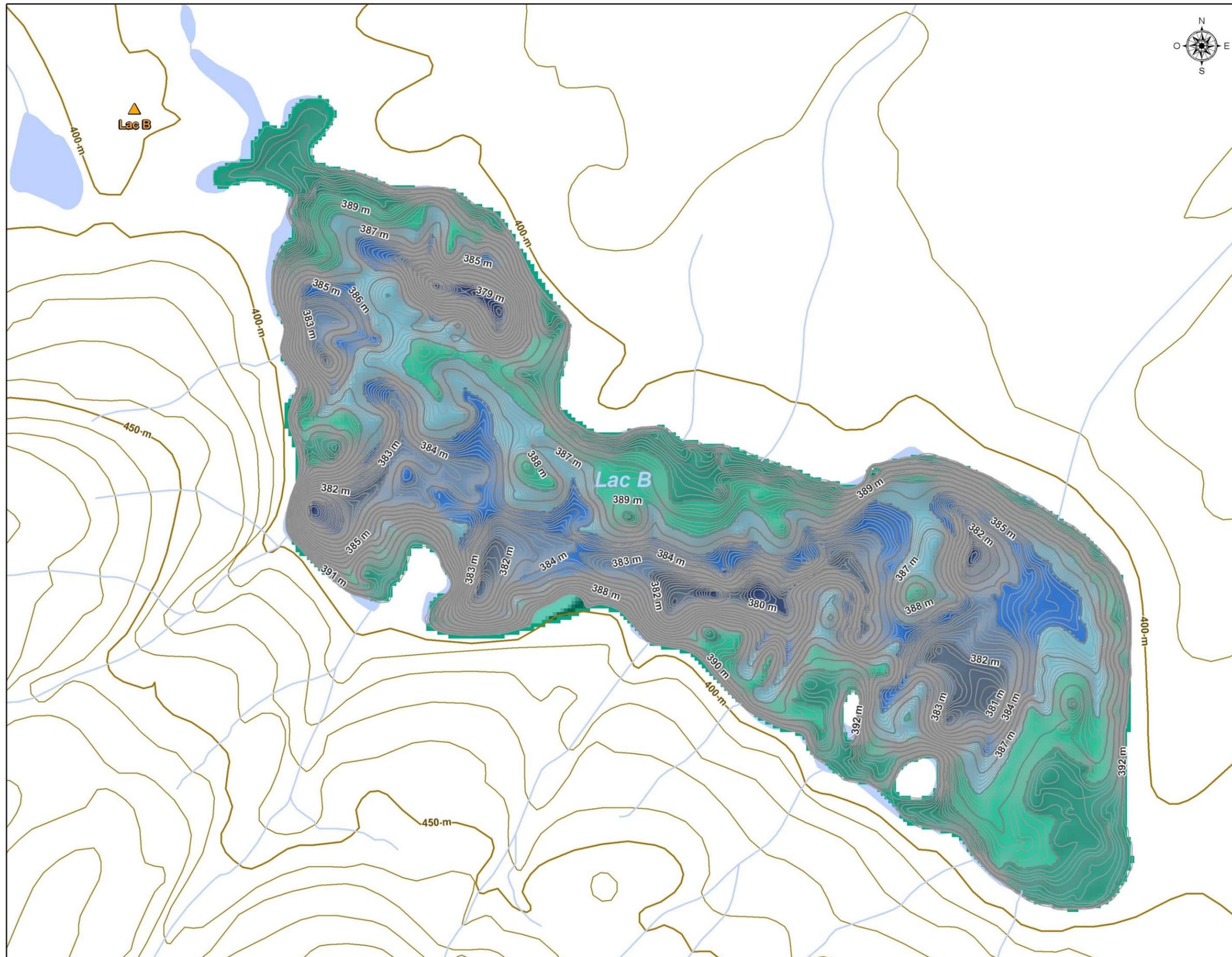


Relevés et topographie

- 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

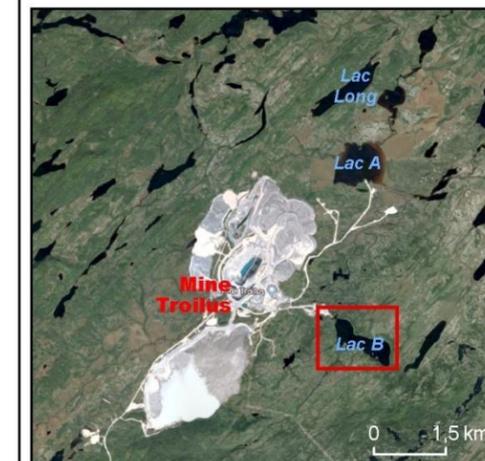
Fichier : 18-0119_c3_LacB_181213.mxd

0 50 100 m

Projection : MTM fuseau 8, NAD83
 Équidistance des courbes : 0,2 mètre

Carte 3

Décembre 2018



Relevés et topographie

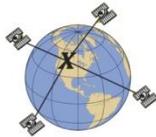
- Repère implanté
- Courbe bathymétrique
- Courbe extraite de la BDTQ

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
- 388 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

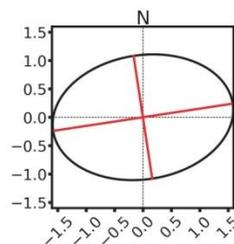
| | Latitude (+n) | Longitude (+e) | Altitude Ell. |
|-------------------------------------|------------------|--------------------|---------------|
| NAD83(SCRS) (2018) | 51° 1' 42.35577" | -74° 25' 54.78939" | 319.923 m |
| Sigmas(95%) | 0.009 m | 0.013 m | 0.025 m |
| A priori* | 51° 1' 42.44664" | -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"



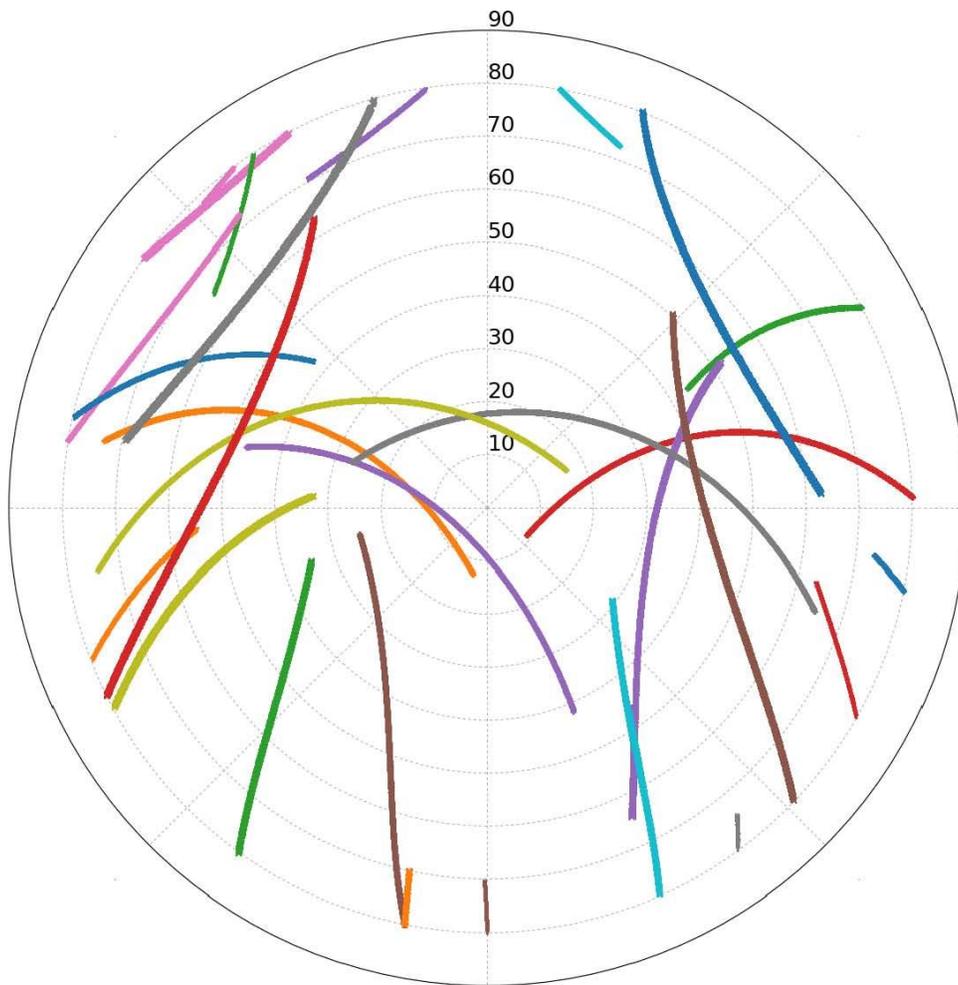
UTM (Nord) Zone 18

5653140.221 m (N)
539839.831 m (E)

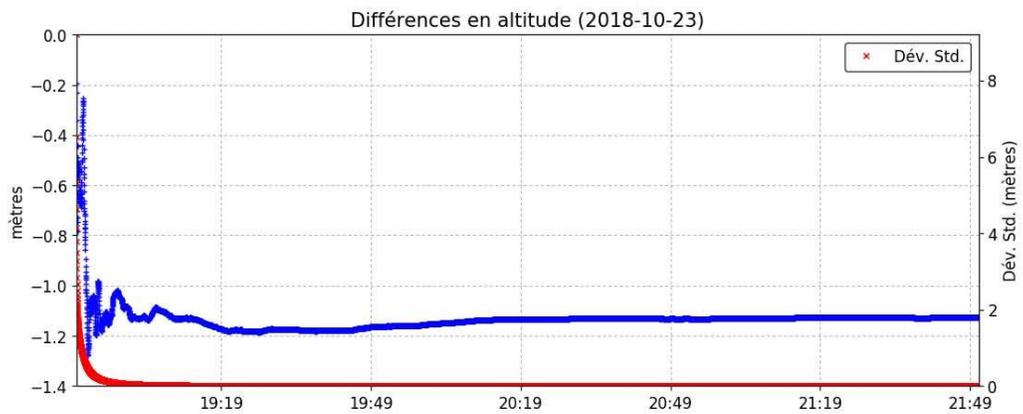
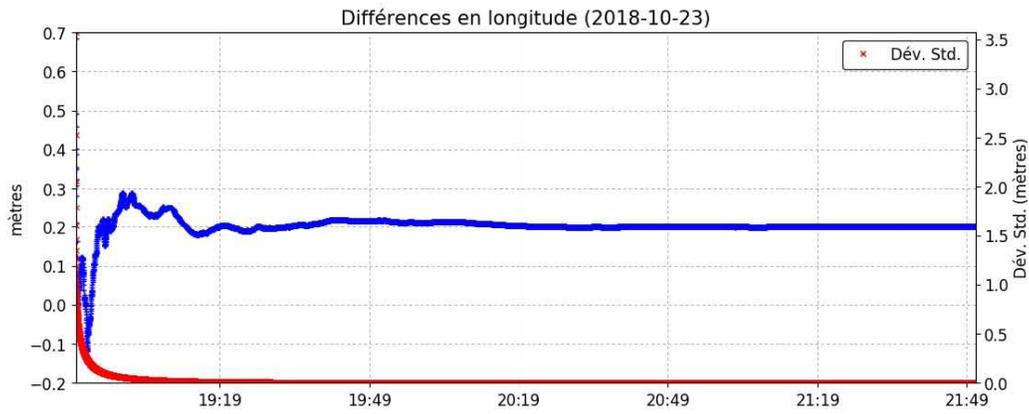
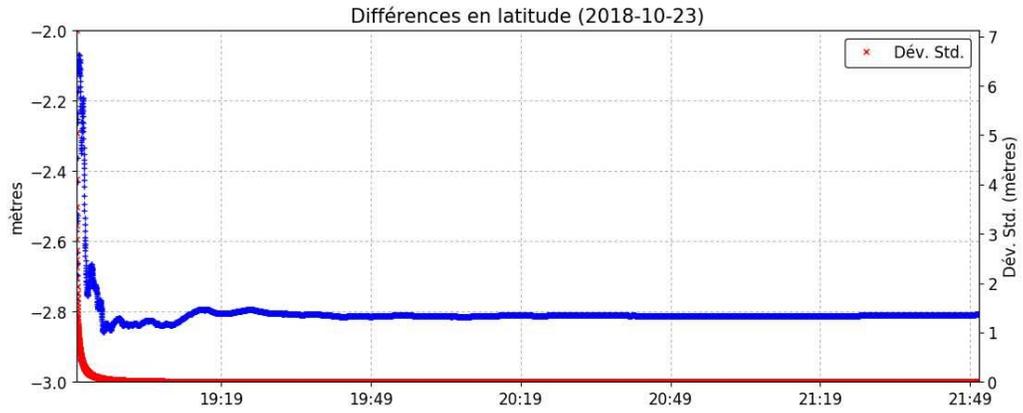
Facteurs échelle
0.999619 (point)
0.999569 (combiné)

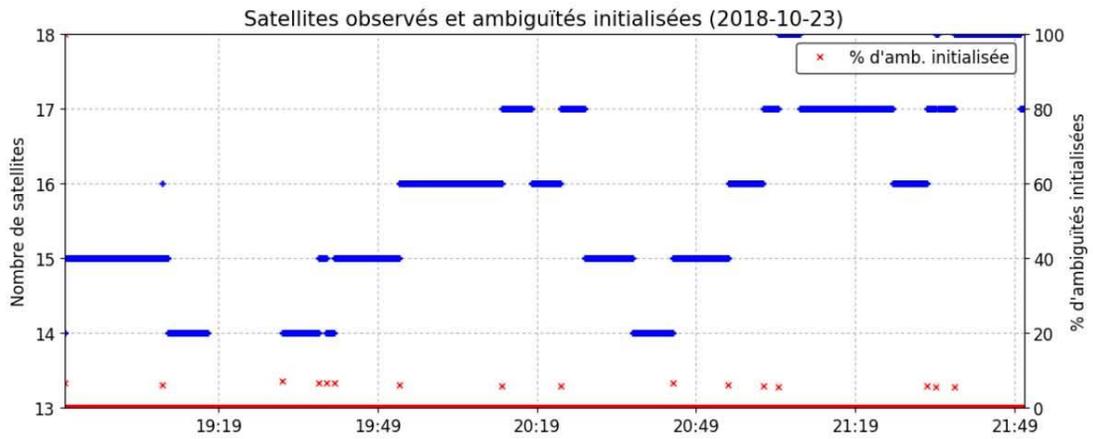
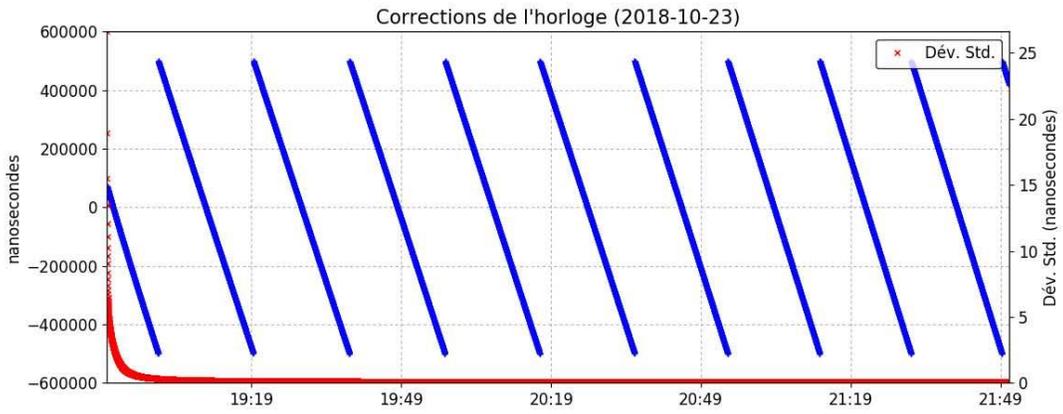
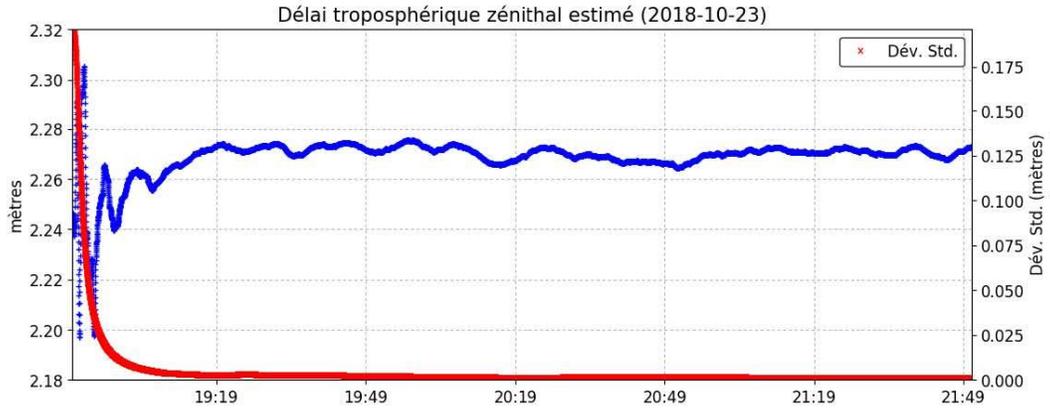
*(Position a priori initialisée à partir des coordonnées de l'en-tête du RINEX)

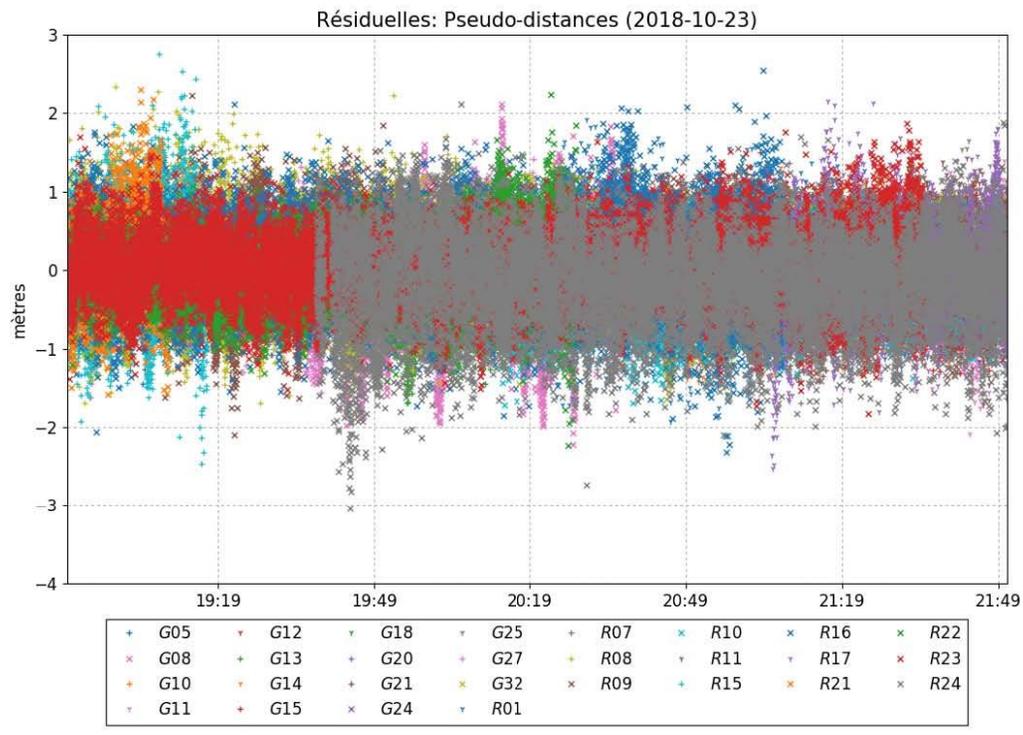
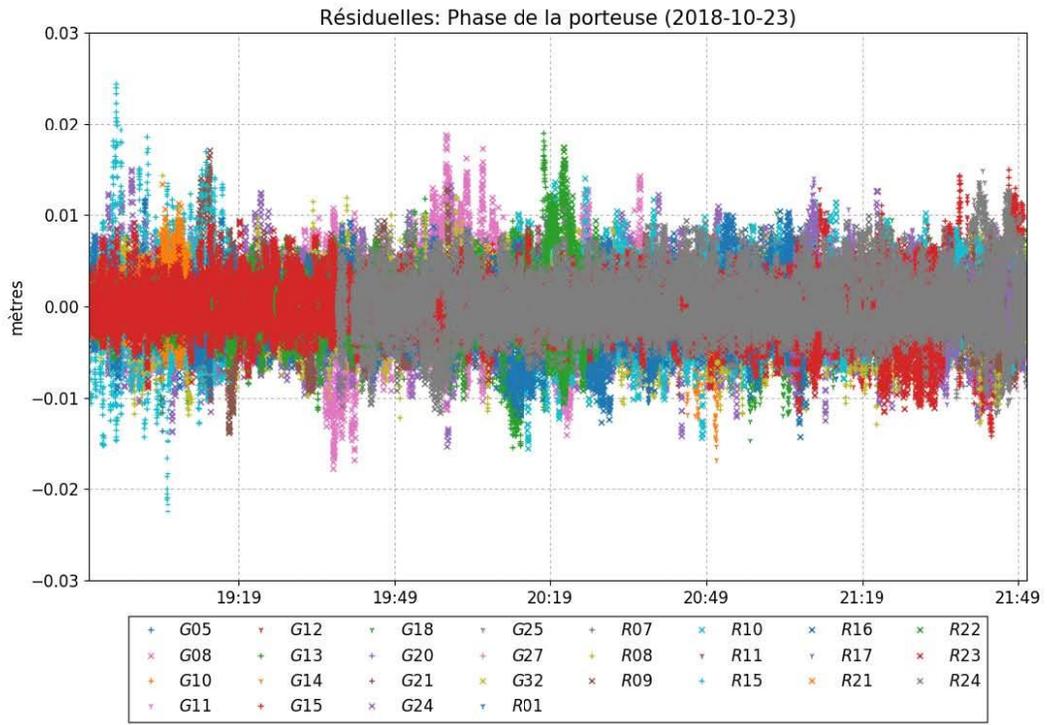
Distribution spatiale des satellites



| | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| + | 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 | | | | |







~~~~ 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.geodeticinformationsservices.rncan@canada.ca



**Natural Resources
Canada**

**Ressources naturelles
Canada**

Canada

Repère Lac B



SCRS-PPP 2.18.0 (2018-10-09)



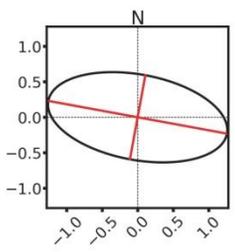
70472972.18o
baseb

| | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 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)

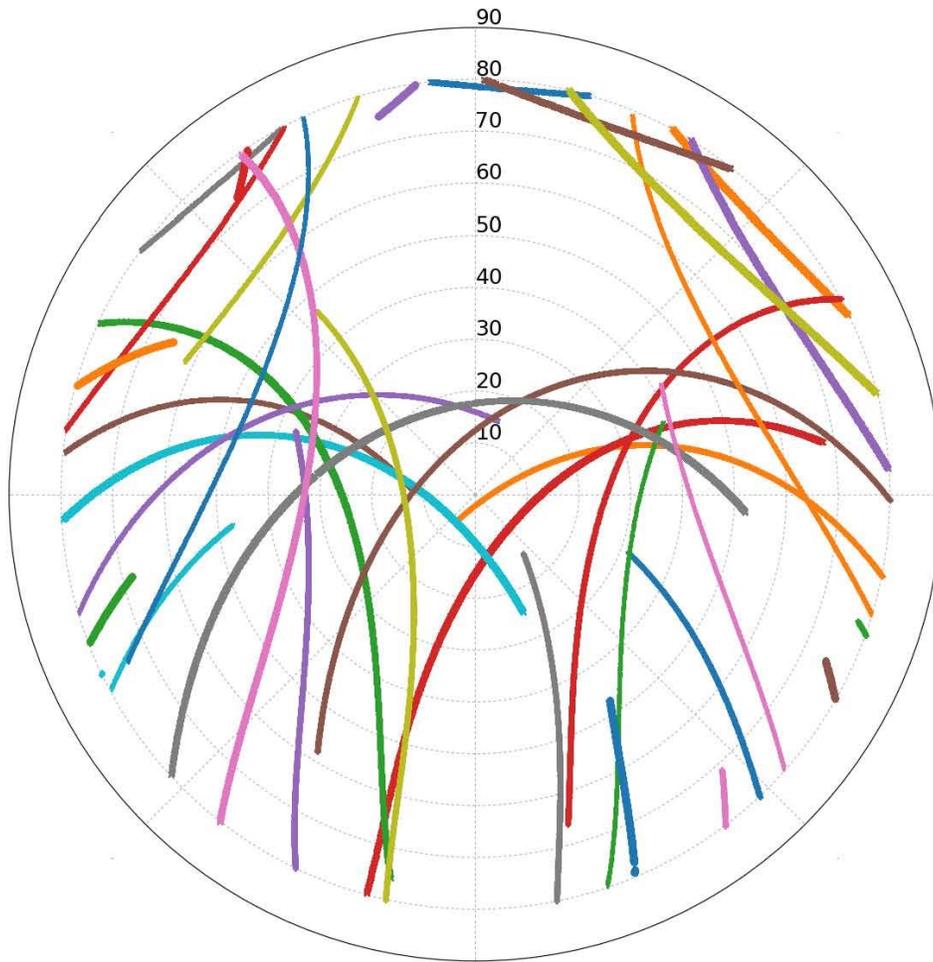
Positions estimées pour 70472972.18o

| | 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 |

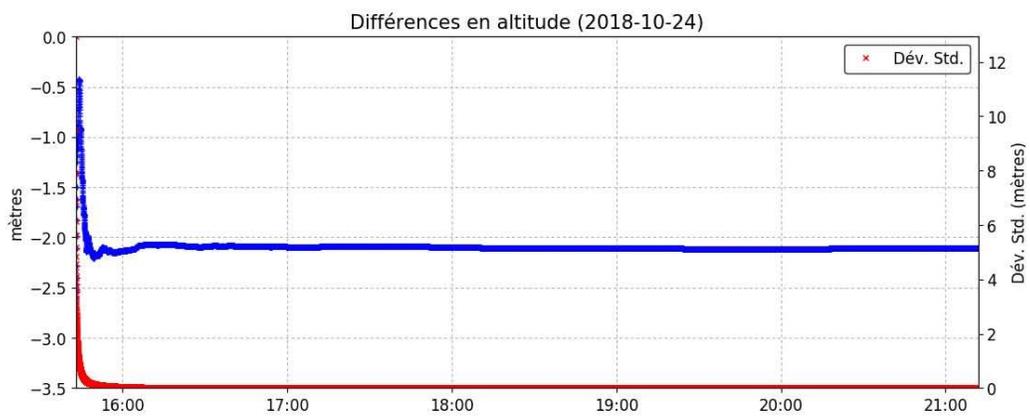
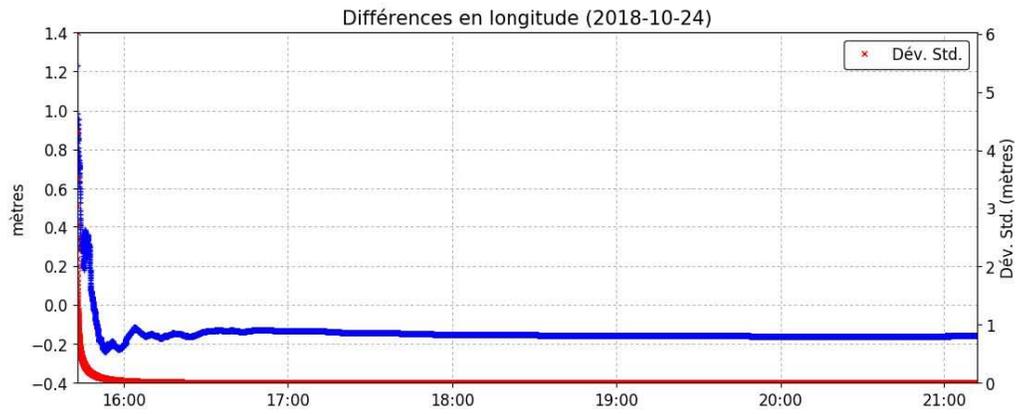
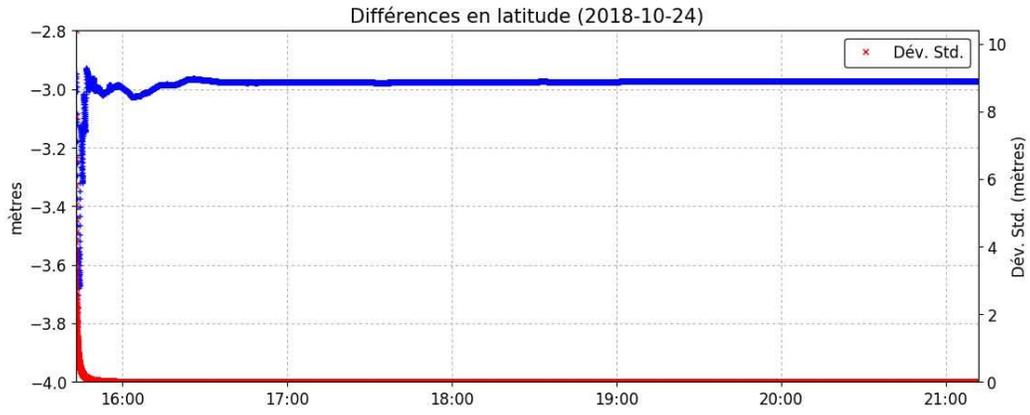
| | | |
|--|---|---|
| Altitude orthométrique CGVD28 (HTv2.0) | Ellipse d'erreur 95% (cm) demi-grand axe: 1.279 cm demi-petit axe: 0.602 cm azimut du demi-grand axe: 100° 23' 42.08" | UTM (Nord) Zone 18 |
| | | |
| 403.145 m (lien pour la référence altimétrique) |  | 5650332.412 m (N) 539104.938 m (E) Facteurs échelle 0.999619 (point) 0.999561 (combiné) |

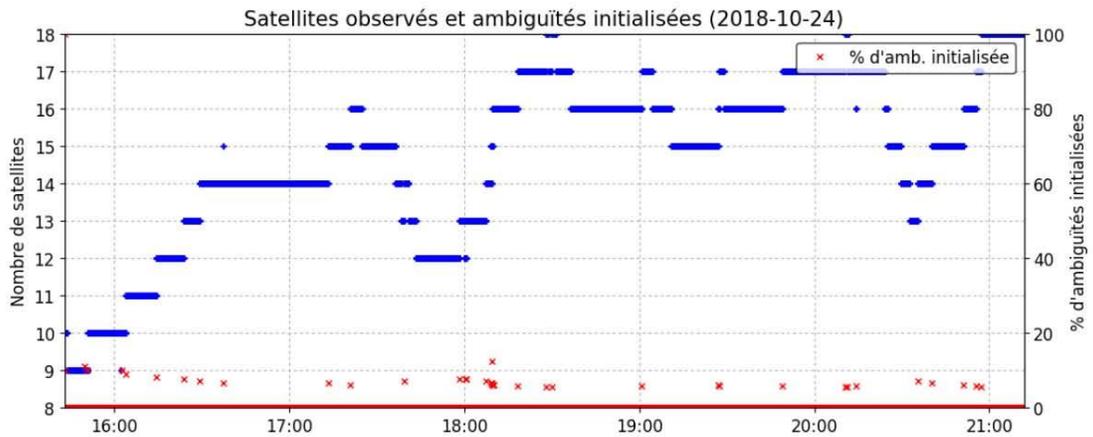
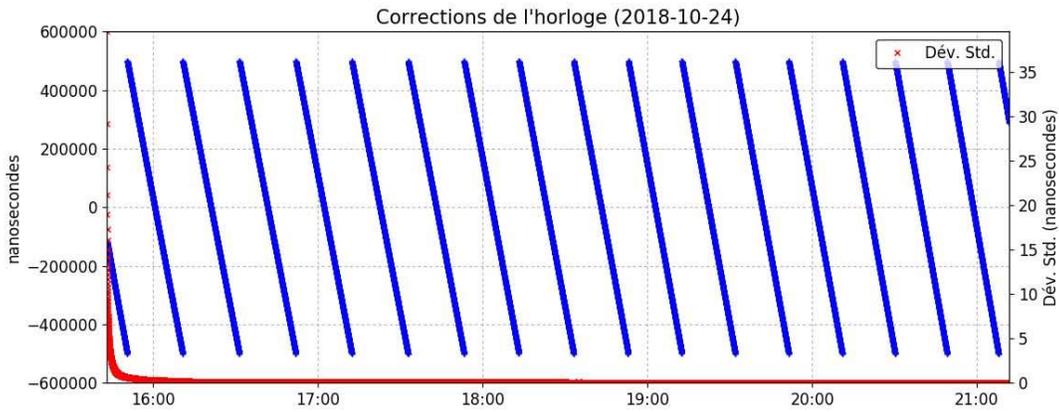
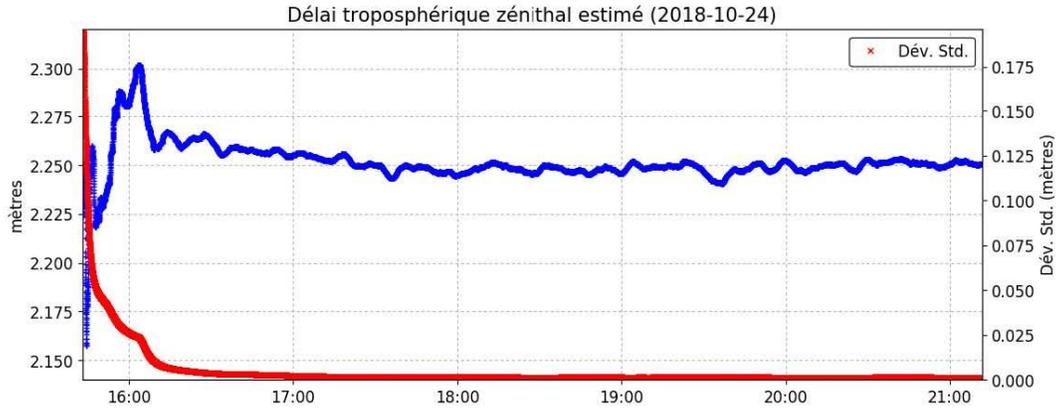
*(Position a priori initialisée à partir des coordonnées de l'en-tête du RINEX)

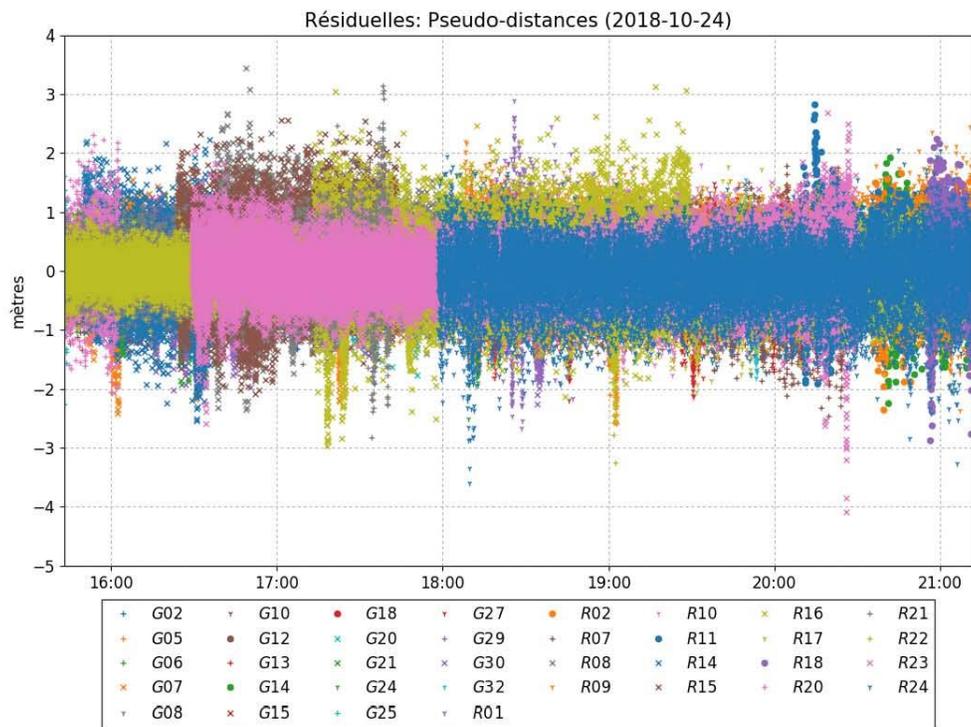
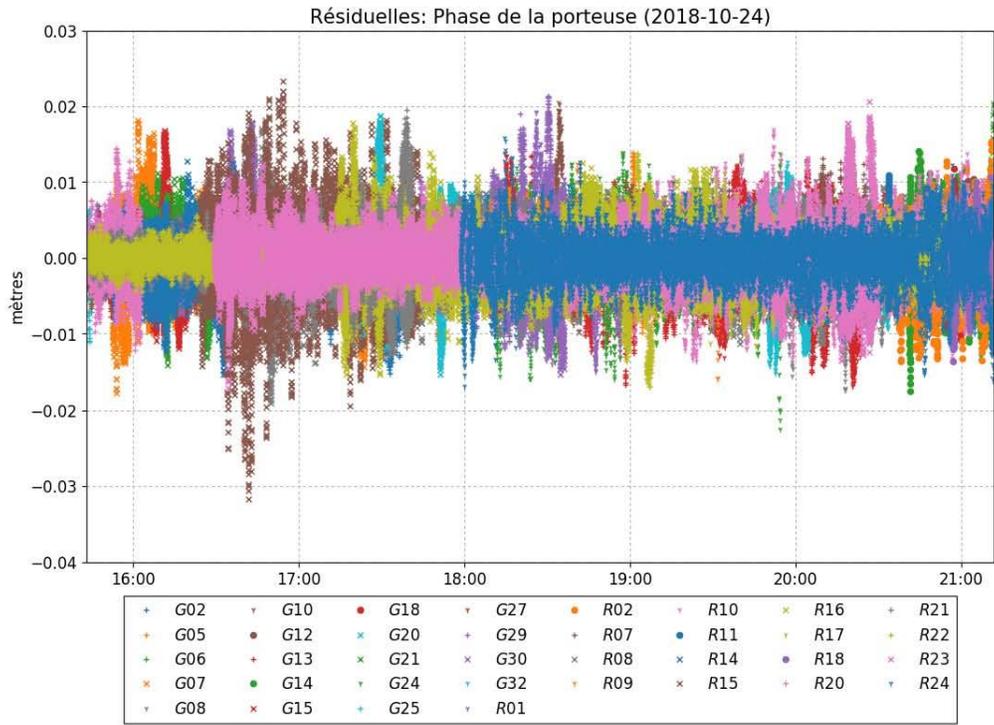
Distribution spatiale des satellites



| | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| + | 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 |







~~~~ 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.geodeticinformationsservices.rncan@canada.ca



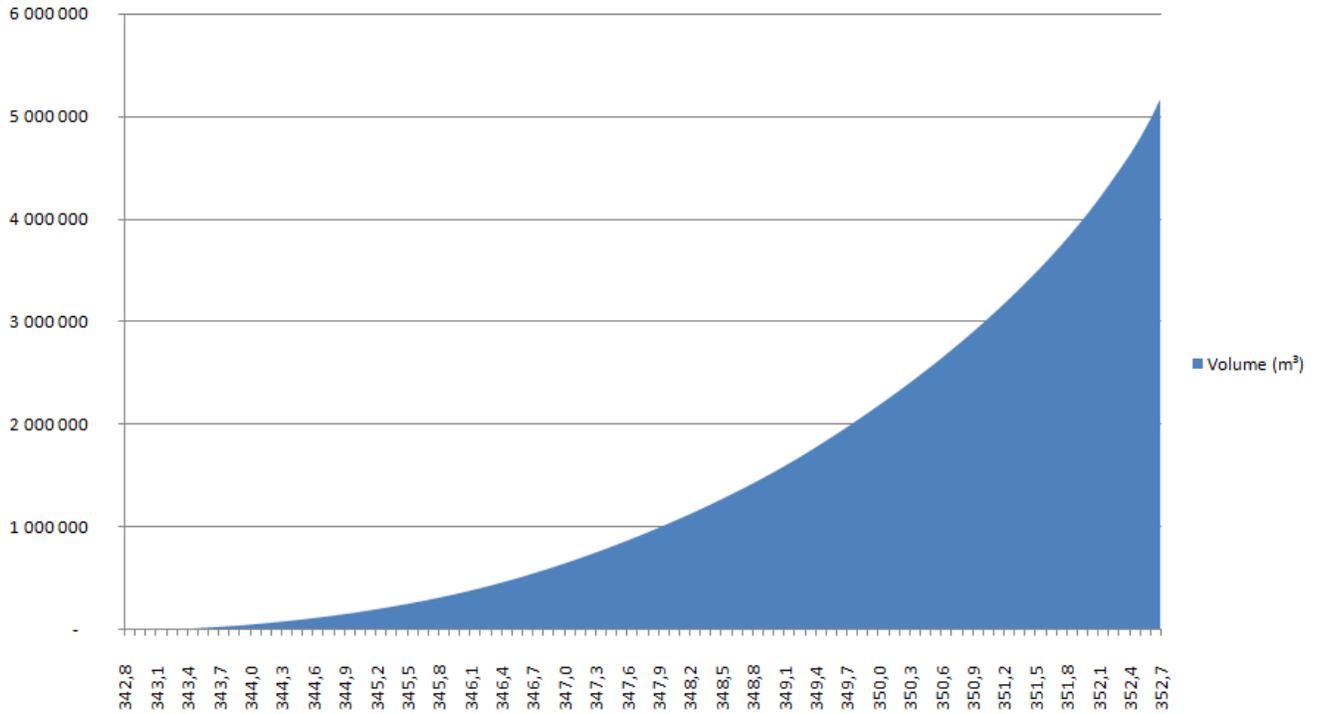
**Natural Resources
Canada**

**Ressources naturelles
Canada**

Canada

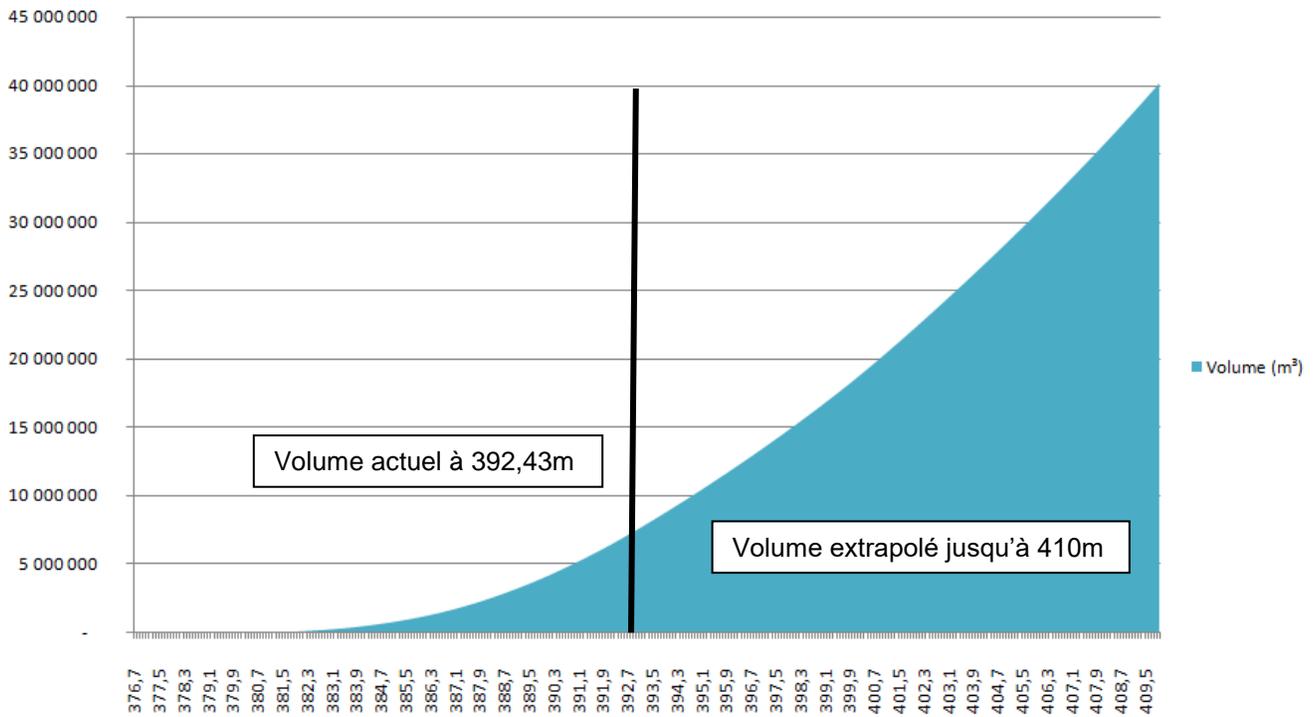
Annexe D – Volume d’emménagement des lacs A et B

Volume du Lac A



Élévation du niveau d'eau le jour des relevés : 352,66 mètres.

Volume du Lac B



Élévation du niveau d'eau le jour des relevés : 392,43 mètres.

ANNEXE G

Résultats de la qualité des eaux de surface (2019)

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 CVAC) | Résultats analytiques | | | | | | |
|------------------------|--------|--|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 |
| Échantillon | | | 19-06-04 | 19-06-04 | 19-06-04 | 19-06-03 | 19-06-03 | 19-06-03 | 19-06-03 |
| Date d'échantillonnage | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|--|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 |
| Échantillon | | CVAC | | | | | | | |
| 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) p | 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 | | | | | | |
|------------------------|--------|--|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 |
| 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 | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|--|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 |
| Échantillon | | | | | | | | | |
| 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) p | 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

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 | | | | | | |
|------------------------|--------|--|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | E-5 | E-6 | E-7 |
| Échantillon | | CVAC | | | | | | | |
| 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 | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|--|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | E-5 | E-6 | E-7 |
| Échantillon | | CVAC | | | | | | | |
| 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) p | 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

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 | | | | | | |
|------------------------|--------|---|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | E-5 | E-6 | E-7 |
| 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 | | | | | | |
|-------------------------------|--------|---|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | E-5 | E-6 | E-7 |
| 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 | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|---|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | E-5 | E-6 | E-7 |
| 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) p | 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

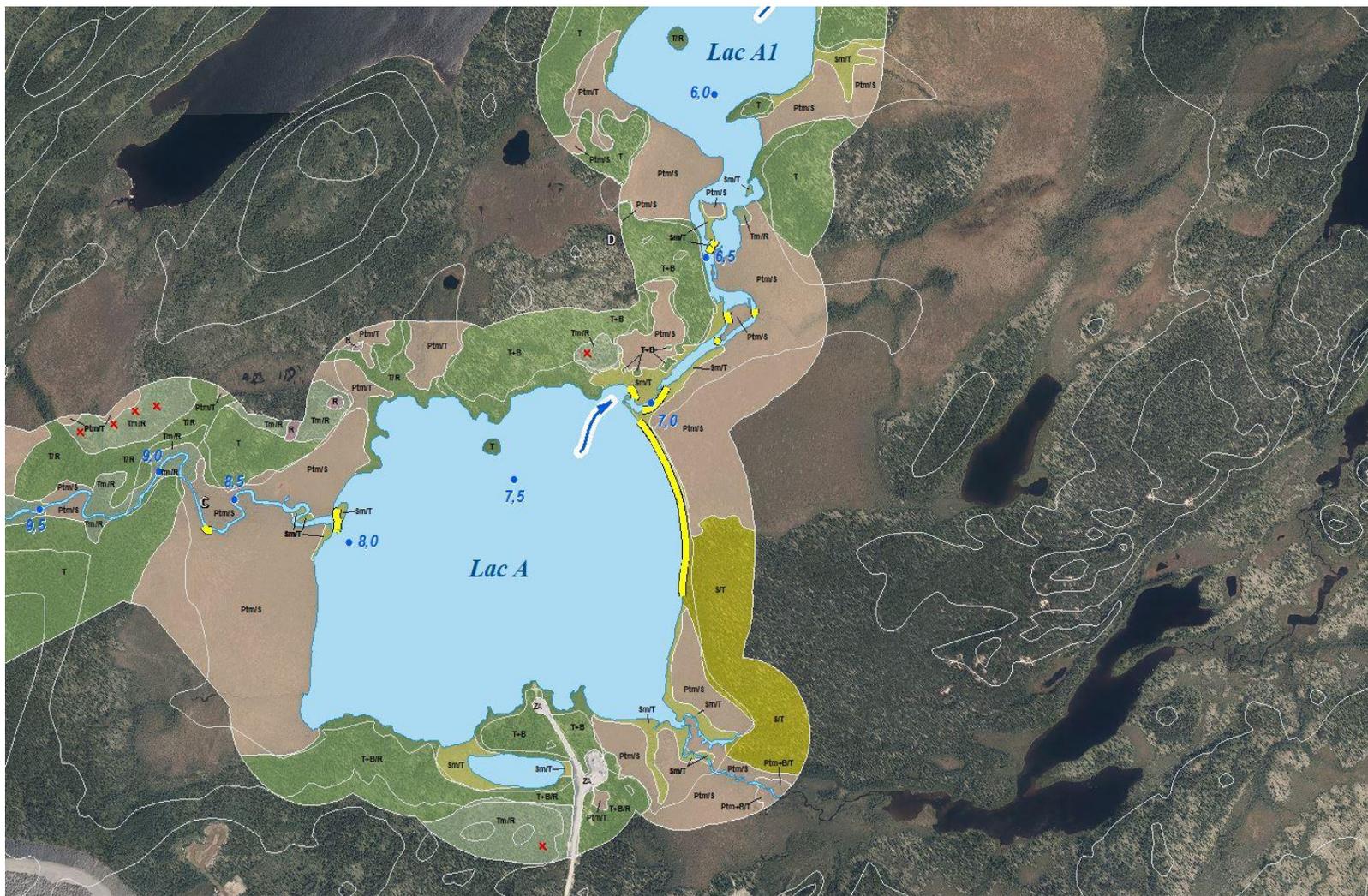


Photo-interprétation des matériaux de surface, analyse géomorphologique du cours d'eau et des lacs devant recevoir les eaux lors du dénoyage et évaluation des impacts sur la dynamique sédimentaire



POLY-GÉO INC.

Note technique préliminaire présentée à Troilus Gold

Novembre 2019

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



624, ave Notre-Dame
Saint-Lambert (Québec) J4P 2L1
Tél. : 450-465-2921 Téléc. : 450-465-7769
www.polygeo.com

ÉQUIPE DE RÉALISATION



Troilus 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 m ³ /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

La firme Poly-Géo a été mandatée par l'entreprise Troilus 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 Troilus. 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 m³/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 m³/s.

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 aériennes 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 (SIGÉOM¹). 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 m³/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://siggeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/11108_afchCartelntr
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 m³/s (MH2O, 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 MH2O, 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

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 13,7, 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 à 1-2 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 hydraulité (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.

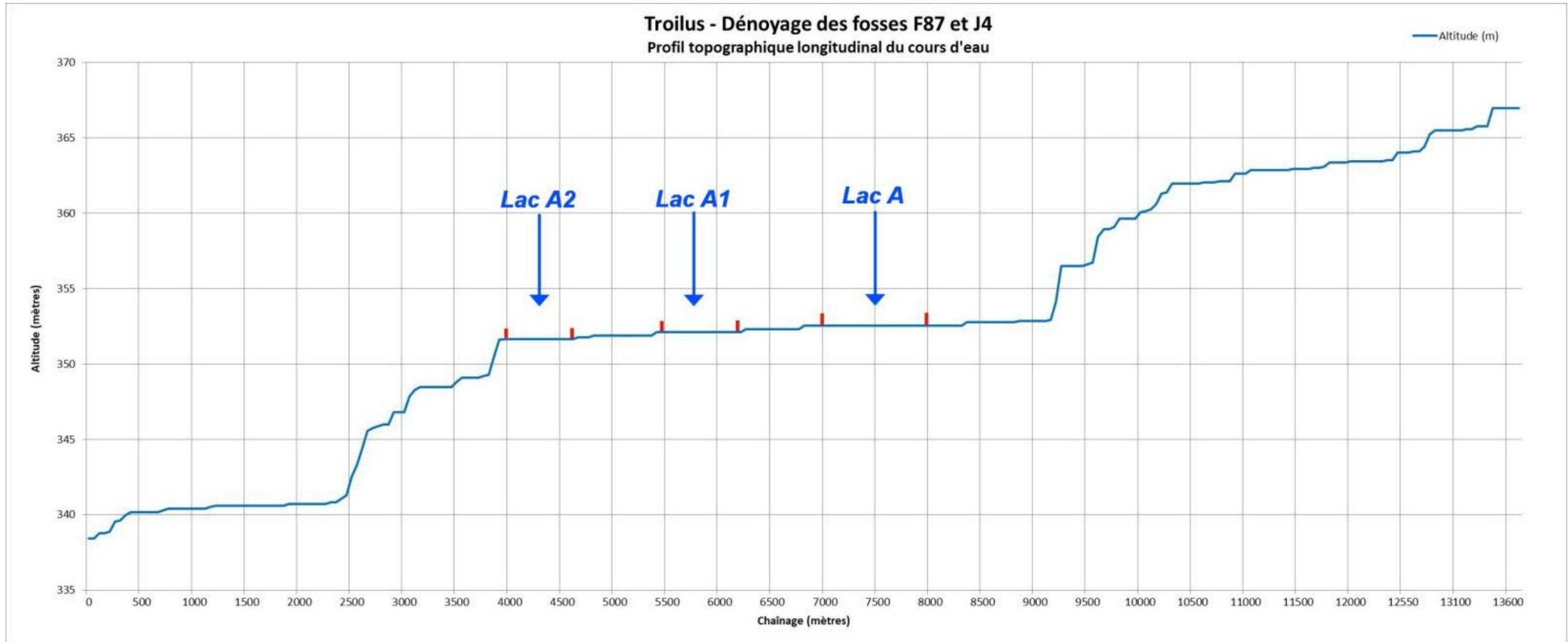


Figure 1 : Profil topographique longitudinal du cours d'eau à l'étude

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 Wachih (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 m³/s (MH₂O, 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 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.

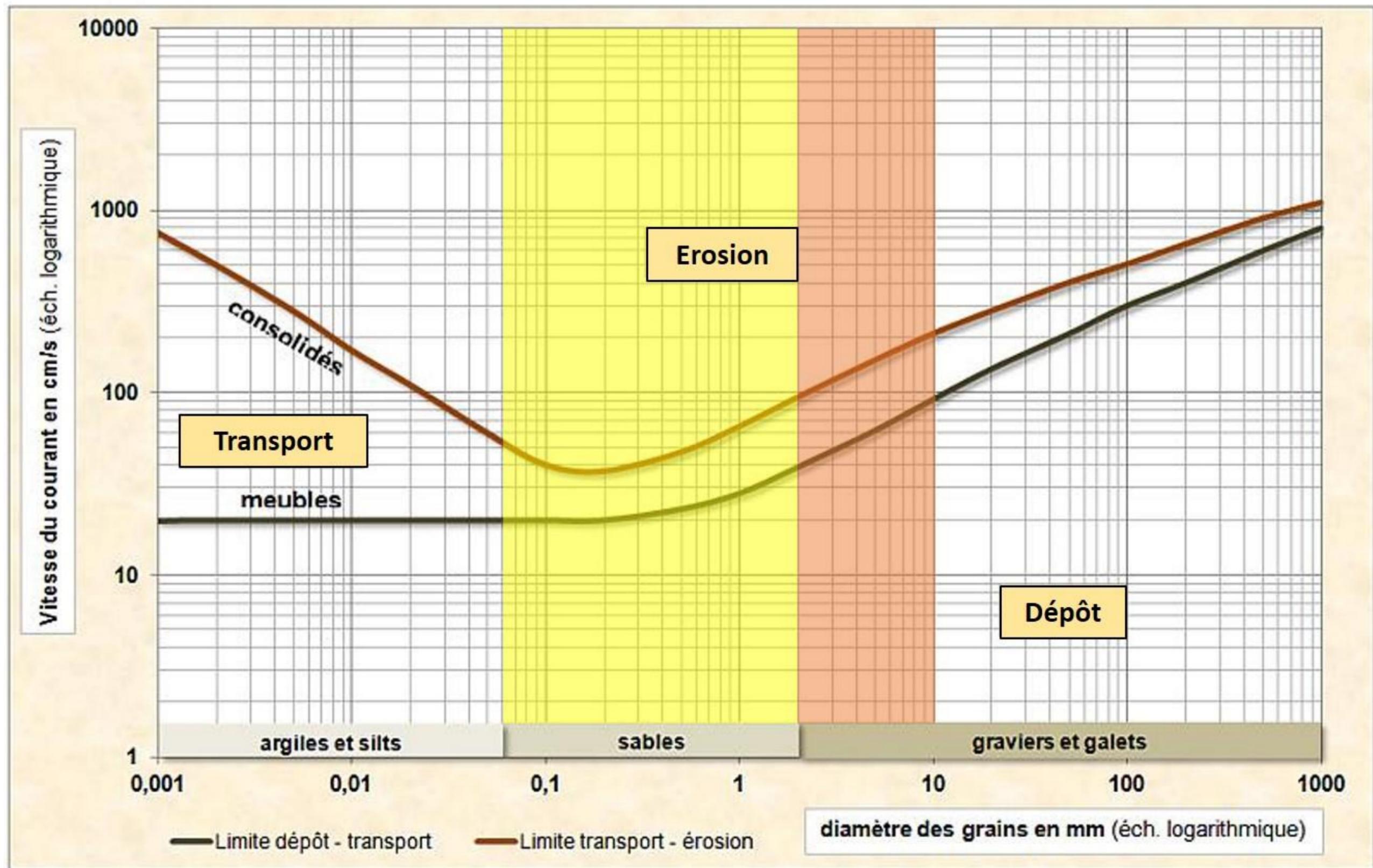
Les vitesses modélisées par la firme MH₂O (2019) aux sections transversales du cours d'eau (voir annexe 4) sont des vitesses moyennes pour la section d'écoulement considérée. Elles sont maximales en surface, au centre du chenal, et elles sont plus faibles près du fond et des rives, en raison du frottement.

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 (Wachih, 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 Wachih, 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 m³/s et elles atteindraient près de 0,69 m/s au débit de 5 m³/s. Si l'on se fie à la photo 1 (annexe 1), prise alors que le débit était estimée à

2,26 m³/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 m³/s, les vitesses d'écoulement seraient d'environ 0,5 m/s dans la portion centrale du segment (section S-53) et elles atteindraient $\pm 0,9$ 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 (± 20 m) 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 m³/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 m³/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 m³/s le long de ce segment sont de 0,63 m/s entre les sections transversales S-44 et S-43. Compte tenu du frottement sur le lit, les vitesses des courants seront donc à peine suffisantes, même aux plus forts débits modélisés, pour éroder les sables du lit du cours d'eau. S'il y avait tout même prise en charge et migration des sables, ces sédiments se déposeraient 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 m³/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 m³/s), pour qu'il y ait 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'écoulement 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 m³/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 m³/s et de 0,7 m/s pour un débit de 5 m³/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

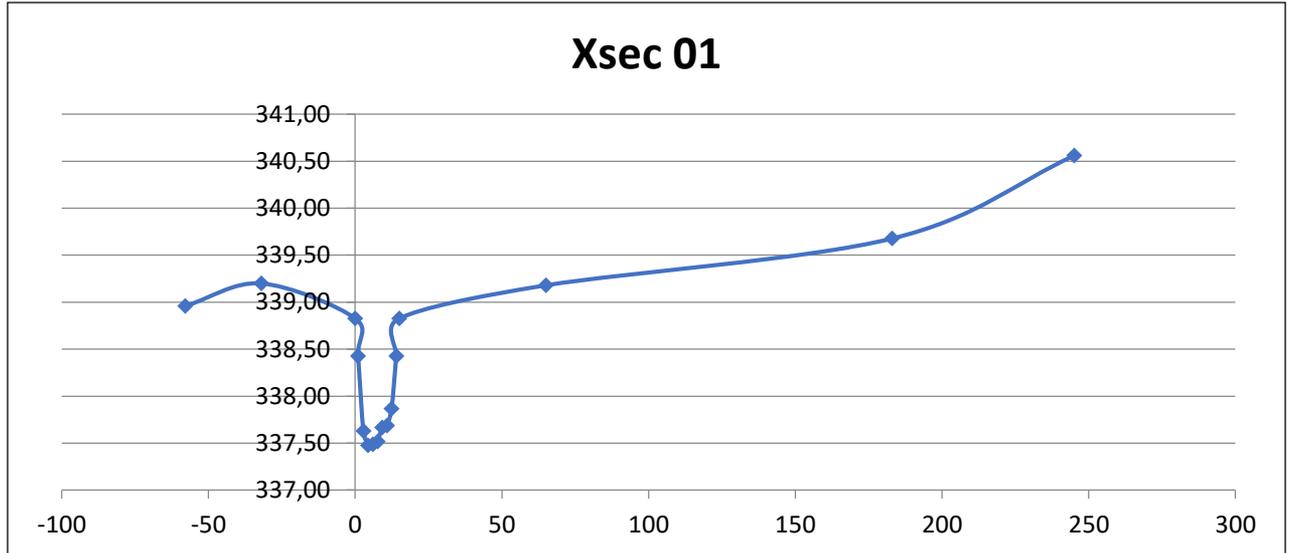
Code couleur

Données acquises sur le terrain (DDM – 2019)

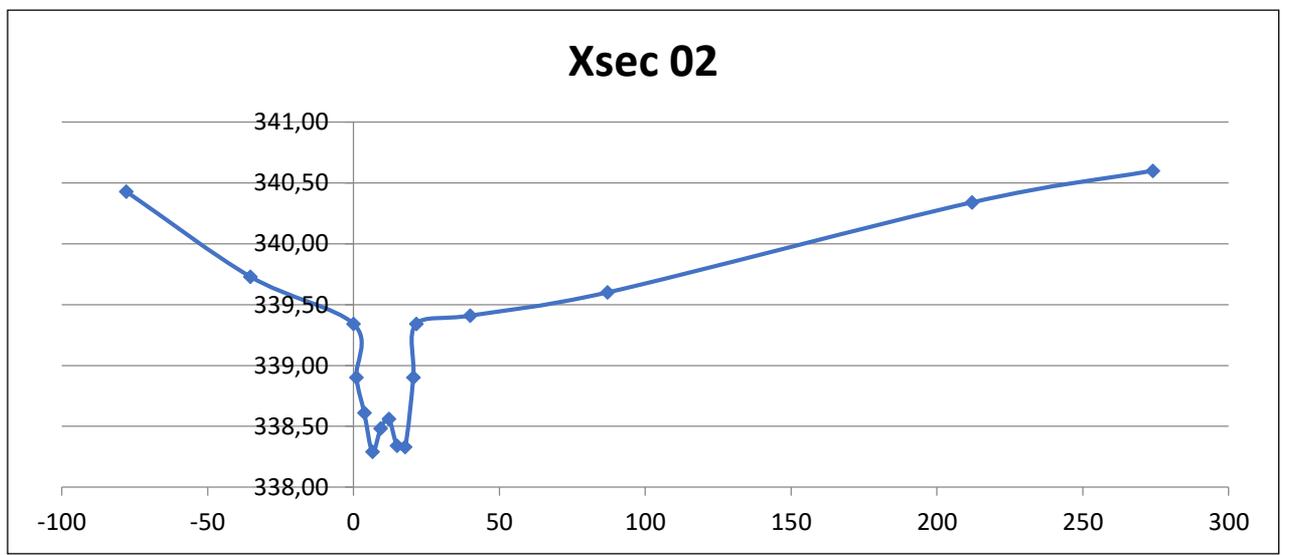
Données acquises par photo-interprétation (Poly-Géo inc.- 2019)

Toutes les sections sont vues vers l'aval du cours d'eau

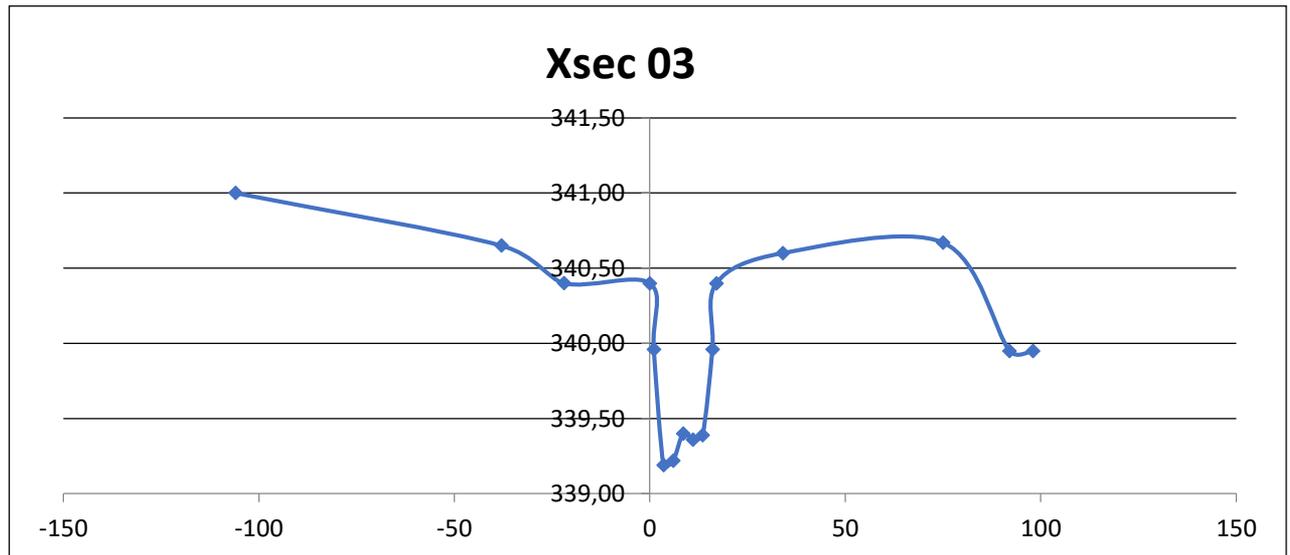
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 01 | -57,89 | 338,96 |
| | -32 | 339,20 |
| | 0 | 338,83 |
| | 1 | 338,43 |
| | 2,8 | 337,63 |
| | 4,4 | 337,48 |
| | 6 | 337,49 |
| | 7,6 | 337,52 |
| | 9,2 | 337,67 |
| | 10,8 | 337,69 |
| | 12,4 | 337,87 |
| | 14 | 338,43 |
| | 15 | 338,83 |
| | 65 | 339,18 |
| | 183 | 339,68 |
| 245 | 340,56 | |



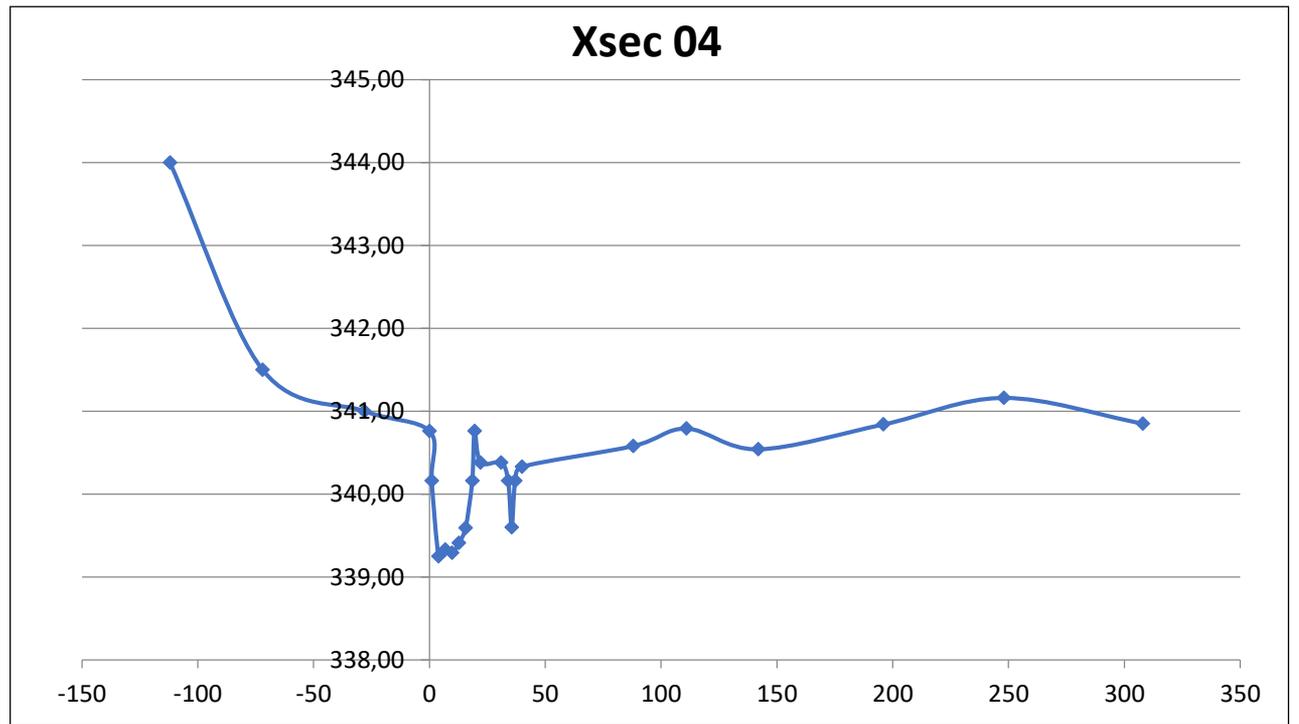
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 02 | -77,95 | 340,43 |
| | -35,36 | 339,73 |
| | 0 | 339,34 |
| | 1 | 338,90 |
| | 3,7 | 338,61 |
| | 6,5 | 338,29 |
| | 9,3 | 338,48 |
| | 12,1 | 338,56 |
| | 14,9 | 338,34 |
| | 17,7 | 338,33 |
| | 20,5 | 338,90 |
| | 21,5 | 339,34 |
| | 40 | 339,41 |
| | 87 | 339,60 |
| | 212 | 340,34 |
| 274 | 340,60 | |



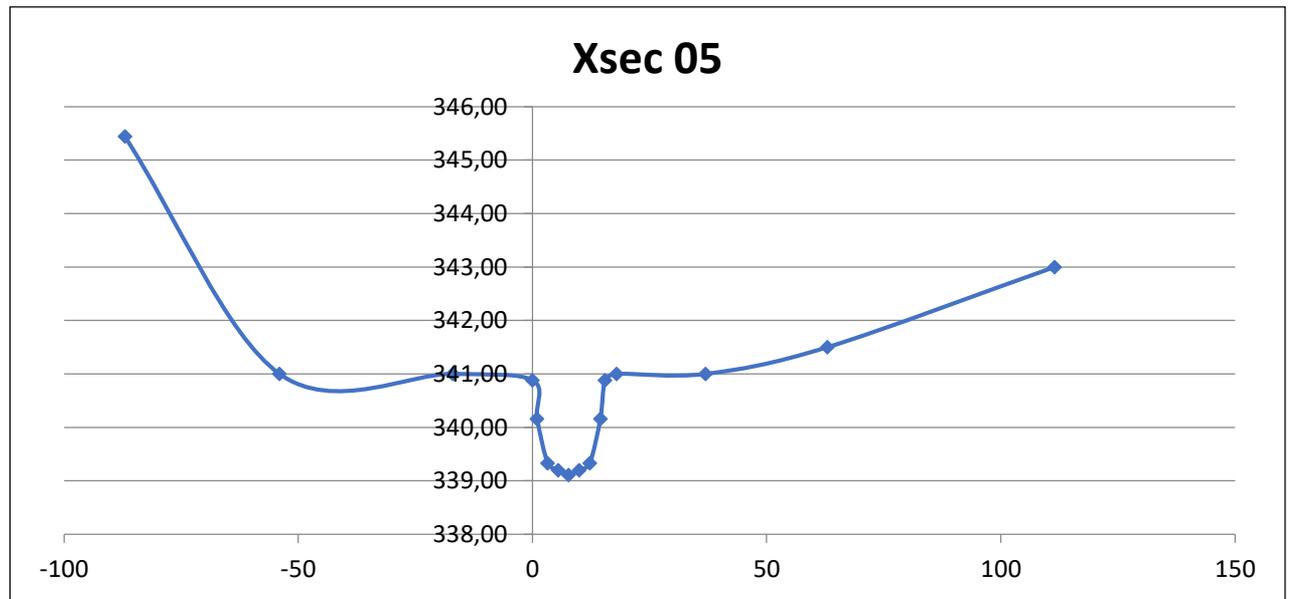
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 03 | -106 | 341,00 |
| | -38 | 340,65 |
| | -22 | 340,40 |
| | 0 | 340,40 |
| | 1 | 339,96 |
| | 3,5 | 339,19 |
| | 6 | 339,22 |
| | 8,5 | 339,40 |
| | 11 | 339,36 |
| | 13,5 | 339,39 |
| | 16 | 339,96 |
| | 17 | 340,40 |
| | 34 | 340,60 |
| | 75 | 340,67 |
| | 92 | 339,95 |
| 98 | 339,95 | |



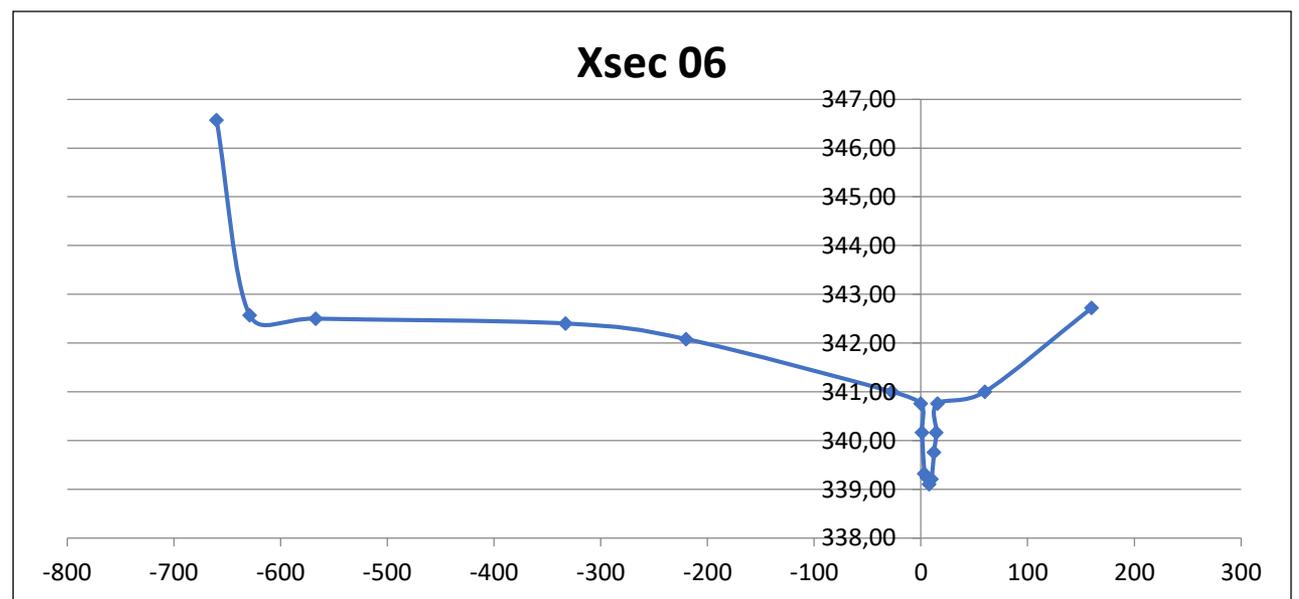
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 04 | -112 | 344,00 |
| | -72 | 341,50 |
| | -28 | 341,00 |
| | 0 | 340,76 |
| | 1 | 340,16 |
| | 4 | 339,25 |
| | 6,9 | 339,33 |
| | 9,8 | 339,29 |
| | 12,7 | 339,41 |
| | 15,6 | 339,59 |
| | 18,5 | 340,16 |
| | 19,5 | 340,76 |
| | 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 | |



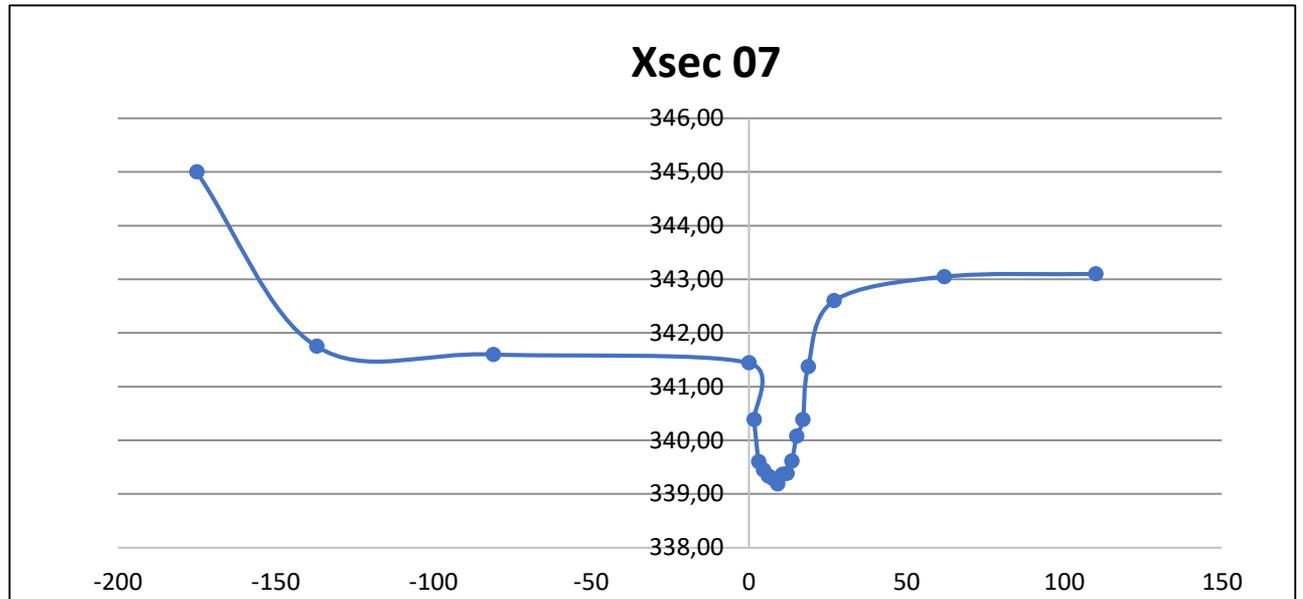
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 05 | -87 | 345,44 |
| | -54 | 341,00 |
| | -17 | 341,00 |
| | 0 | 340,88 |
| | 1 | 340,16 |
| | 3,25 | 339,33 |
| | 5,5 | 339,20 |
| | 7,75 | 339,11 |
| | 10 | 339,20 |
| | 12,25 | 339,33 |
| | 14,5 | 340,16 |
| | 15,5 | 340,88 |
| | 18 | 341,00 |
| | 37 | 341,00 |
| | 63 | 341,50 |
| 111,5 | 343,00 | |



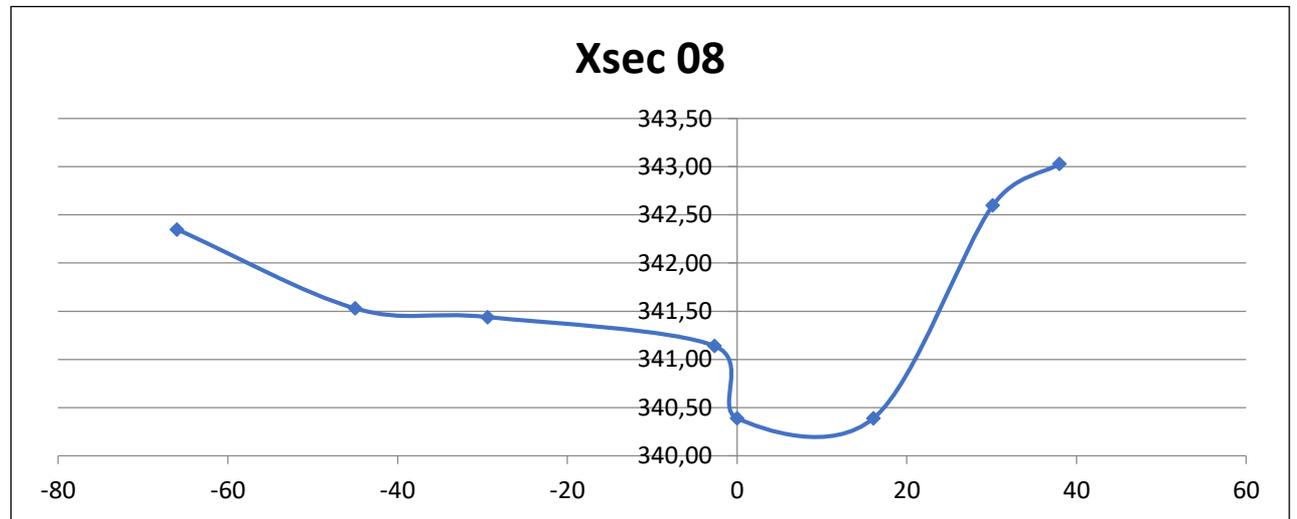
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 06 | -660 | 346,57 |
| | -629 | 342,57 |
| | -567 | 342,50 |
| | -333 | 342,40 |
| | -220 | 342,08 |
| | -27 | 341,00 |
| | 0 | 340,76 |
| | 1 | 340,16 |
| | 3,25 | 339,32 |
| | 5,5 | 339,24 |
| | 7,75 | 339,10 |
| | 10 | 339,21 |
| | 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 | |

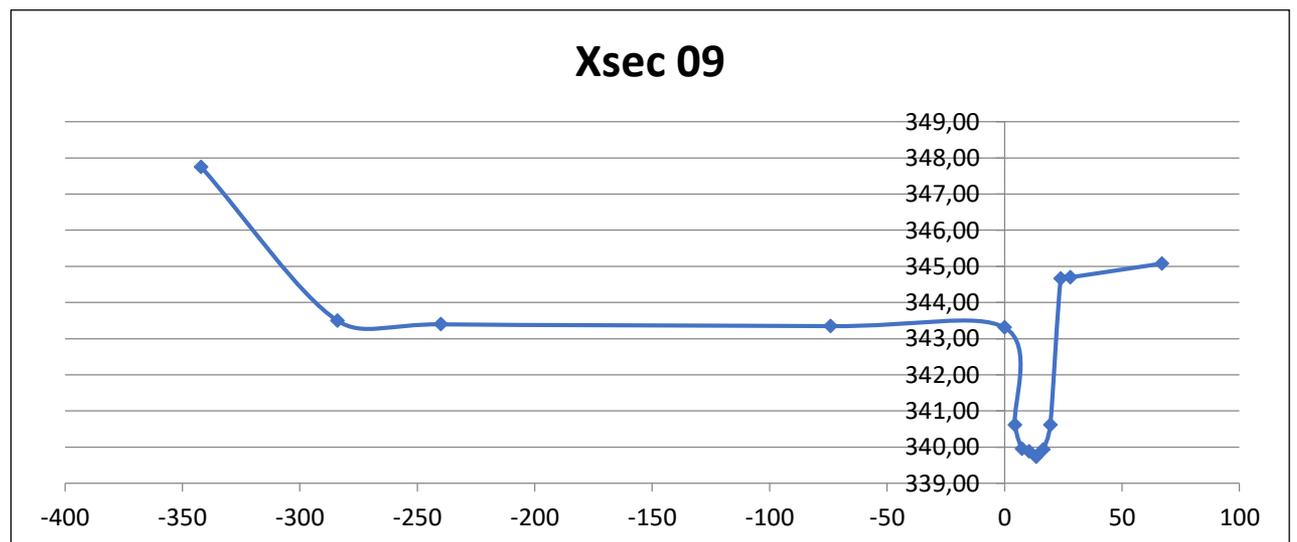


| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 08 | -66 | 342,35 |
| | -45 | 341,53 |
| | -29,38 | 341,44 |
| | -2,65 | 341,14 |
| | 0 | 340,39 |
| | 16,07 | 340,39 |
| | 30,13 | 342,60 |
| 38 | 343,03 | |

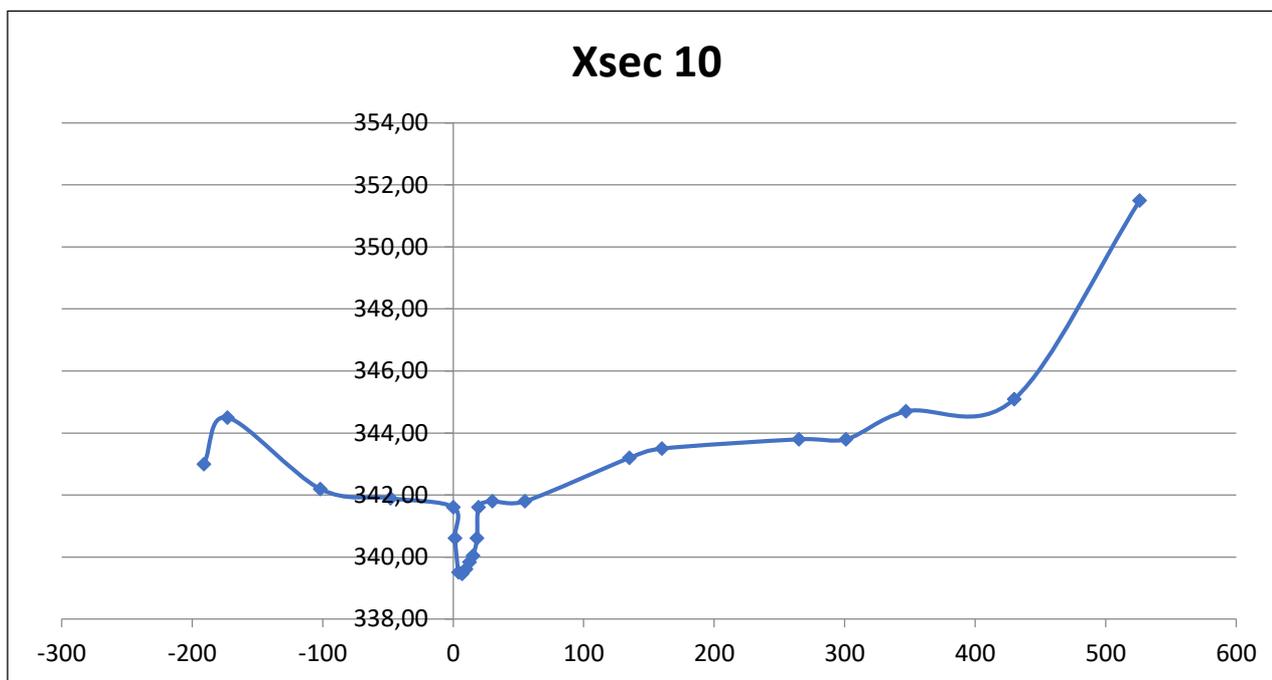


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

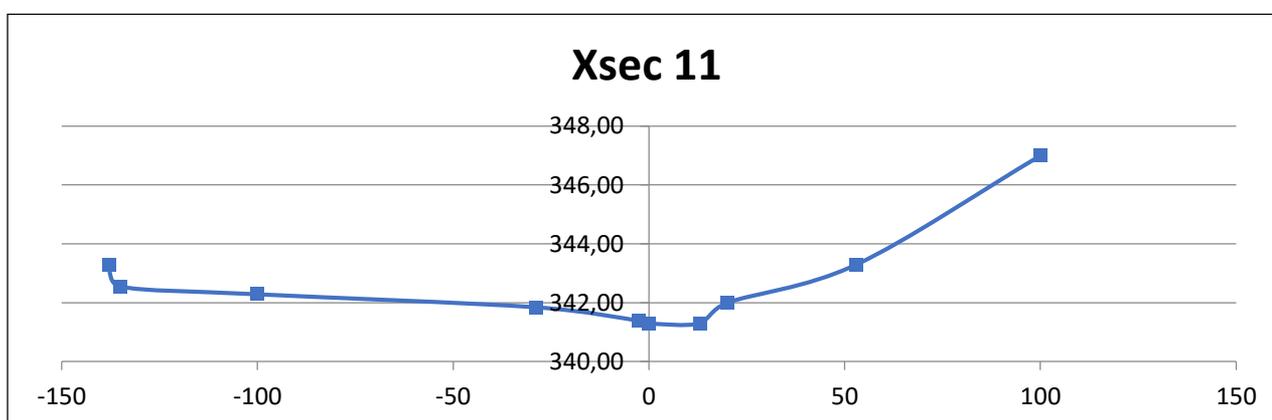
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 09 | -342 | 347,75 |
| | -284 | 343,50 |
| | -240 | 343,40 |
| | -74 | 343,35 |
| | 0 | 343,31 |
| | 4,5 | 340,61 |
| | 7,5 | 339,95 |
| | 10,5 | 339,88 |
| | 13,5 | 339,73 |
| | 16,5 | 339,93 |
| | 19,5 | 340,61 |
| | 24 | 344,66 |
| | 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 | |

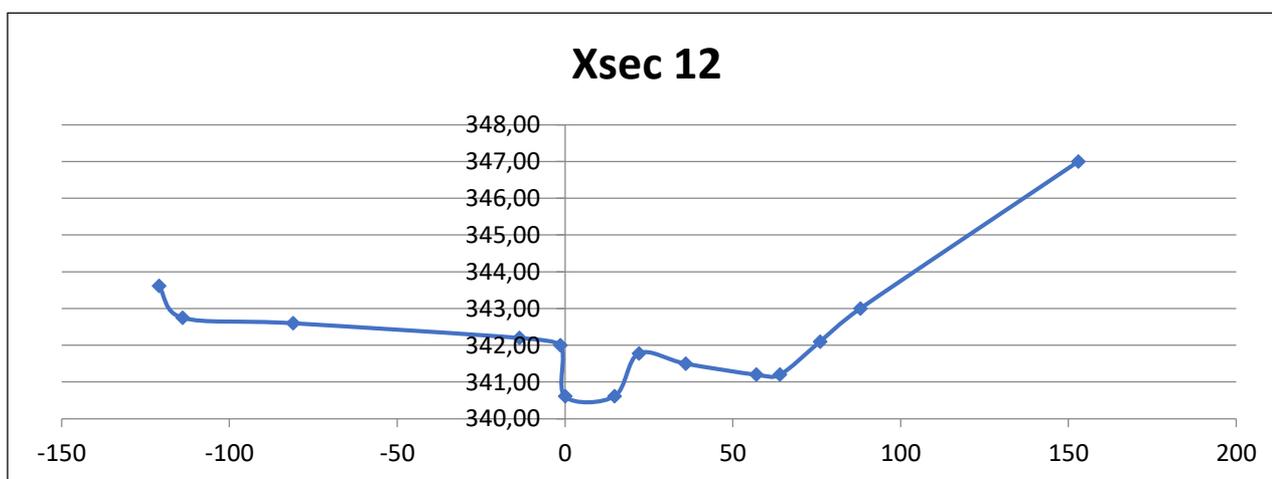


| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 11 | -138 | 343,27 |
| | -135 | 342,55 |
| | -100 | 342,29 |
| | -29 | 341,85 |
| | -2,5 | 341,39 |
| | 0 | 341,30 |
| | 13 | 341,30 |
| | 20 | 342,00 |
| | 53 | 343,30 |
| | 100 | 347,00 |



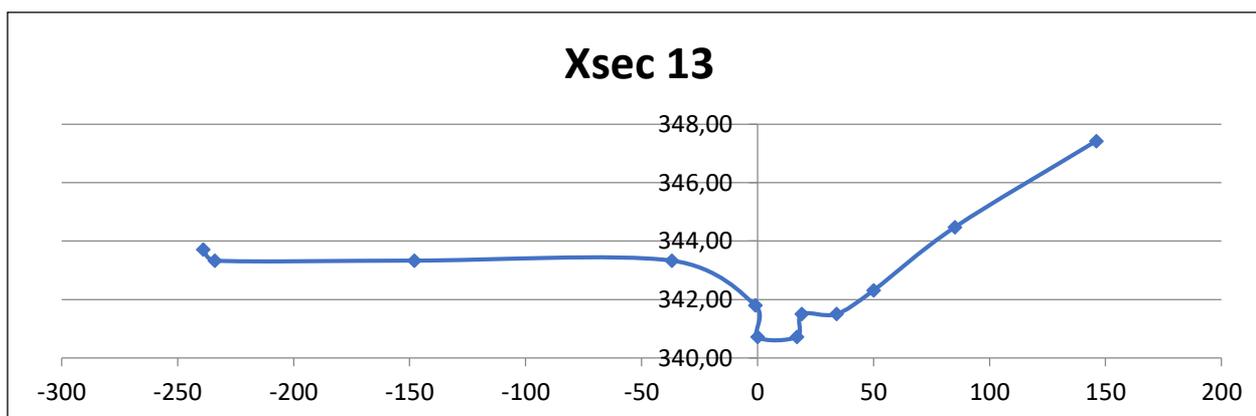
*Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.

| 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 |



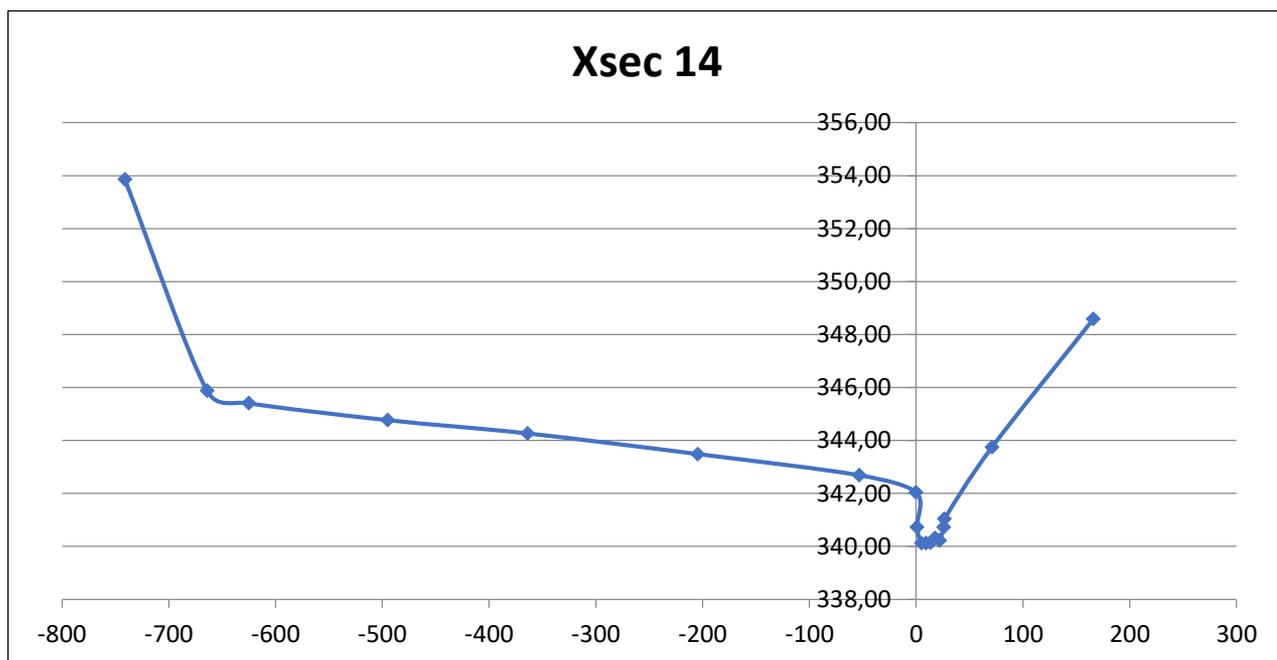
*Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.

| 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 |

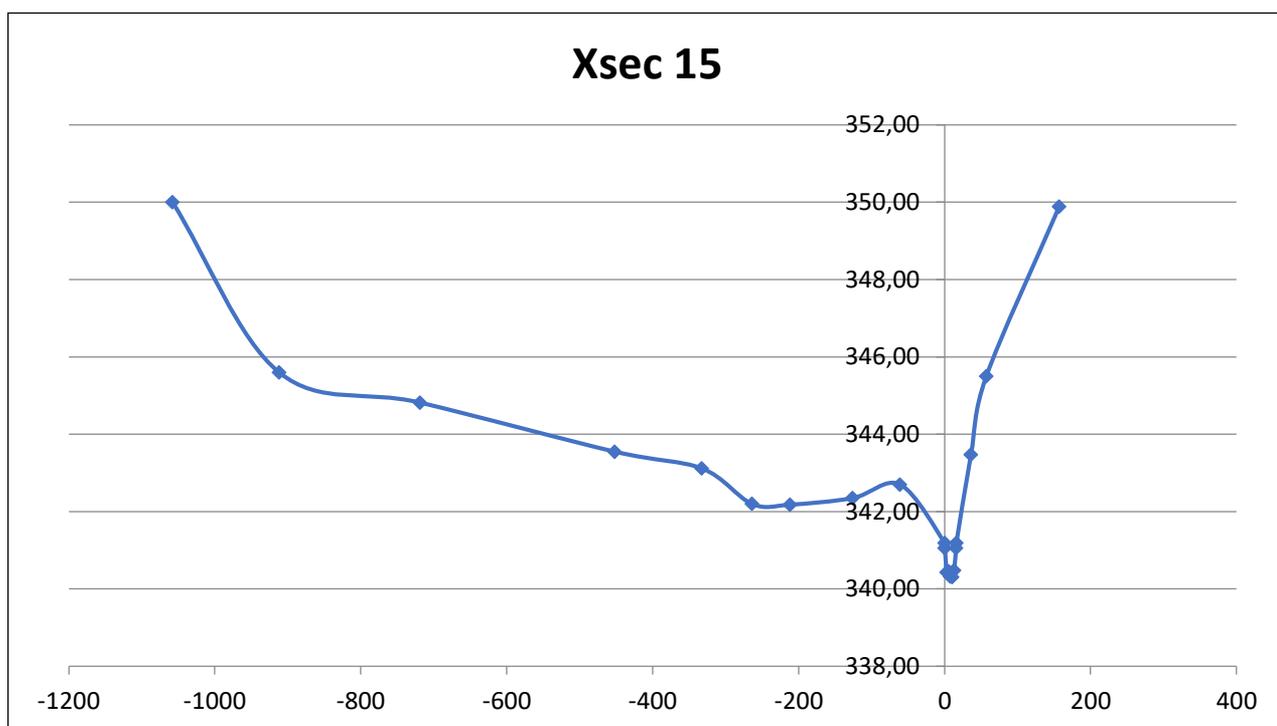


*Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.

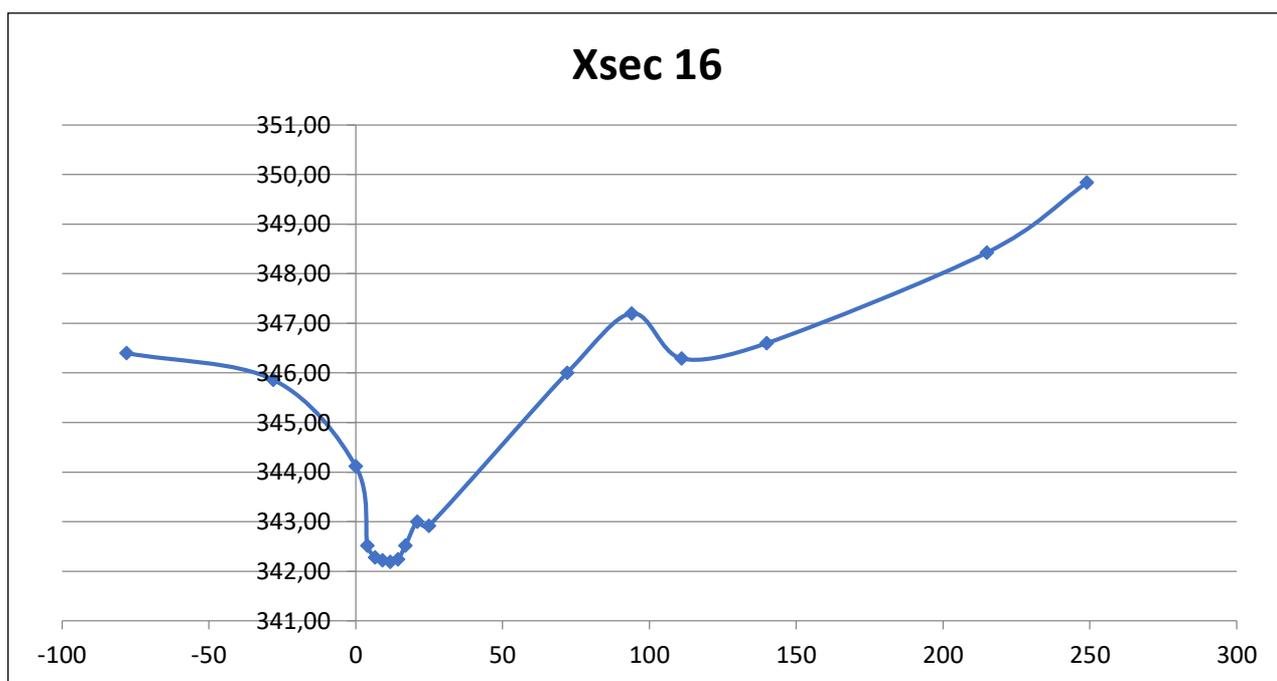
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 14 | -741 | 353,86 |
| | -664 | 345,88 |
| | -625 | 345,41 |
| | -495 | 344,77 |
| | -364 | 344,27 |
| | -204,66 | 343,49 |
| | -53,23 | 342,69 |
| | 0 | 342,04 |
| | 0,75 | 340,72 |
| | 4,95 | 340,12 |
| | 9,15 | 340,12 |
| | 13,35 | 340,14 |
| | 17,55 | 340,32 |
| | 21,75 | 340,22 |
| | 25,75 | 340,72 |
| | 26,5 | 341,04 |
| 71 | 343,75 | |
| 166 | 348,59 | |



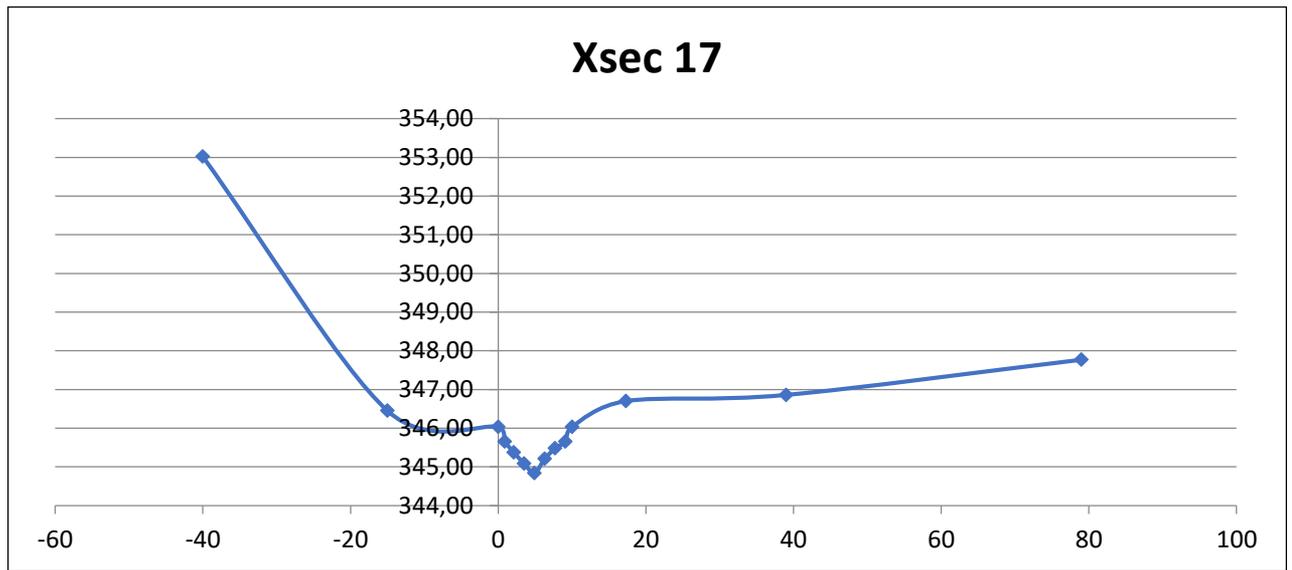
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 15 | -1058 | 350,00 |
| | -912 | 345,60 |
| | -719 | 344,82 |
| | -452 | 343,55 |
| | -333 | 343,12 |
| | -264 | 342,20 |
| | -212 | 342,18 |
| | -126 | 342,35 |
| | -61 | 342,70 |
| | 0 | 341,19 |
| | 0,3 | 341,06 |
| | 2,8 | 340,43 |
| | 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 | |



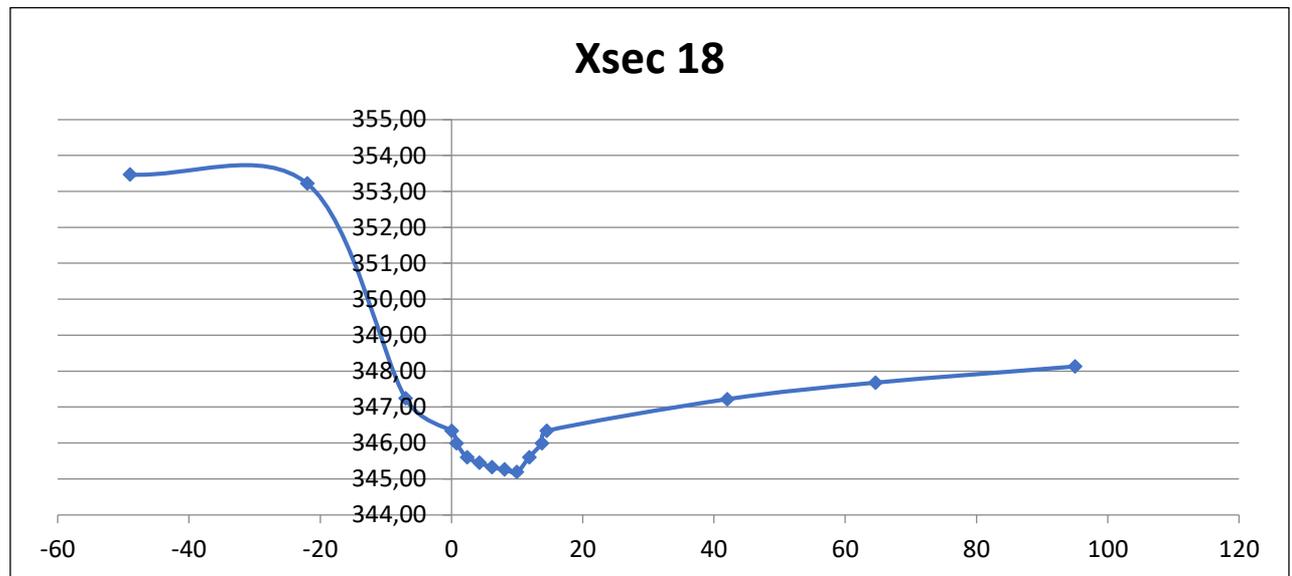
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 16 | -78 | 346,40 |
| | -28 | 345,86 |
| | 0 | 344,12 |
| | 4 | 342,52 |
| | 6,6 | 342,28 |
| | 9,2 | 342,22 |
| | 11,8 | 342,19 |
| | 14,4 | 342,24 |
| | 17 | 342,52 |
| | 21 | 343,00 |
| | 25 | 342,92 |
| | 72 | 346,00 |
| | 94 | 347,20 |
| | 111 | 346,29 |
| | 140 | 346,60 |
| 215 | 348,43 | |
| 249 | 349,84 | |



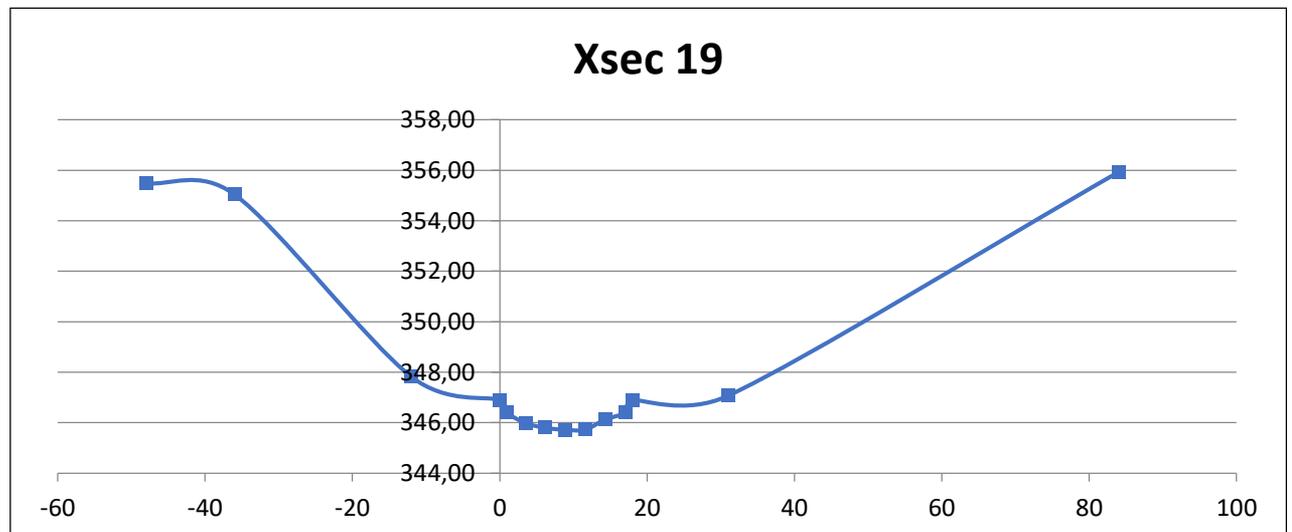
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 17 | -40 | 353,02 |
| | -15 | 346,45 |
| | 0 | 346,04 |
| | 0,9 | 345,66 |
| | 2,1 | 345,38 |
| | 3,5 | 345,09 |
| | 4,9 | 344,84 |
| | 6,3 | 345,21 |
| | 7,7 | 345,48 |
| | 9,1 | 345,66 |
| | 10 | 346,04 |
| | 17,3 | 346,70 |
| | 39 | 346,86 |
| | 79 | 347,77 |



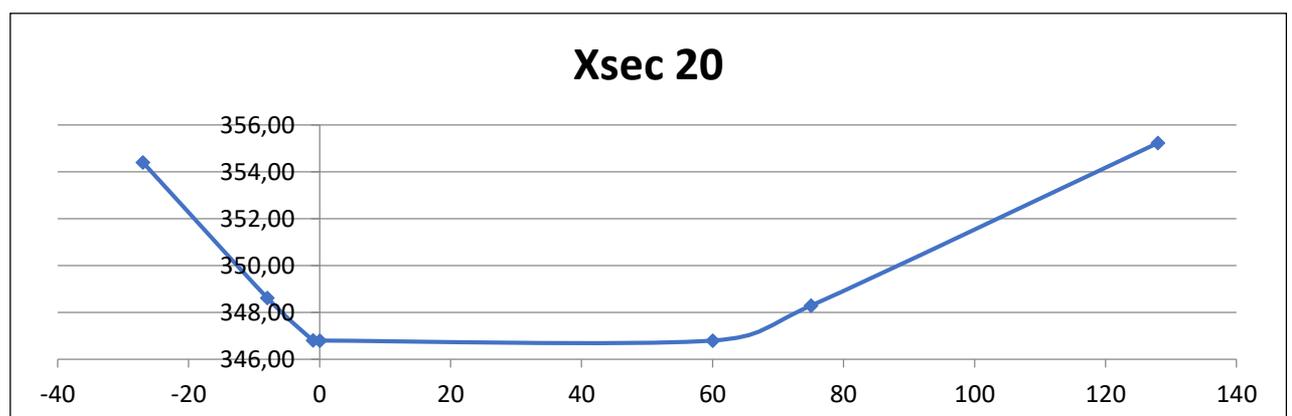
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 18 | -49 | 353,47 |
| | -22 | 353,22 |
| | -7 | 347,24 |
| | 0 | 346,34 |
| | 0,75 | 345,99 |
| | 2,35 | 345,60 |
| | 4,25 | 345,45 |
| | 6,15 | 345,32 |
| | 8,05 | 345,26 |
| | 9,95 | 345,19 |
| | 11,85 | 345,60 |
| | 13,75 | 345,99 |
| | 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 |

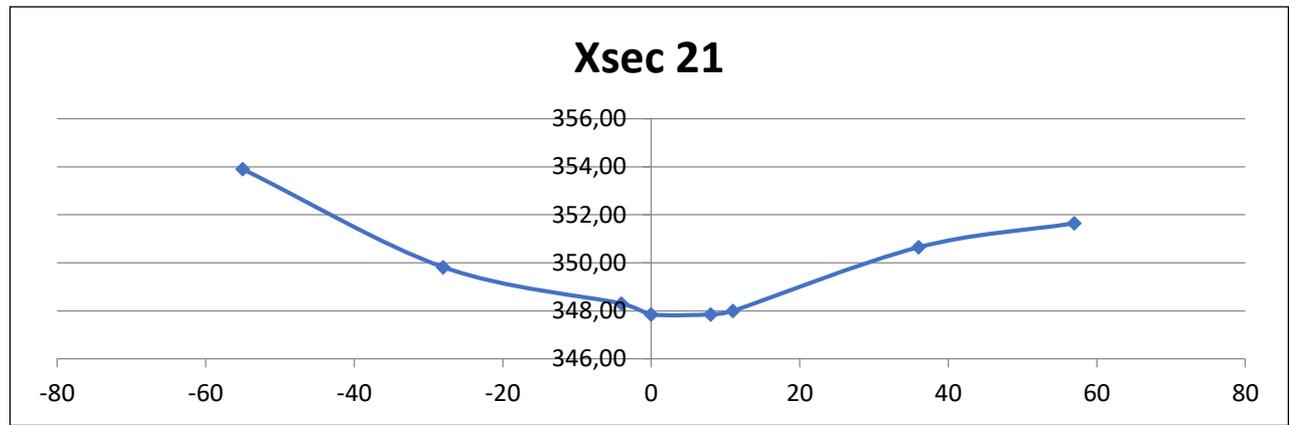


| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 20 | -27 | 354,40 |
| | -8 | 348,61 |
| | -1 | 346,80 |
| | 0 | 346,79 |
| | 60 | 346,79 |
| | 75 | 348,28 |
| | 128 | 355,23 |



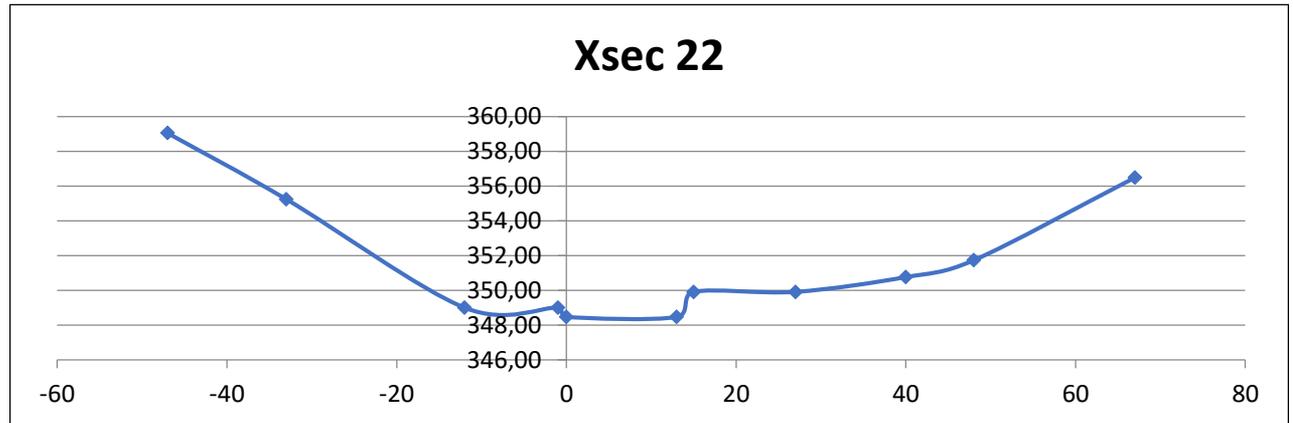
*Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.

| 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 | |



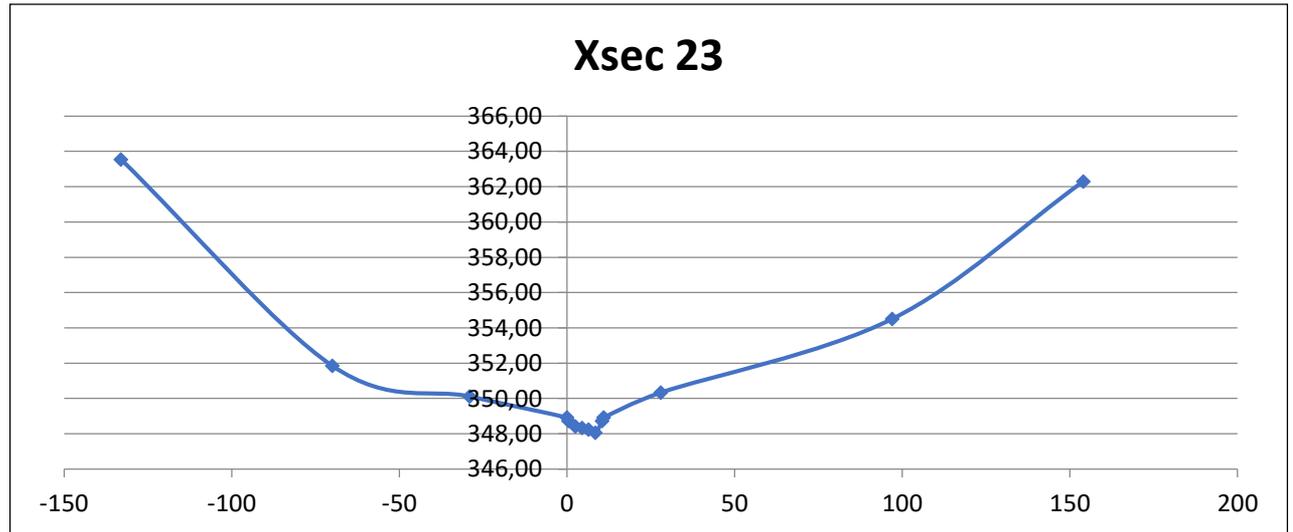
*Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.

| 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 | |

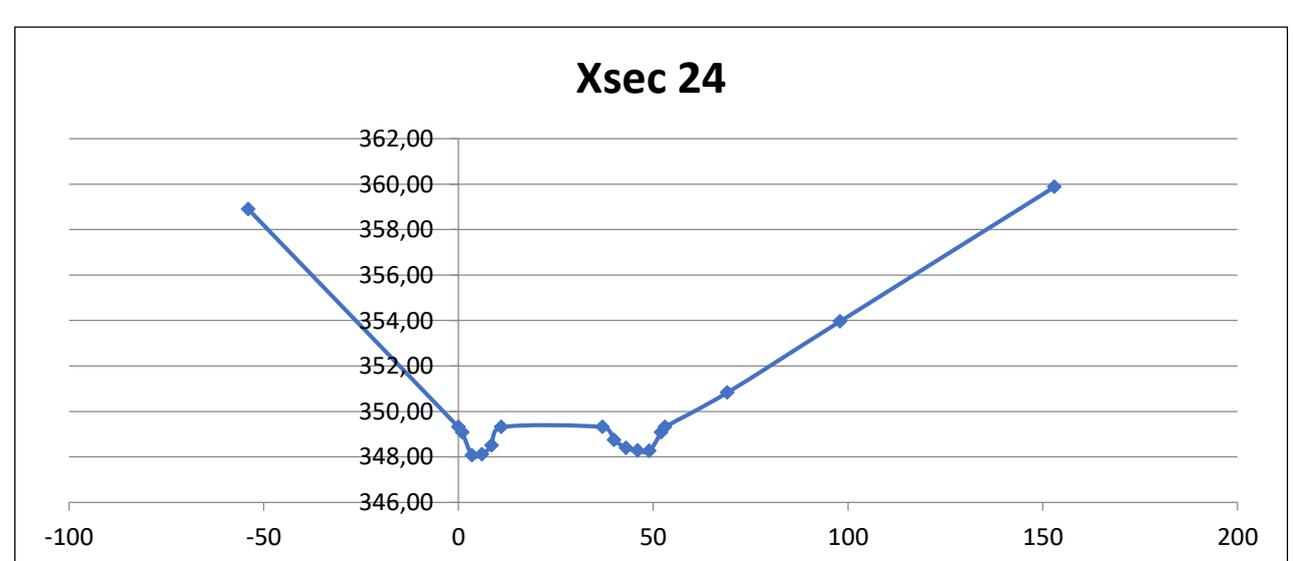


*Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.

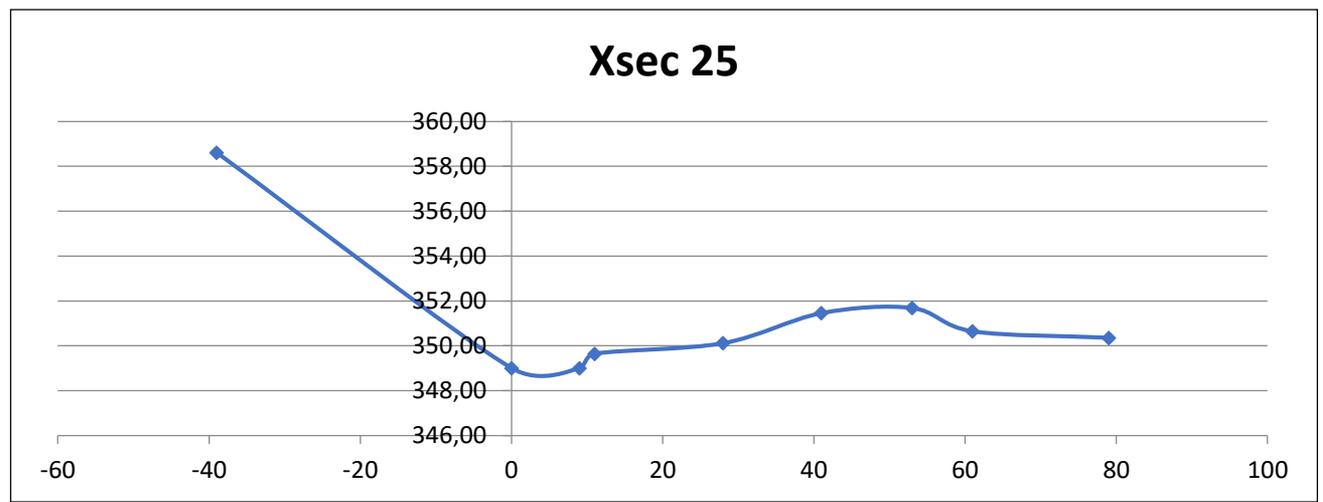
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 23 | -133 | 363,54 |
| | -70 | 351,85 |
| | -29 | 350,11 |
| | 0 | 348,91 |
| | 0,5 | 348,71 |
| | 2,5 | 348,41 |
| | 4,5 | 348,33 |
| | 6,5 | 348,23 |
| | 8,5 | 348,05 |
| | 10,5 | 348,71 |
| | 11 | 348,91 |
| | 28 | 350,33 |
| 97 | 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 | |

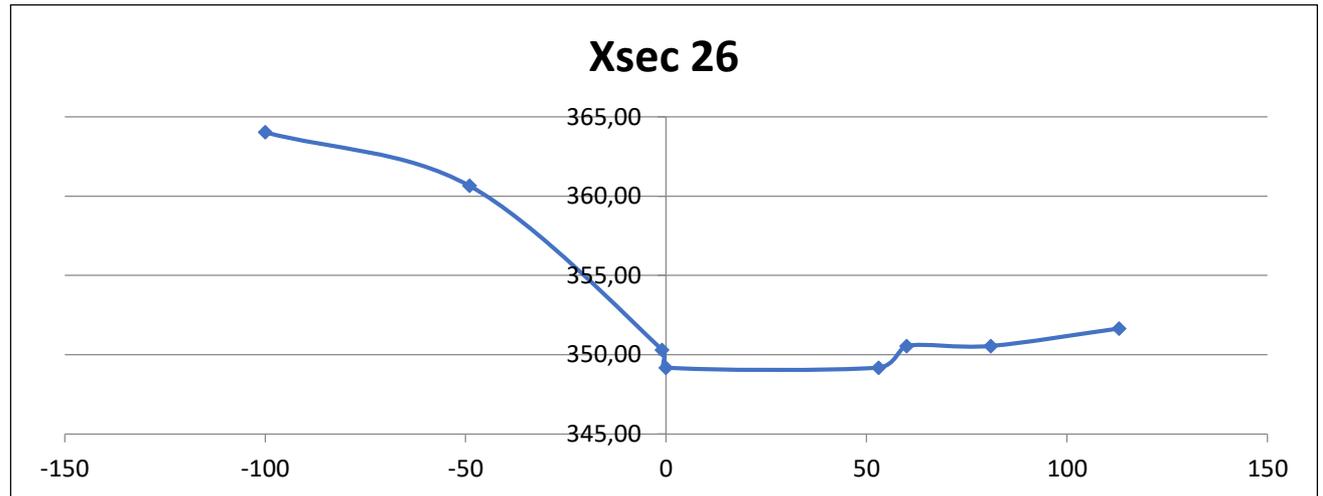


| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 25 | -39 | 358,61 |
| | 0 | 349,00 |
| | 9 | 349,00 |
| | 11 | 349,64 |
| | 28 | 350,11 |
| | 41 | 351,45 |
| | 53 | 351,68 |
| | 61 | 350,64 |
| | 79 | 350,35 |



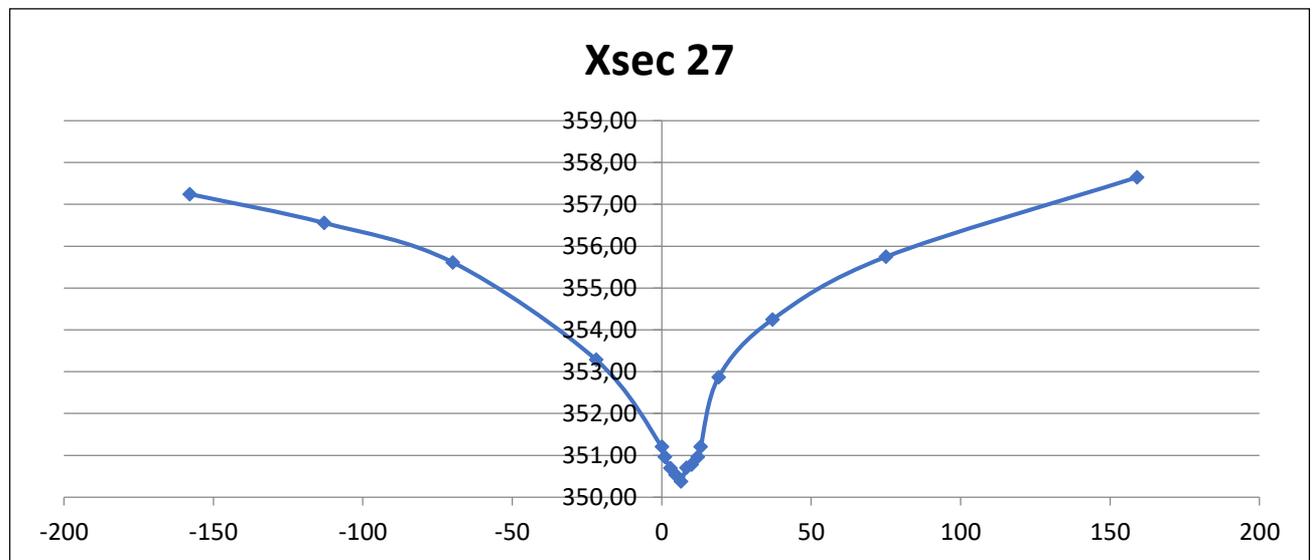
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

| 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 |

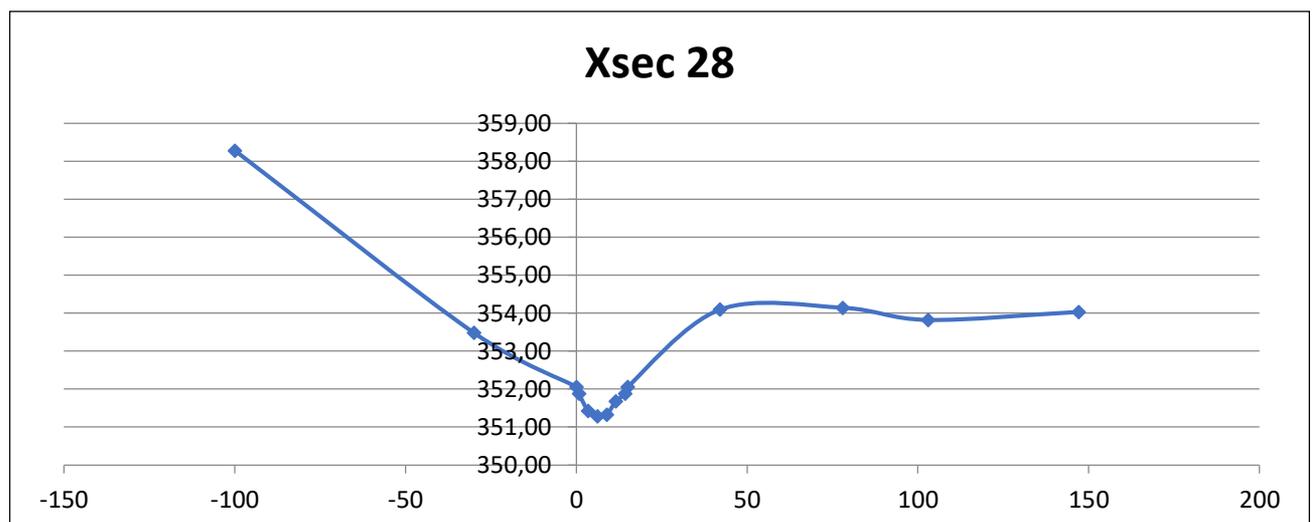


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

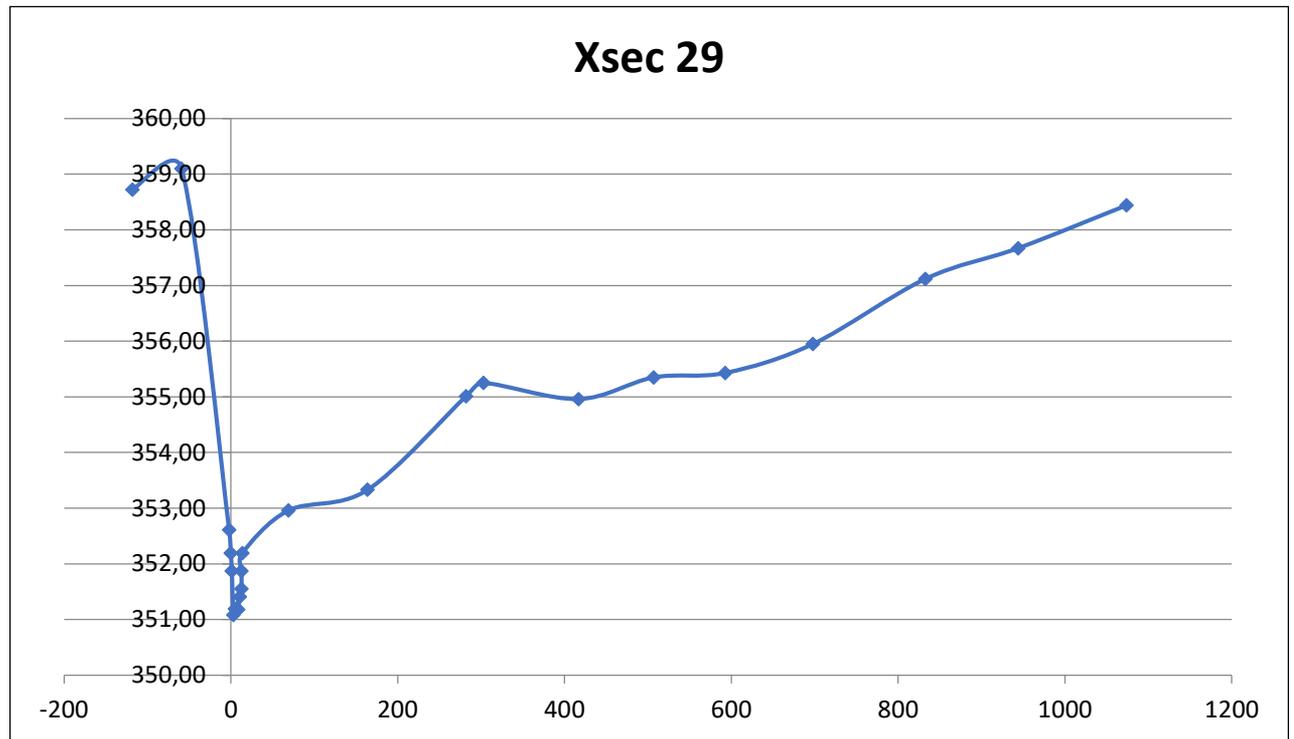
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 27 | -158 | 357,25 |
| | -113 | 356,56 |
| | -70 | 355,62 |
| | -22 | 353,29 |
| | 0 | 351,21 |
| | 1 | 350,97 |
| | 2,8 | 350,70 |
| | 4,6 | 350,54 |
| | 6,4 | 350,38 |
| | 8,2 | 350,71 |
| | 10 | 350,79 |
| | 12 | 350,97 |
| | 13 | 351,21 |
| | 19 | 352,87 |
| | 37 | 354,25 |
| | 75 | 355,75 |
| | 159 | 357,65 |



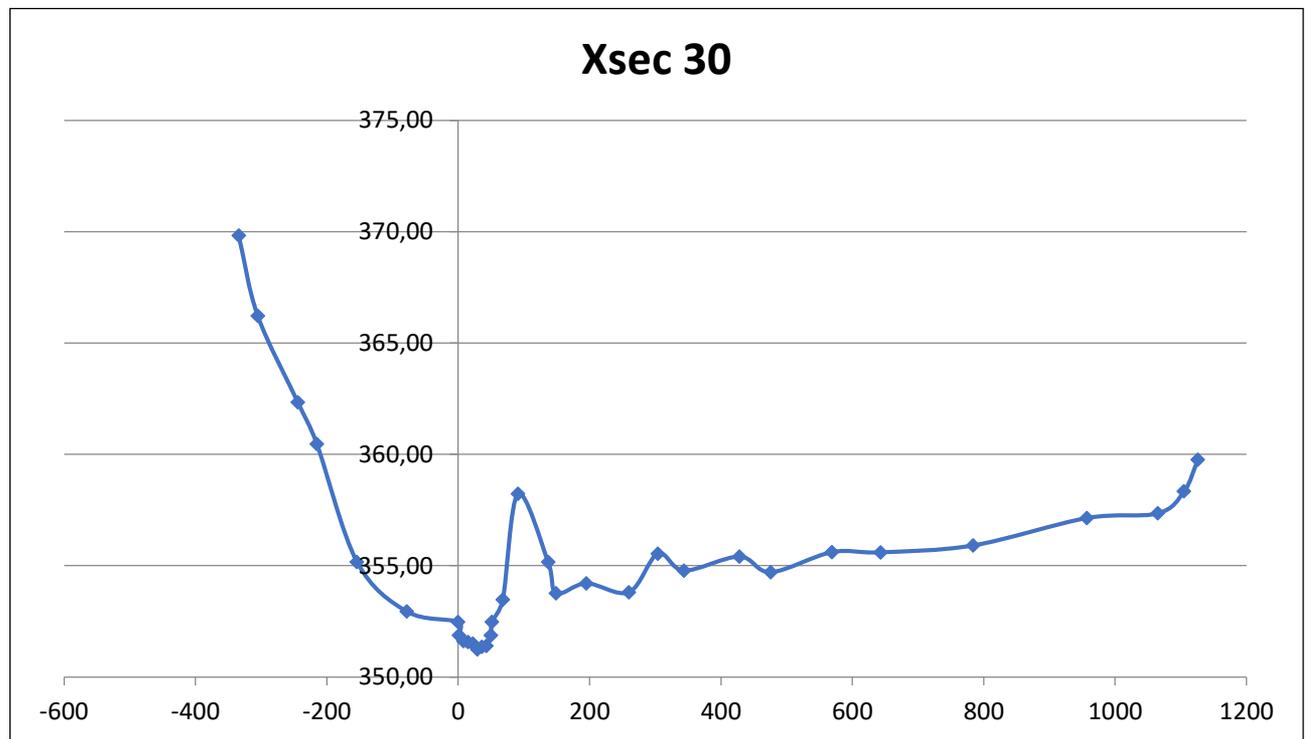
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 28 | -100 | 358,28 |
| | -30 | 353,48 |
| | 0 | 352,05 |
| | 0,75 | 351,87 |
| | 3,45 | 351,42 |
| | 6,15 | 351,28 |
| | 8,85 | 351,32 |
| | 11,55 | 351,67 |
| | 14,25 | 351,87 |
| | 15 | 352,05 |
| | 42 | 354,09 |
| | 78 | 354,14 |
| | 103 | 353,82 |
| | 147 | 354,03 |



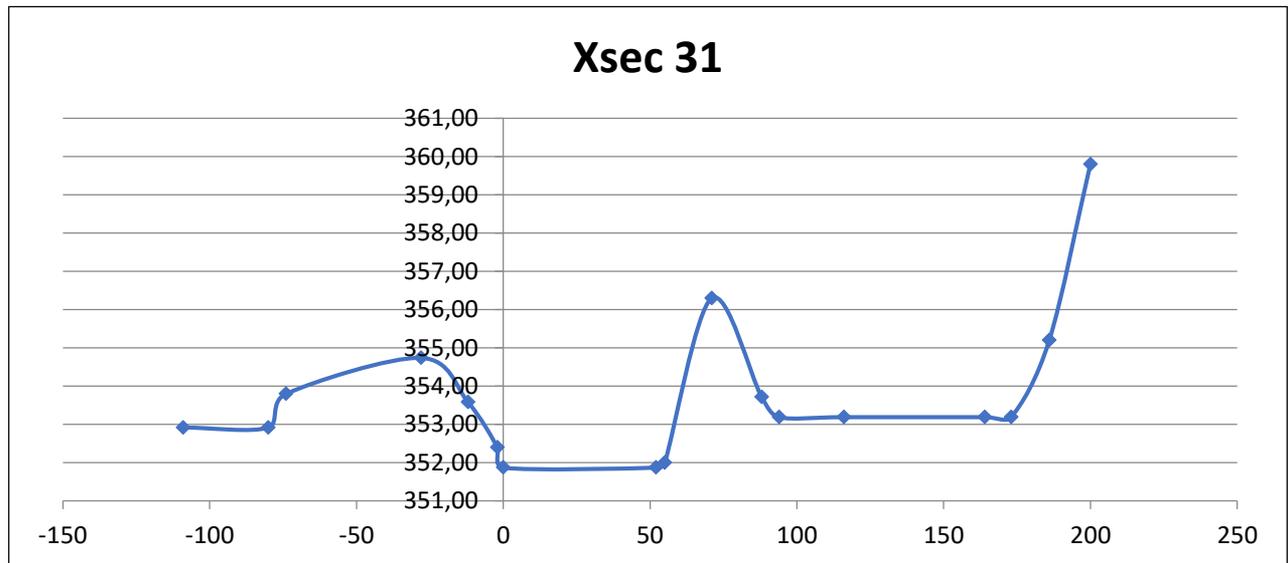
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 29 | -118 | 358,72 |
| | -59 | 359,10 |
| | -2 | 352,61 |
| | 0 | 352,20 |
| | 1,25 | 351,87 |
| | 3,15 | 351,08 |
| | 5,05 | 351,19 |
| | 6,95 | 351,20 |
| | 8,85 | 351,18 |
| | 10,75 | 351,41 |
| | 12,85 | 351,55 |
| | 12,85 | 351,87 |
| | 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 | |

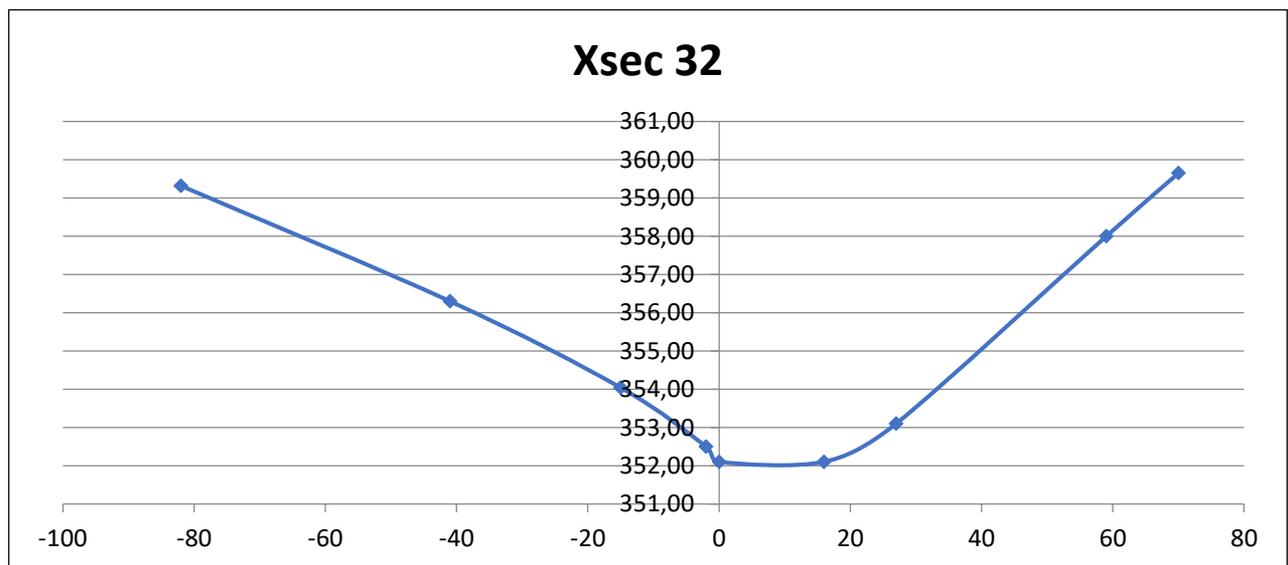


| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 31 | -109 | 352,92 |
| | -80 | 352,92 |
| | -74 | 353,80 |
| | -28 | 354,74 |
| | -12 | 353,58 |
| | -2 | 352,40 |
| | 0 | 351,87 |
| | 52 | 351,87 |
| | 55 | 352,00 |
| | 71 | 356,30 |
| | 88 | 353,72 |
| | 94 | 353,19 |
| | 116 | 353,19 |
| | 164 | 353,19 |
| | 173 | 353,19 |
| 186 | 355,20 | |
| 200 | 359,80 | |



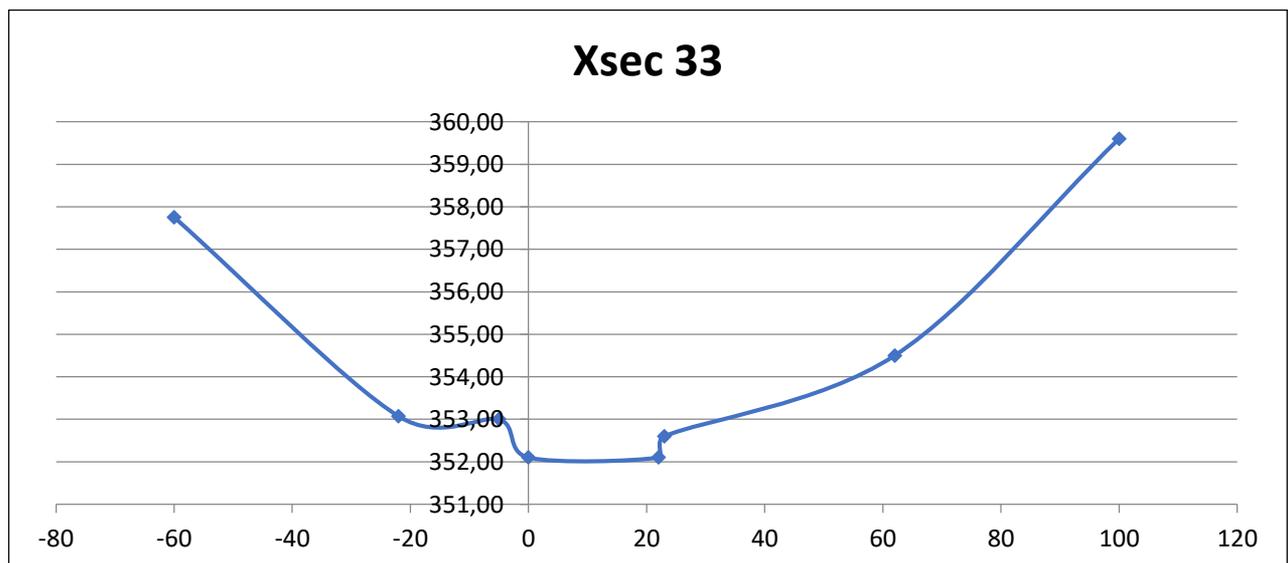
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

| 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 | |



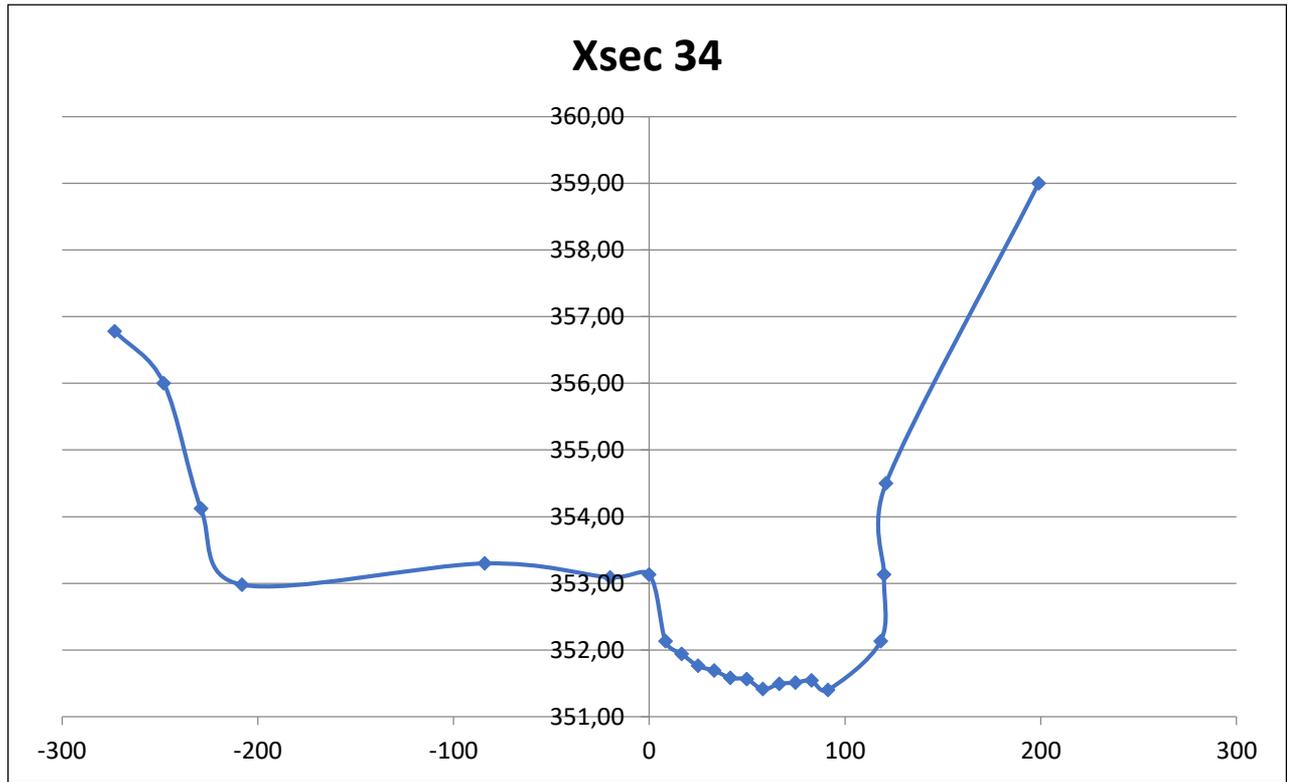
**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

| 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 |

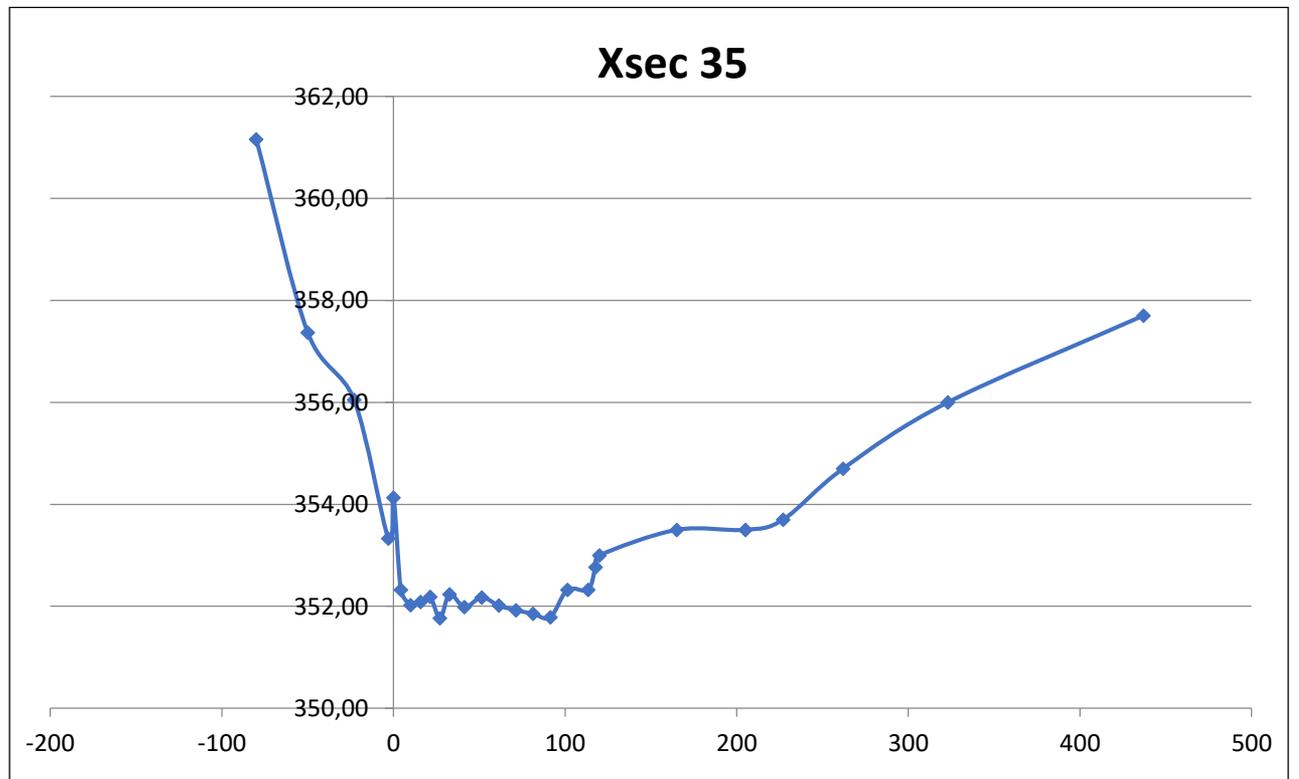


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

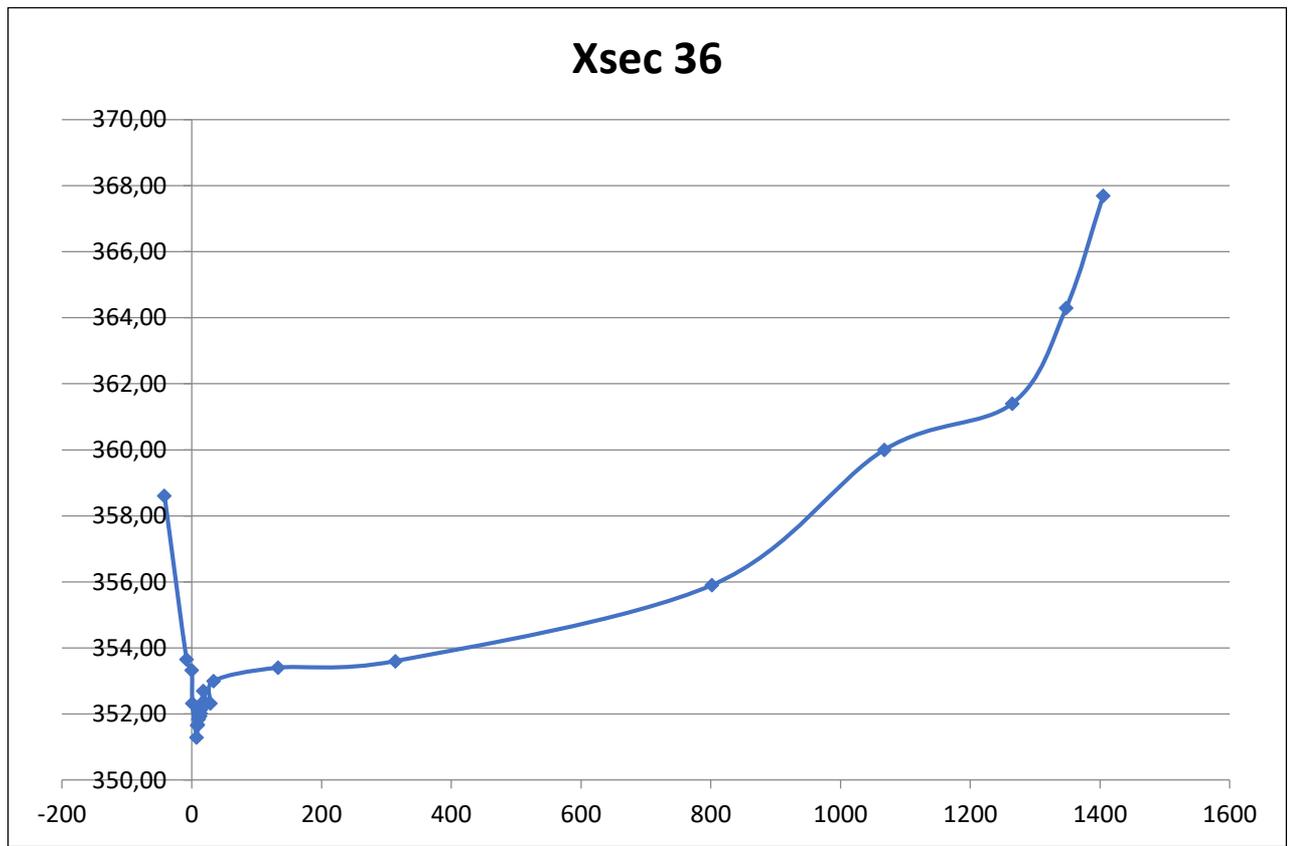
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 34 | -273 | 356,78 |
| | -248 | 356,00 |
| | -229 | 354,12 |
| | -208 | 352,98 |
| | -84 | 353,30 |
| | -20 | 353,09 |
| | 0 | 353,13 |
| | 8,3 | 352,13 |
| | 16,6 | 351,94 |
| | 24,9 | 351,76 |
| | 33,2 | 351,69 |
| | 41,5 | 351,58 |
| | 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 | |



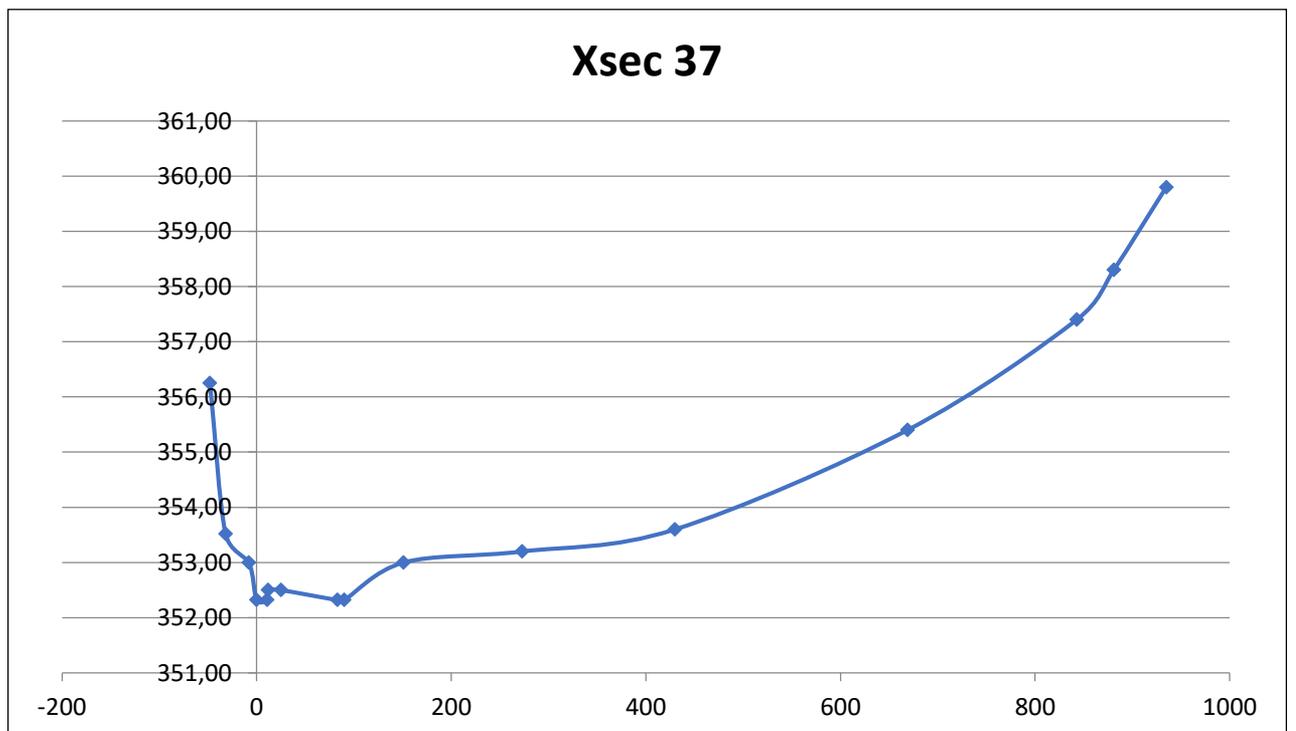
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 35 | -80 | 361,16 |
| | -50 | 357,37 |
| | -23 | 356,05 |
| | -3 | 353,33 |
| | 0 | 354,13 |
| | 4,3 | 352,32 |
| | 10 | 352,02 |
| | 15,7 | 352,08 |
| | 21,4 | 352,18 |
| | 27,1 | 351,76 |
| | 32,7 | 352,24 |
| | 41,37 | 351,98 |
| | 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 | |

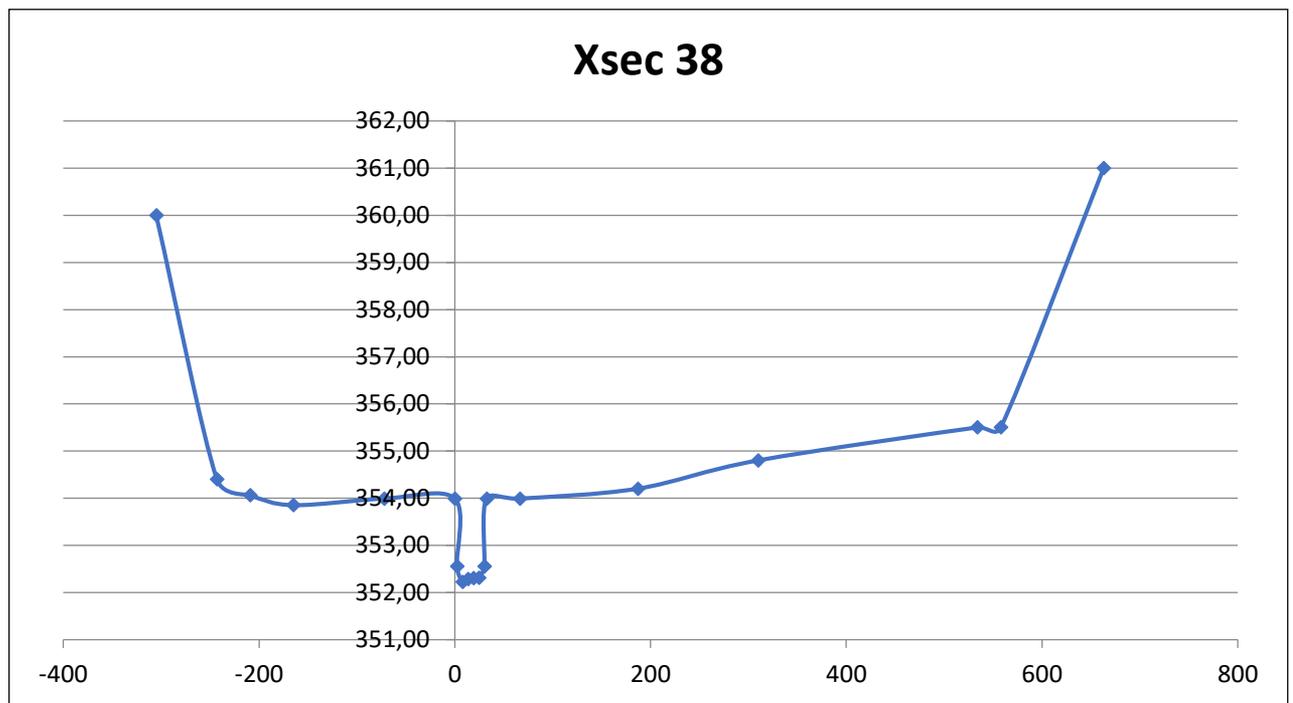


| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 37 | -48 | 356,25 |
| | -32 | 353,52 |
| | -8 | 353,00 |
| | 0 | 352,32 |
| | 11 | 352,32 |
| | 12 | 352,50 |
| | 25 | 352,50 |
| | 83 | 352,32 |
| | 90 | 352,32 |
| | 151 | 353,00 |
| | 273 | 353,20 |
| | 430 | 353,60 |
| | 669 | 355,40 |
| | 843 | 357,40 |
| | 881 | 358,30 |
| 935 | 359,80 | |

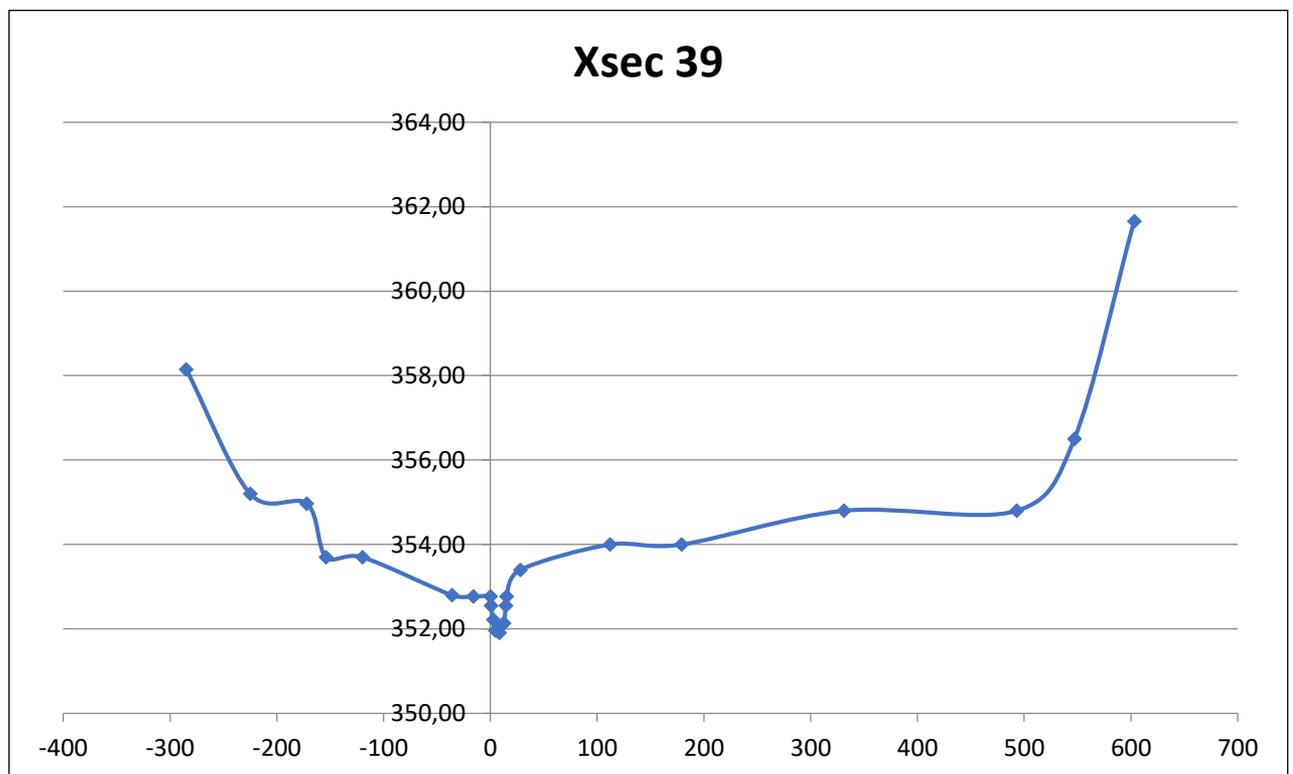


**Valeurs entièrement obtenues par photo-interprétation parce que la profondeur d'eau était supérieure à 1,7m. Cette profondeur n'est pas représentée sur le profil.*

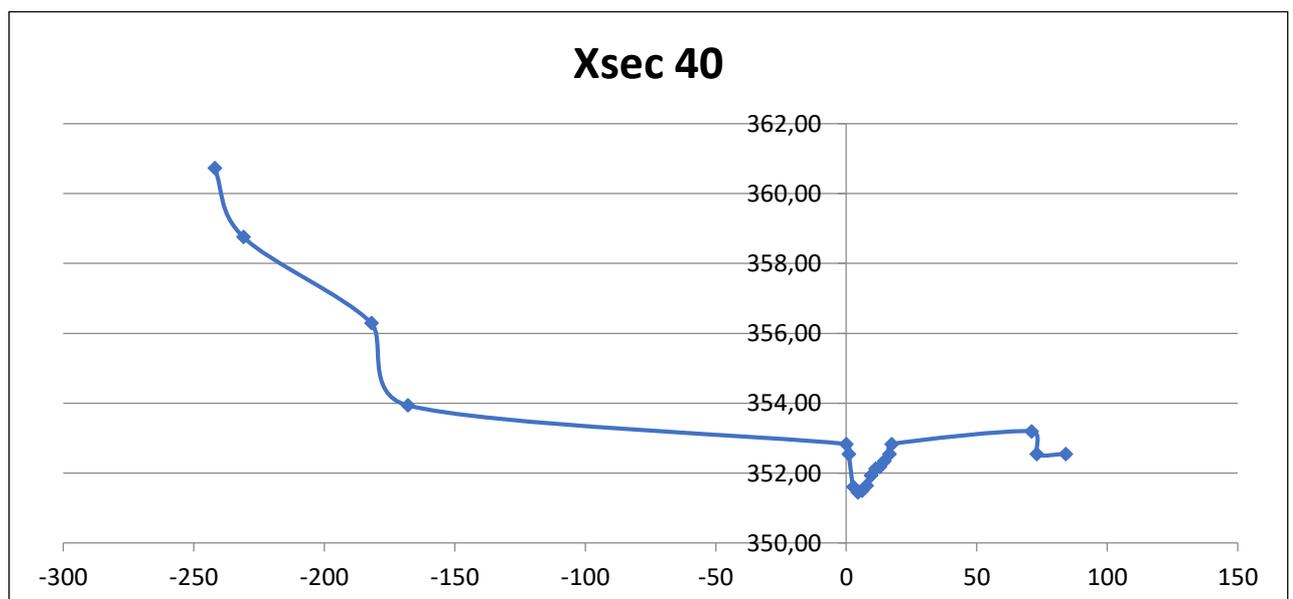
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 38 | -305 | 360,00 |
| | -243 | 354,40 |
| | -209 | 354,06 |
| | -165 | 353,85 |
| | -72 | 353,99 |
| | 0 | 353,99 |
| | 2,25 | 352,55 |
| | 7,85 | 352,22 |
| | 13,45 | 352,28 |
| | 19,05 | 352,30 |
| | 24,65 | 352,31 |
| | 30,25 | 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 | |



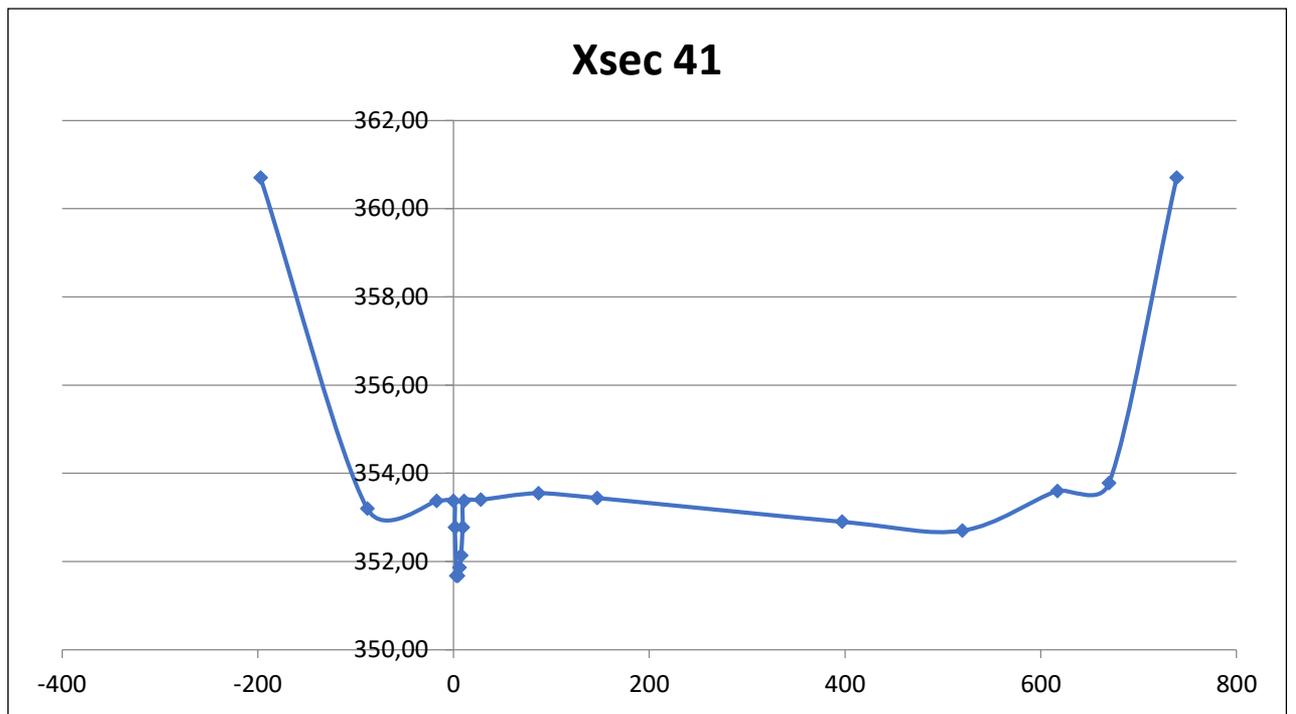
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 39 | -285 | 358,15 |
| | -225 | 355,20 |
| | -172 | 354,97 |
| | -154 | 353,70 |
| | -120 | 353,70 |
| | -36 | 352,80 |
| | -16 | 352,77 |
| | 0 | 352,77 |
| | 0,5 | 352,55 |
| | 2,5 | 352,22 |
| | 4,5 | 351,96 |
| | 6,5 | 351,95 |
| | 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 | |



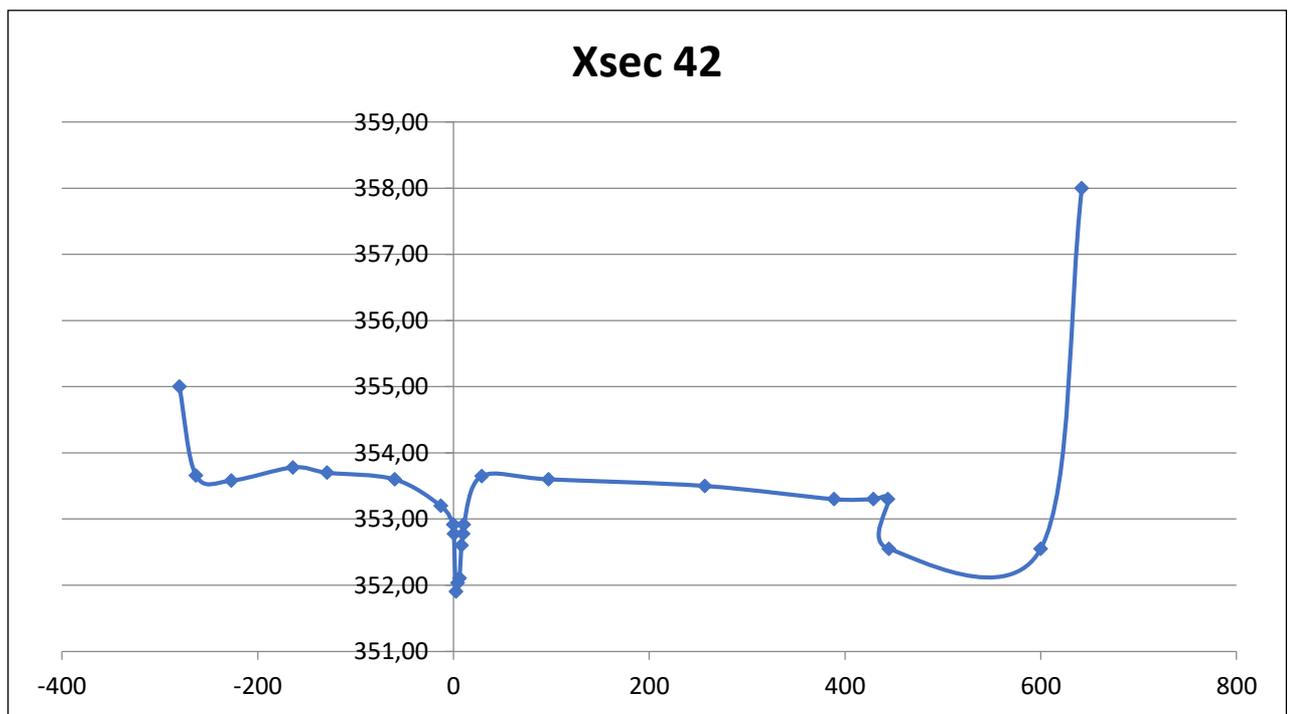
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 40 | -242 | 360,73 |
| | -231 | 358,76 |
| | -182 | 356,30 |
| | -168 | 353,94 |
| | 0 | 352,83 |
| | 0,95 | 352,55 |
| | 2,65 | 351,61 |
| | 4,35 | 351,45 |
| | 6,05 | 351,50 |
| | 7,75 | 351,65 |
| | 9,45 | 351,94 |
| | 11,15 | 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 | |



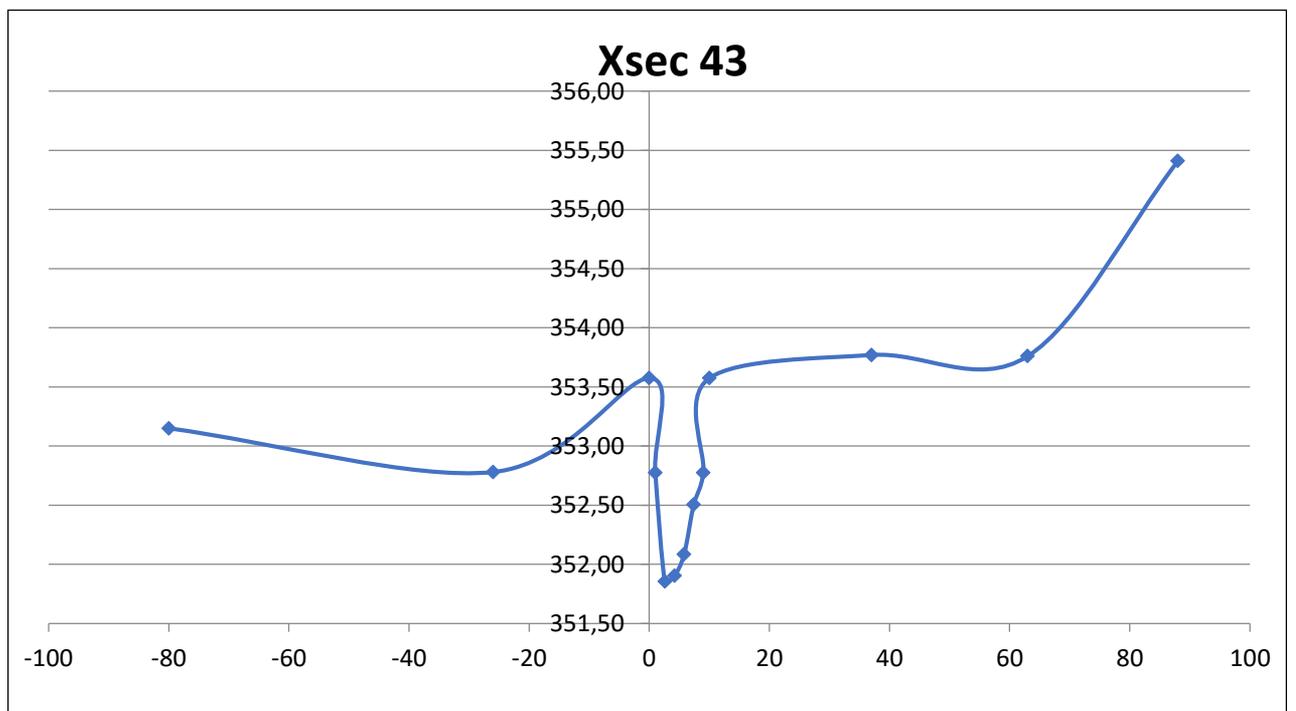
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 41 | -197 | 360,70 |
| | -88 | 353,20 |
| | -17 | 353,37 |
| | 0 | 353,37 |
| | 1,5 | 352,77 |
| | 3,1 | 351,67 |
| | 4,7 | 351,67 |
| | 6,3 | 351,86 |
| | 7,9 | 352,13 |
| | 9,5 | 352,77 |
| | 11 | 353,37 |
| | 28 | 353,40 |
| | 87 | 353,55 |
| | 147 | 353,44 |
| | 397 | 352,90 |
| | 520 | 352,70 |
| 617 | 353,60 | |
| 670 | 353,78 | |
| 739 | 360,70 | |



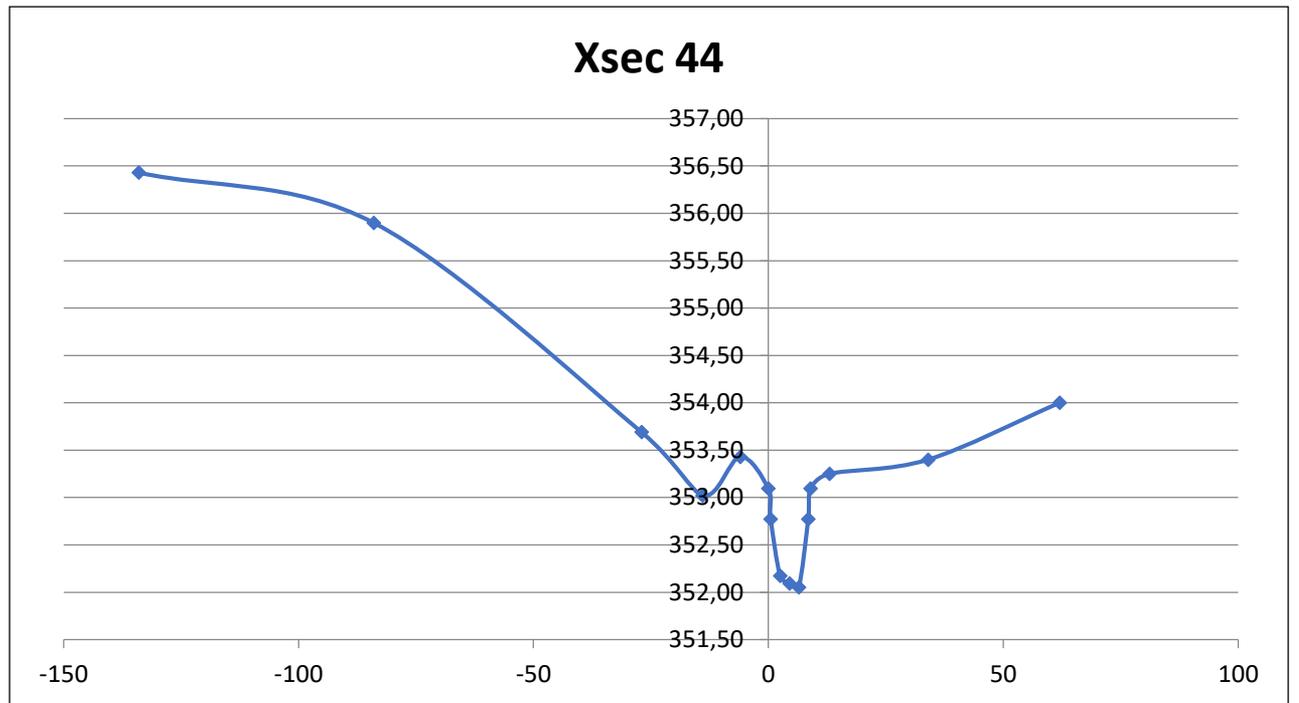
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 42 | -280 | 355,00 |
| | -263 | 353,66 |
| | -227 | 353,58 |
| | -164 | 353,78 |
| | -129 | 353,70 |
| | -60 | 353,60 |
| | -13 | 353,20 |
| | 0 | 352,92 |
| | 0,55 | 352,77 |
| | 2,45 | 351,90 |
| | 4,35 | 352,03 |
| | 6,25 | 352,10 |
| | 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 | |



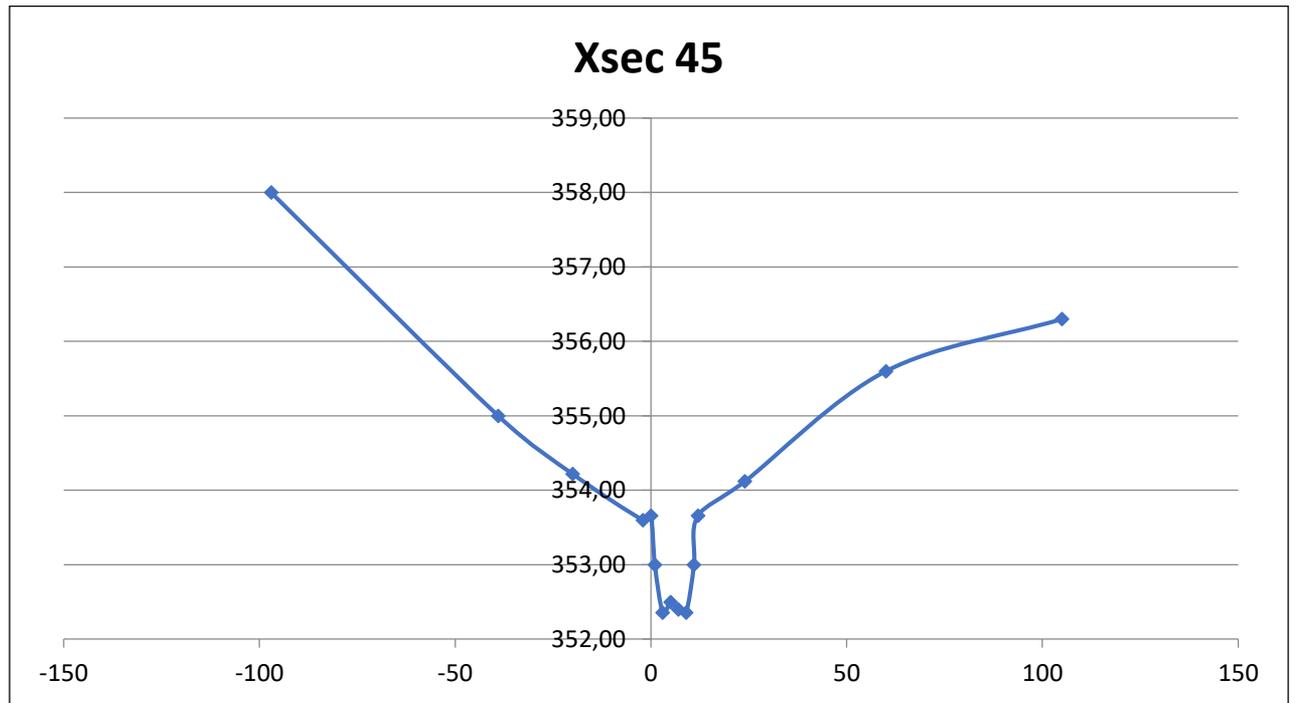
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 43 | -80 | 353,15 |
| | -26 | 352,78 |
| | 0 | 353,57 |
| | 1 | 352,77 |
| | 2,6 | 351,85 |
| | 4,2 | 351,90 |
| | 5,8 | 352,08 |
| | 7,4 | 352,50 |
| | 9 | 352,77 |
| | 10 | 353,57 |
| | 37 | 353,77 |
| | 63 | 353,76 |
| 88 | 355,41 | |



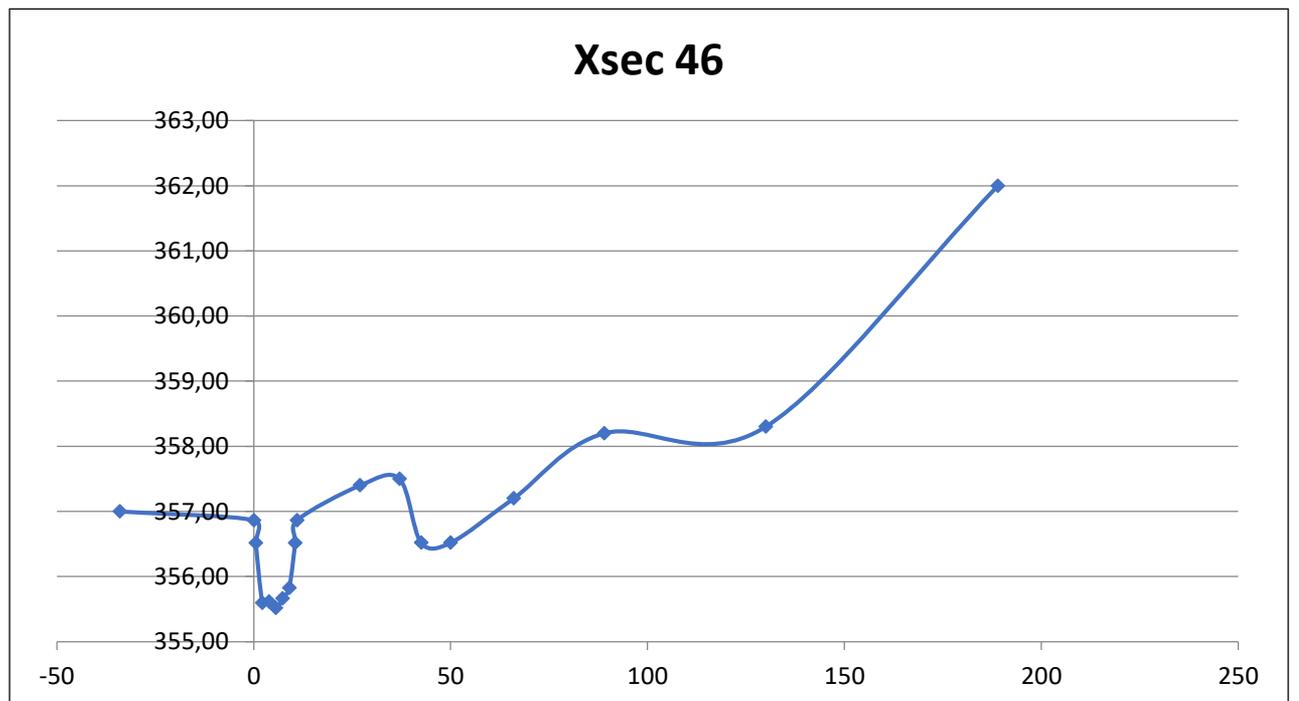
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 44 | -134 | 356,43 |
| | -84 | 355,90 |
| | -27 | 353,69 |
| | -14 | 353,02 |
| | -6 | 353,43 |
| | 0 | 353,09 |
| | 0,5 | 352,77 |
| | 2,5 | 352,17 |
| | 4,5 | 352,09 |
| | 6,5 | 352,05 |
| | 8,5 | 352,77 |
| | 9 | 353,09 |
| | 13 | 353,25 |
| | 34 | 353,40 |
| 62 | 354,00 | |



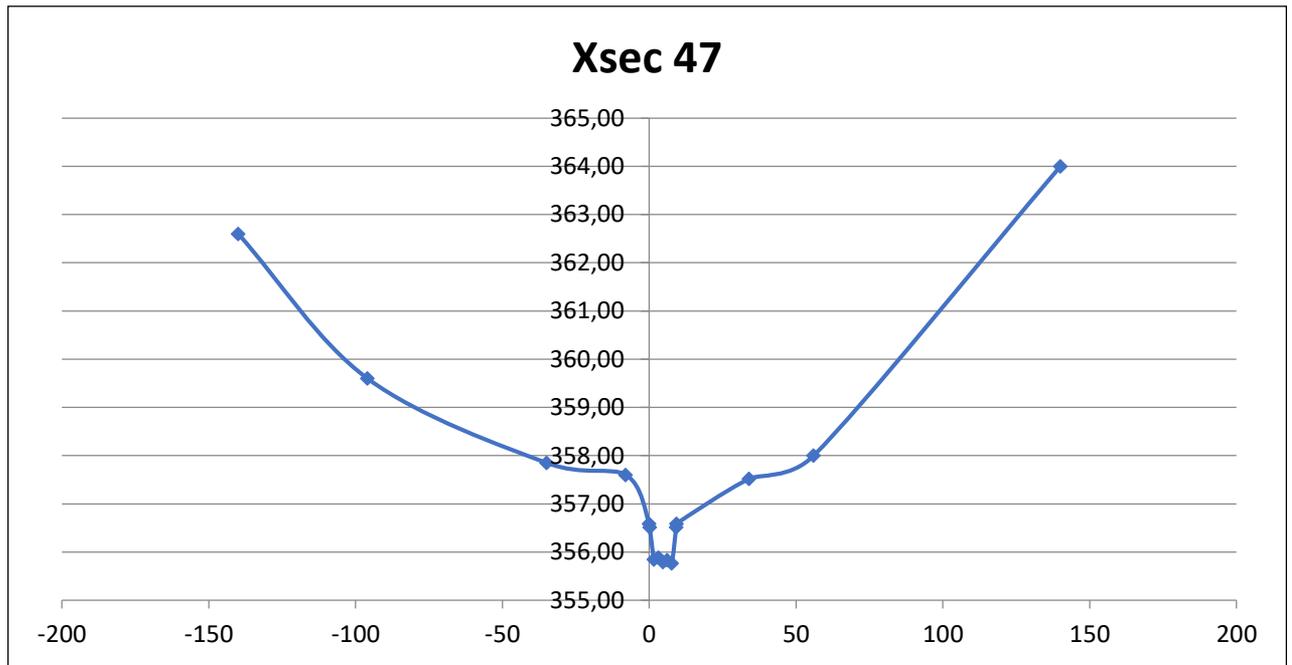
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 45 | -97 | 358,00 |
| | -39 | 355,00 |
| | -20 | 354,22 |
| | -2 | 353,60 |
| | 0 | 353,66 |
| | 1 | 353,00 |
| | 3 | 352,36 |
| | 5 | 352,50 |
| | 7 | 352,40 |
| | 9 | 352,36 |
| | 11 | 353,00 |
| | 12 | 353,66 |
| | 24 | 354,12 |
| | 60 | 355,60 |
| 105 | 356,30 | |



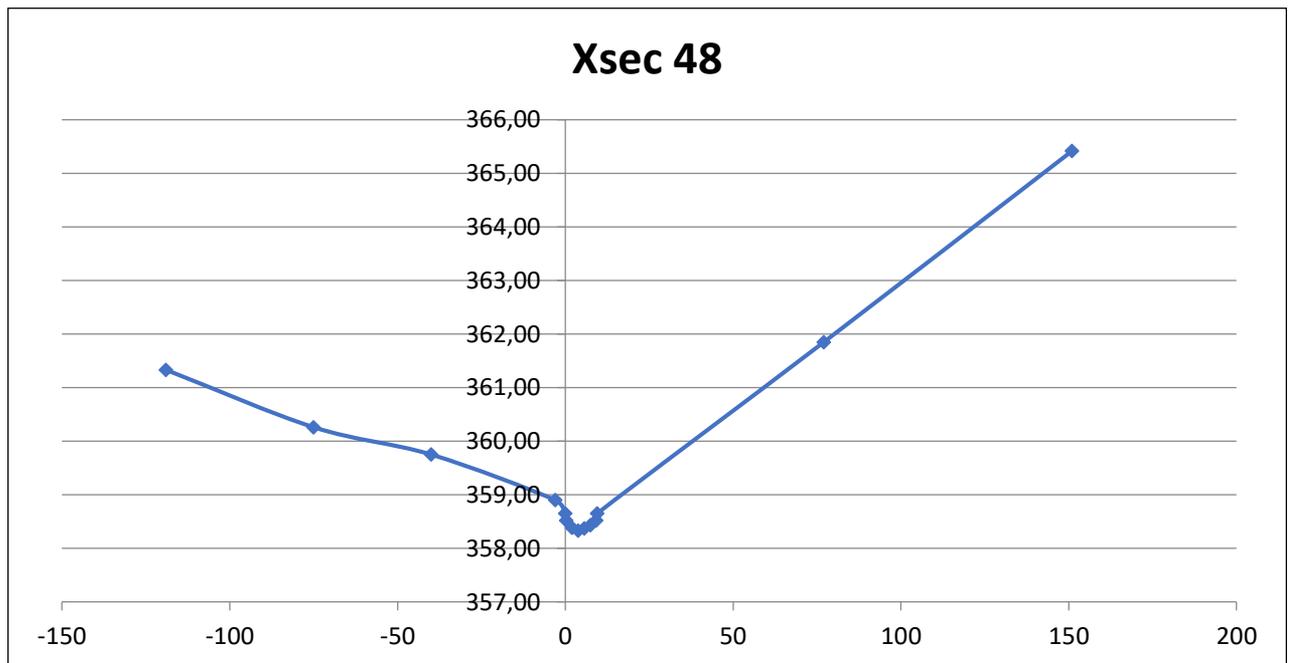
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 46 | -34 | 357,00 |
| | 0 | 356,87 |
| | 0,5 | 356,52 |
| | 2,2 | 355,60 |
| | 3,9 | 355,62 |
| | 5,6 | 355,52 |
| | 7,3 | 355,67 |
| | 9 | 355,83 |
| | 10,5 | 356,52 |
| | 11 | 356,87 |
| | 27 | 357,40 |
| | 37 | 357,50 |
| | 42,5 | 356,52 |
| | 50 | 356,52 |
| | 66 | 357,20 |
| | 89 | 358,20 |
| | 130 | 358,30 |
| 189 | 362,00 | |



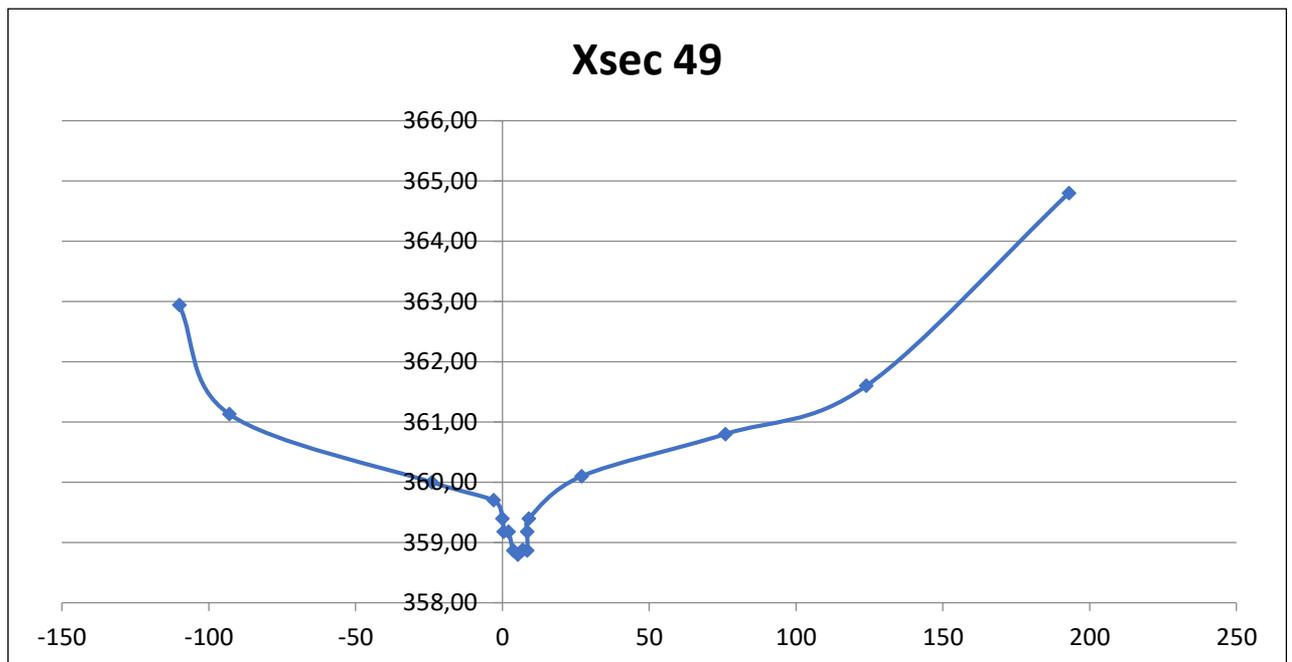
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 47 | -140 | 362,60 |
| | -96 | 359,60 |
| | -35 | 357,85 |
| | -8 | 357,60 |
| | 0 | 356,59 |
| | 0,15 | 356,52 |
| | 1,65 | 355,85 |
| | 3,15 | 355,89 |
| | 4,65 | 355,80 |
| | 6,15 | 355,84 |
| | 7,65 | 355,77 |
| | 9,15 | 356,52 |
| | 9,3 | 356,59 |
| | 34 | 357,52 |
| | 56 | 358,00 |
| 140 | 364,00 | |



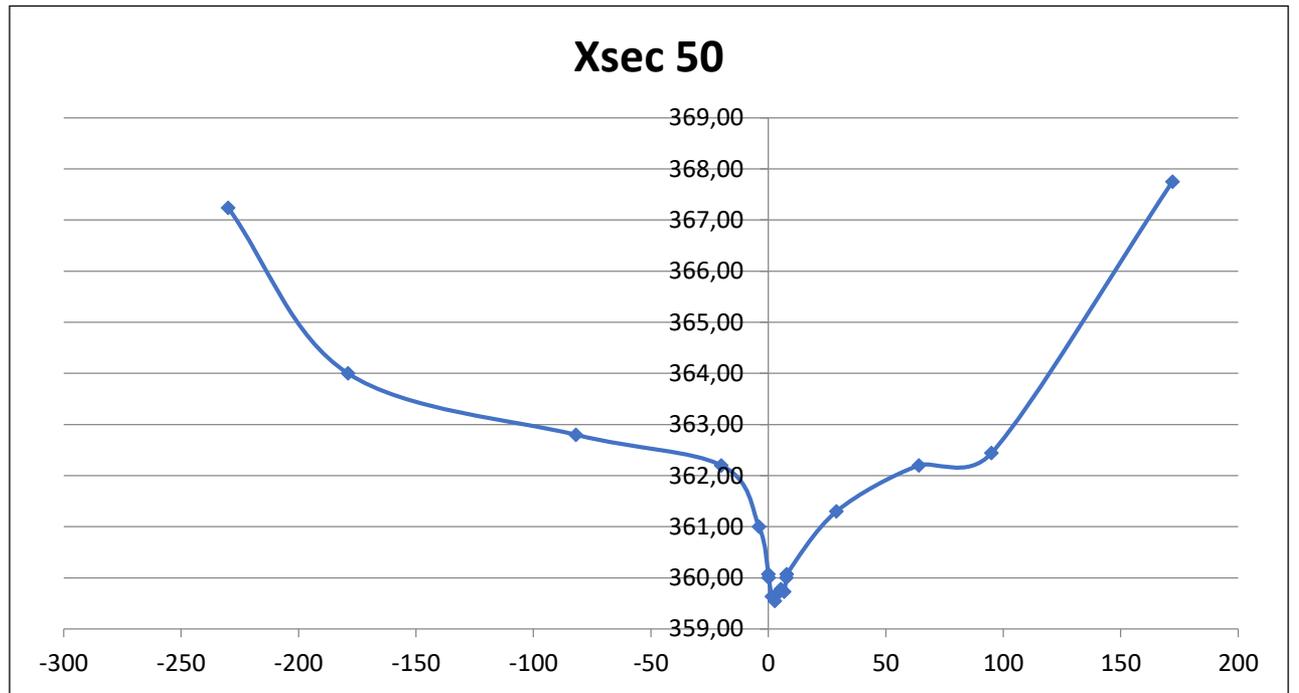
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 48 | -119 | 361,33 |
| | -75 | 360,26 |
| | -40 | 359,75 |
| | -3 | 358,90 |
| | 0 | 358,65 |
| | 0,25 | 358,52 |
| | 2,05 | 358,38 |
| | 3,85 | 358,33 |
| | 5,65 | 358,37 |
| | 7,45 | 358,43 |
| | 9,25 | 358,52 |
| | 9,5 | 358,65 |
| | 77 | 361,85 |
| | 151 | 365,42 |



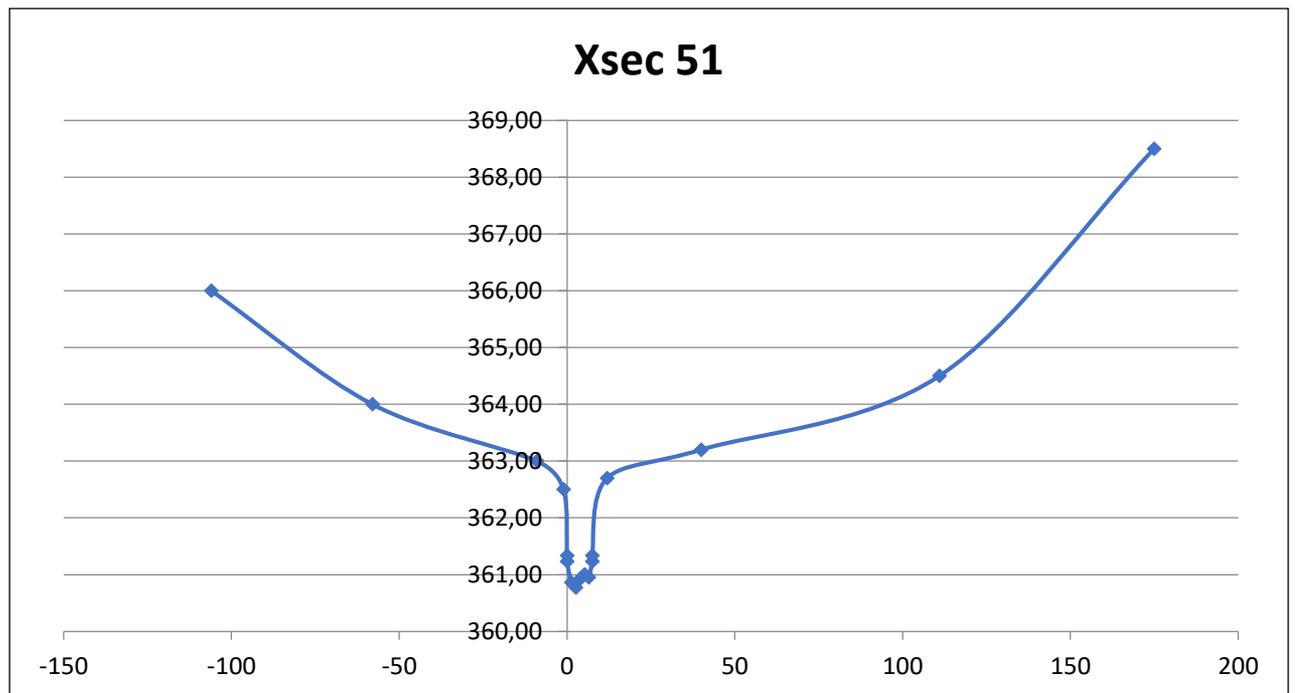
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 49 | -110 | 362,94 |
| | -93 | 361,13 |
| | -24 | 360,00 |
| | -3 | 359,70 |
| | 0 | 359,40 |
| | 0,5 | 359,18 |
| | 2,1 | 359,18 |
| | 3,7 | 358,87 |
| | 5,3 | 358,80 |
| | 6,9 | 358,88 |
| | 8,5 | 358,87 |
| | 8,5 | 359,18 |
| | 9 | 359,40 |
| | 27 | 360,10 |
| | 76 | 360,80 |
| | 124 | 361,60 |
| | 193 | 364,80 |



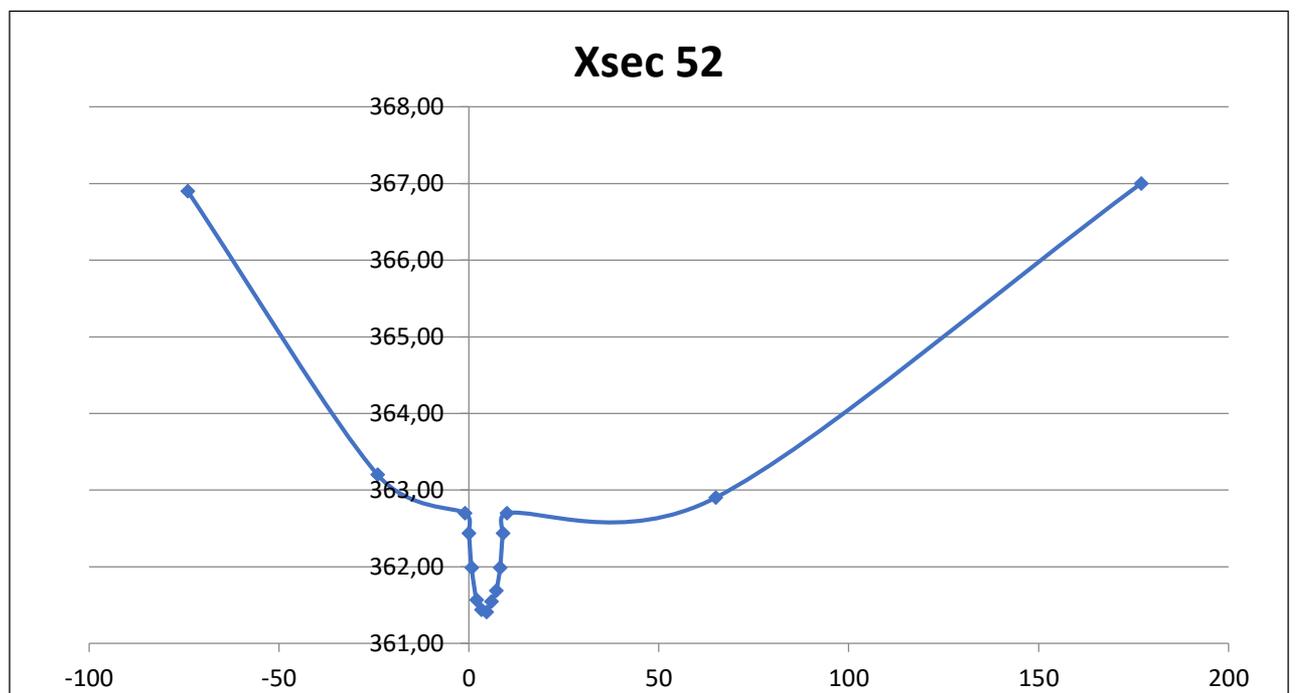
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 50 | -230 | 367,24 |
| | -179 | 364,00 |
| | -82 | 362,80 |
| | -20 | 362,20 |
| | -4 | 361,00 |
| | 0 | 360,08 |
| | 0,15 | 360,01 |
| | 1,45 | 359,64 |
| | 2,75 | 359,55 |
| | 4,05 | 359,70 |
| | 5,35 | 359,78 |
| | 6,65 | 359,73 |
| | 7,65 | 360,01 |
| | 7,8 | 360,08 |
| | 29 | 361,30 |
| | 64 | 362,20 |
| | 95 | 362,44 |
| 172 | 367,75 | |



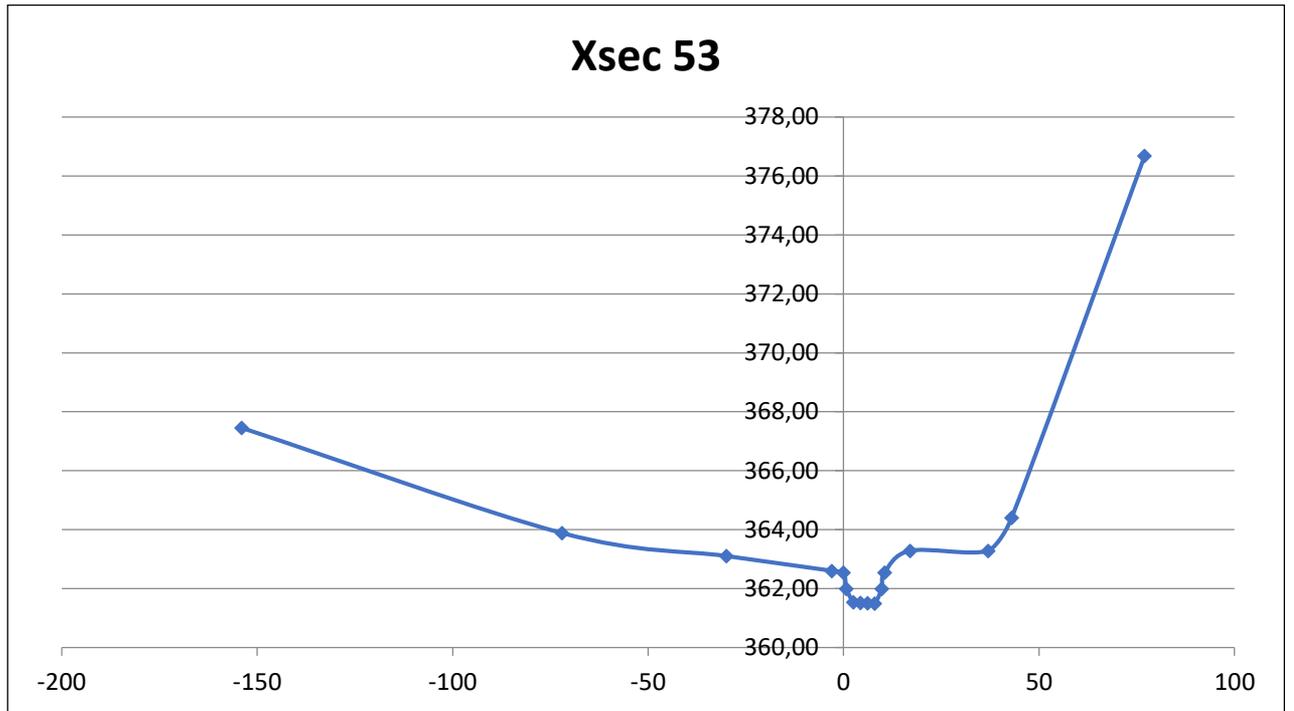
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 51 | -106 | 366,00 |
| | -58 | 364,00 |
| | -9 | 363,00 |
| | -1 | 362,50 |
| | 0 | 361,33 |
| | 0,01 | 361,23 |
| | 1,31 | 360,86 |
| | 2,61 | 360,77 |
| | 3,91 | 360,92 |
| | 5,21 | 361,00 |
| | 6,51 | 360,95 |
| | 7,51 | 361,23 |
| | 7,52 | 361,33 |
| | 12 | 362,70 |
| | 40 | 363,20 |
| | 111 | 364,50 |
| 175 | 368,50 | |



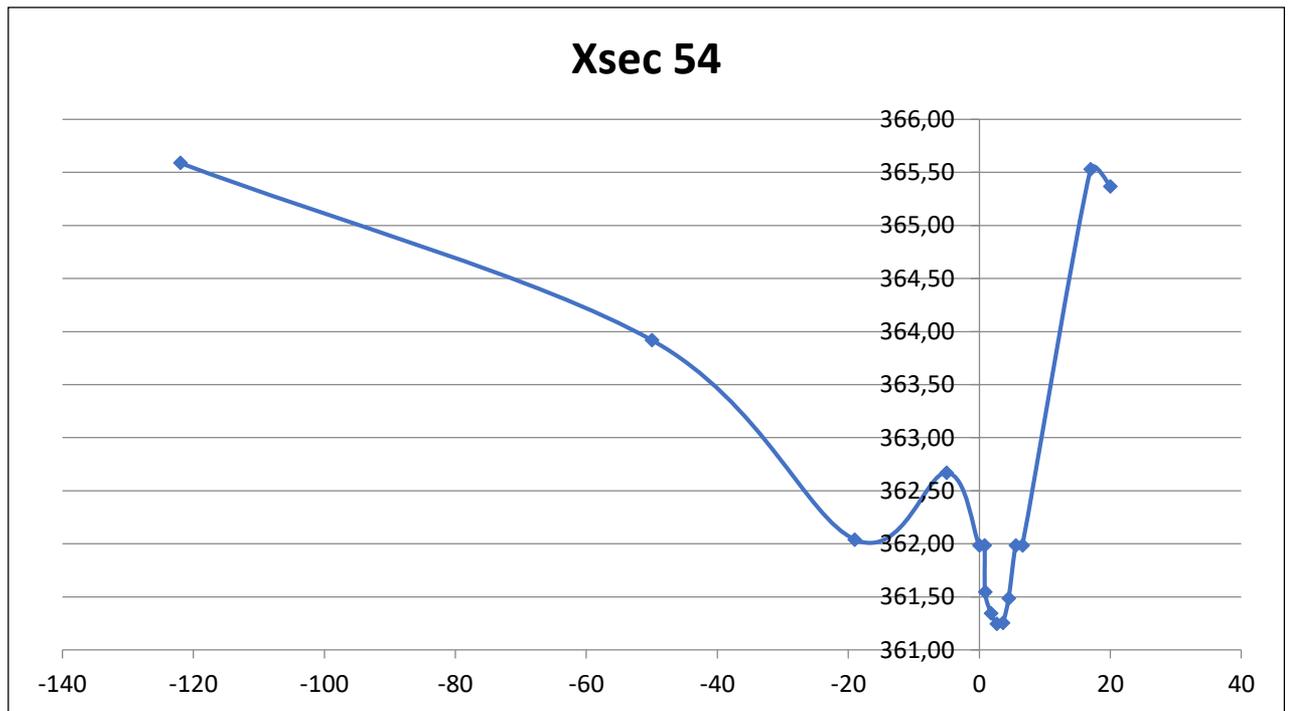
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 52 | -74 | 366,90 |
| | -24 | 363,20 |
| | -1 | 362,70 |
| | 0 | 362,44 |
| | 0,75 | 361,99 |
| | 2,05 | 361,57 |
| | 3,35 | 361,44 |
| | 4,65 | 361,41 |
| | 5,95 | 361,55 |
| | 7,25 | 361,69 |
| | 8,25 | 361,99 |
| | 9 | 362,44 |
| | 10 | 362,70 |
| | 65 | 362,90 |
| | 177 | 367,00 |



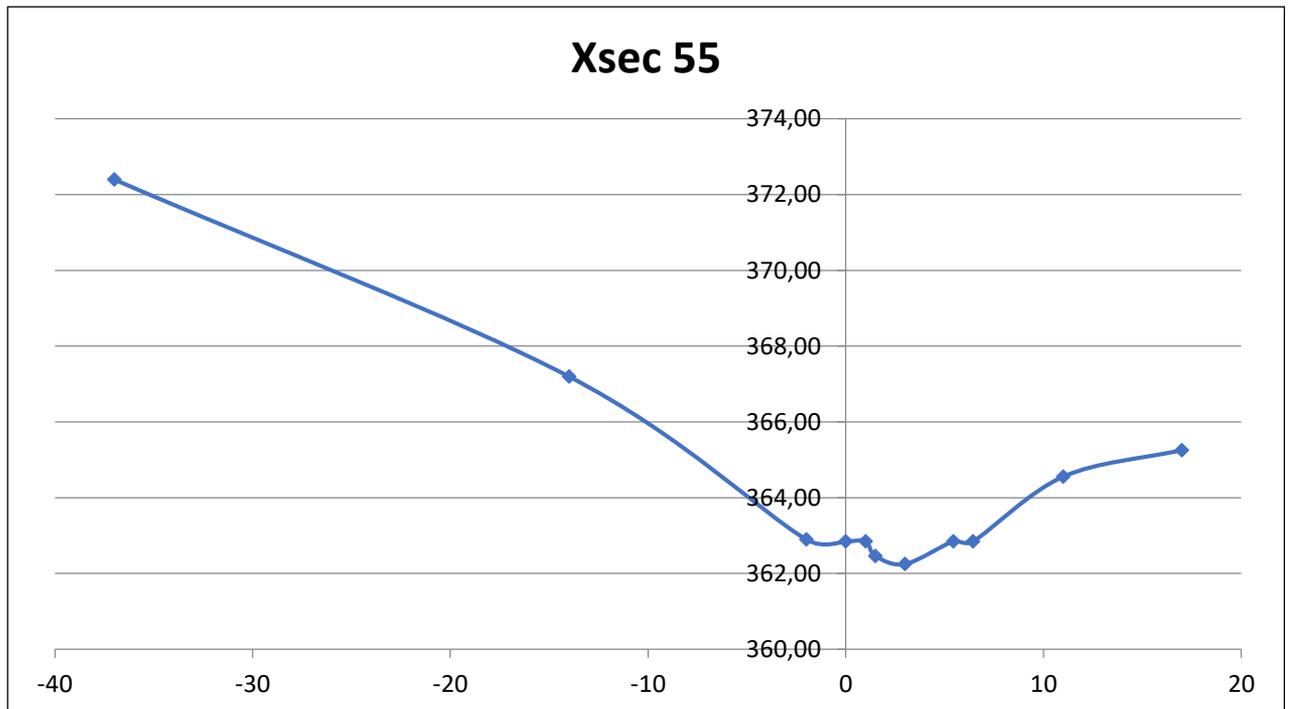
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 53 | -154 | 367,45 |
| | -72 | 363,88 |
| | -30 | 363,10 |
| | -3 | 362,60 |
| | 0 | 362,54 |
| | 0,75 | 361,99 |
| | 2,55 | 361,54 |
| | 4,35 | 361,52 |
| | 6,15 | 361,51 |
| | 7,95 | 361,50 |
| | 9,75 | 361,99 |
| | 10,5 | 362,54 |
| | 17 | 363,28 |
| | 37 | 363,28 |
| 43 | 364,40 | |
| 77 | 376,68 | |



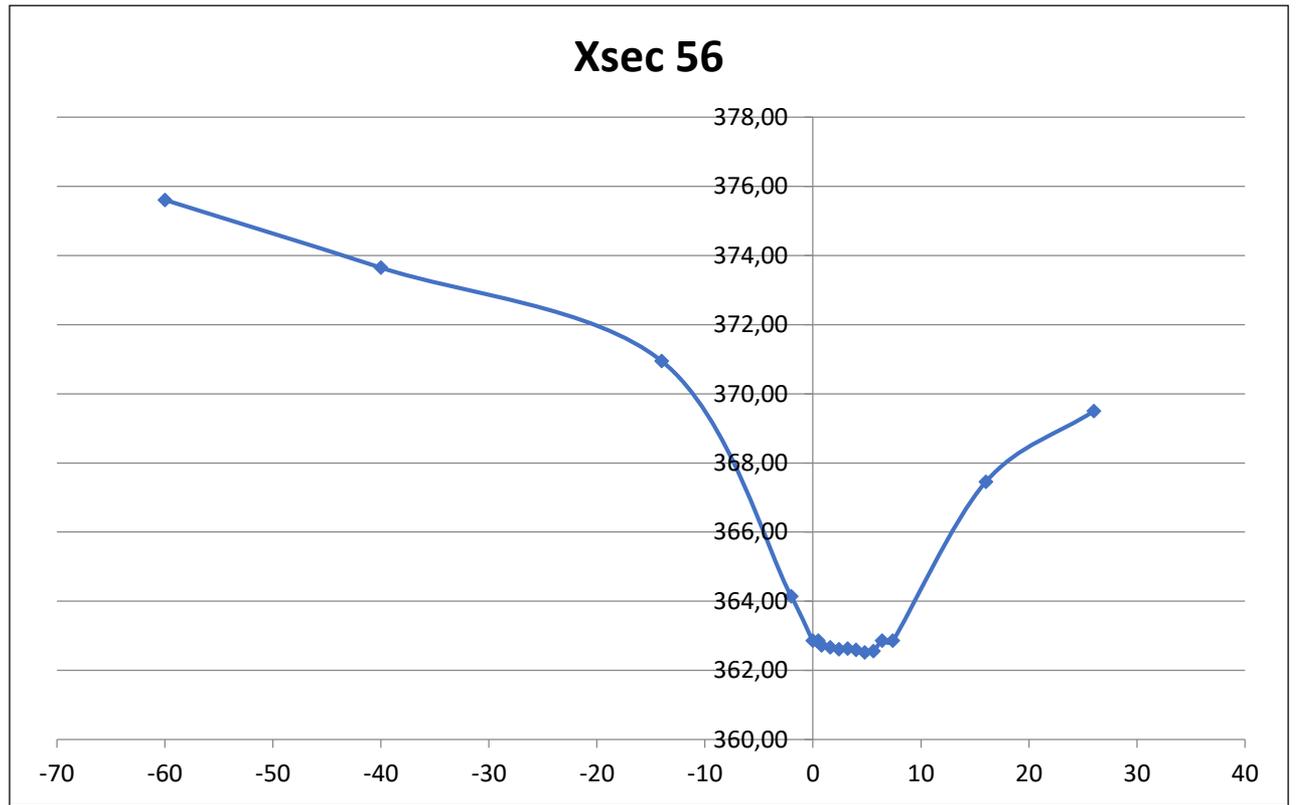
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 54 | -122 | 365,59 |
| | -50 | 363,92 |
| | -19 | 362,04 |
| | -5 | 362,67 |
| | 0 | 361,99 |
| | 0,8 | 361,99 |
| | 0,9 | 361,55 |
| | 1,8 | 361,35 |
| | 2,7 | 361,25 |
| | 3,6 | 361,26 |
| | 4,5 | 361,49 |
| | 5,6 | 361,99 |
| | 6,6 | 361,99 |
| | 17 | 365,53 |
| 20 | 365,37 | |



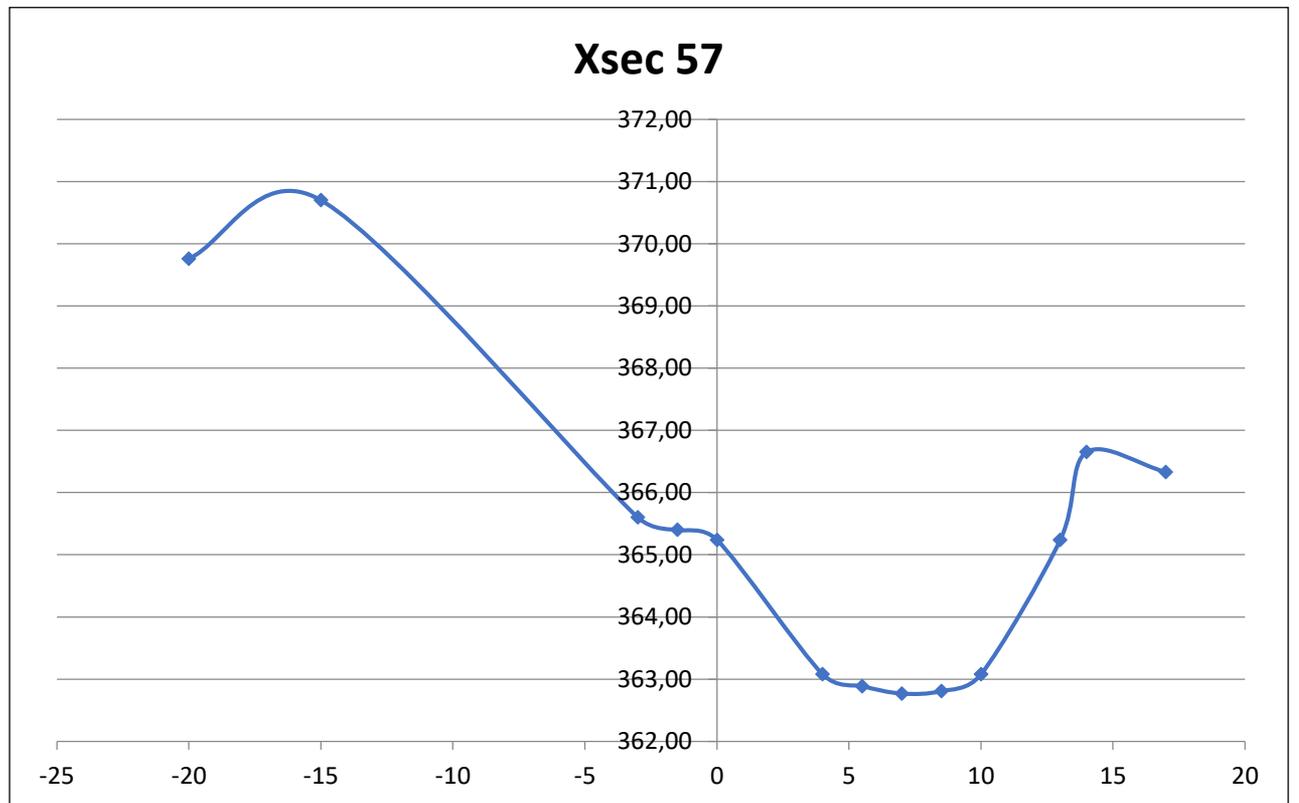
| Nom | Station | Élévation |
|---------|---------|-----------|
| Xsec 55 | -37 | 372,40 |
| | -14 | 367,20 |
| | -2 | 362,90 |
| | 0 | 362,85 |
| | 1 | 362,85 |
| | 1,5 | 362,46 |
| | 3 | 362,25 |
| | 5,44 | 362,85 |
| | 6,44 | 362,85 |
| | 11 | 364,56 |
| 17 | 365,26 | |



| 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

TABEAU 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 ombre 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 ombre 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 ombre 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 ombre 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 Wachihh (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: 0,44 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 |

TABEAU 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 faibles 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 | 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 (GBCx). 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 à S-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 largissements 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 Wachih 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 Wachih, 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 |

TABEAU 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 Wachih (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 Wachih (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 Wachih (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 Wachih 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 MH₂O (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 M³/S)

Étude réalisée par MH₂O (2019)

| PK du cours d'eau et numéro de la section transversale | Débit | Élev. Min. | Élev. Surface | Sup. écou. | Largeur surf. | Vitesse | Prof. Max. |
|---|---------------------|-------------|---------------|-------------------|---------------|---------|------------|
| | (m ³ /s) | section (m) | eau (m) | (m ²) | (m) | (m/s) | (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 |
| 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. | Élev. Surface | Sup. écoul. | Largeur surf. | Vitesse | Prof. Max. | |
|---|-------------|------------|---------------|-------------|---------------|---------|------------|---------------------|
| | | | | | | | | (m ³ /s) |
| 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. | Élev. Surface | Sup. écou. | Largeur surf. | Vitesse | Prof. Max. | |
|---|-------------|------------|---------------|------------|---------------|---------|------------|---------------------|
| | | | | | | | | (m ³ /s) |
| 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 |
| Section non relevée au terrain | 5526 XSEC33 | 2,75 | 350,1 | 352,11 | 48,53 | 26,27 | 0,06 | 2,01 |
| Section non relevée au terrain | 5526 XSEC33 | 3 | 350,1 | 352,14 | 49,25 | 26,33 | 0,06 | 2,04 |
| Section non relevée au terrain | 5526 XSEC33 | 3,5 | 350,1 | 352,19 | 50,63 | 26,44 | 0,07 | 2,09 |
| Section non relevée au terrain | 5526 XSEC33 | 4 | 350,1 | 352,24 | 51,9 | 26,54 | 0,08 | 2,14 |
| Section non relevée au terrain | 5526 XSEC33 | 4,5 | 350,1 | 352,28 | 53,06 | 26,64 | 0,08 | 2,18 |
| Section non relevée au terrain | 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 |
| Section non relevée au terrain | 5382 XSEC32 | 2,75 | 350,1 | 352,11 | 41,25 | 25,05 | 0,07 | 2,01 |
| Section non relevée au terrain | 5382 XSEC32 | 3 | 350,1 | 352,14 | 41,95 | 25,17 | 0,07 | 2,04 |
| Section non relevée au terrain | 5382 XSEC32 | 3,5 | 350,1 | 352,19 | 43,27 | 25,4 | 0,08 | 2,09 |
| Section non relevée au terrain | 5382 XSEC32 | 4 | 350,1 | 352,24 | 44,48 | 25,62 | 0,09 | 2,14 |
| Section non relevée au terrain | 5382 XSEC32 | 4,5 | 350,1 | 352,28 | 45,61 | 25,82 | 0,1 | 2,18 |
| Section non relevée au terrain | 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 |
| Section non relevée au terrain | 5211 XSEC31 | 2,75 | 349,87 | 352,11 | 122,03 | 57,18 | 0,02 | 2,24 |
| Section non relevée au terrain | 5211 XSEC31 | 3 | 349,87 | 352,14 | 123,61 | 57,31 | 0,02 | 2,27 |
| Section non relevée au terrain | 5211 XSEC31 | 3,5 | 349,87 | 352,19 | 126,61 | 57,54 | 0,03 | 2,32 |
| Section non relevée au terrain | 5211 XSEC31 | 4 | 349,87 | 352,24 | 129,36 | 57,76 | 0,03 | 2,37 |
| Section non relevée au terrain | 5211 XSEC31 | 4,5 | 349,87 | 352,28 | 131,89 | 57,95 | 0,03 | 2,41 |
| Section non relevée au terrain | 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 |
| Section non relevée au terrain | 3741 XSEC26 | 2,75 | 347,19 | 348,88 | 93,28 | 57,07 | 0,03 | 1,69 |
| Section non relevée au terrain | 3741 XSEC26 | 3 | 347,19 | 348,91 | 94,69 | 57,13 | 0,03 | 1,72 |
| Section non relevée au terrain | 3741 XSEC26 | 3,5 | 347,19 | 348,96 | 97,29 | 57,24 | 0,04 | 1,77 |
| Section non relevée au terrain | 3741 XSEC26 | 4 | 347,19 | 349 | 99,73 | 57,35 | 0,04 | 1,81 |
| Section non relevée au terrain | 3741 XSEC26 | 4,5 | 347,19 | 349,04 | 101,97 | 57,44 | 0,04 | 1,85 |
| Section non relevée au terrain | 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. | Élev. Surface | Sup. écou. | 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. | Élev. Surface | Sup. écou. | 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 |
| Section non relevée au terrain | 2073 XSEC13 | 2,75 | 338,72 | 340,46 | 31,08 | 18,81 | 0,09 | 1,74 |
| Section non relevée au terrain | 2073 XSEC13 | 3 | 338,72 | 340,48 | 31,6 | 18,84 | 0,09 | 1,76 |
| Section non relevée au terrain | 2073 XSEC13 | 3,5 | 338,72 | 340,53 | 32,57 | 18,89 | 0,11 | 1,81 |
| Section non relevée au terrain | 2073 XSEC13 | 4 | 338,72 | 340,58 | 33,47 | 18,94 | 0,12 | 1,86 |
| Section non relevée au terrain | 2073 XSEC13 | 4,5 | 338,72 | 340,62 | 34,23 | 18,99 | 0,13 | 1,9 |
| Section non relevée au terrain | 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 |
| Section non relevée au terrain | 1864 XSEC12 | 2,75 | 338,61 | 340,45 | 31,73 | 19,71 | 0,09 | 1,84 |
| Section non relevée au terrain | 1864 XSEC12 | 3 | 338,61 | 340,48 | 32,27 | 19,78 | 0,09 | 1,87 |
| Section non relevée au terrain | 1864 XSEC12 | 3,5 | 338,61 | 340,53 | 33,29 | 19,92 | 0,11 | 1,92 |
| Section non relevée au terrain | 1864 XSEC12 | 4 | 338,61 | 340,58 | 34,24 | 20,05 | 0,12 | 1,97 |
| Section non relevée au terrain | 1864 XSEC12 | 4,5 | 338,61 | 340,62 | 35,03 | 20,16 | 0,13 | 2,01 |
| Section non relevée au terrain | 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 |
| Section non relevée au terrain | 1752 XSEC11 | 2,75 | 339,3 | 340,45 | 17,5 | 17,37 | 0,16 | 1,15 |
| Section non relevée au terrain | 1752 XSEC11 | 3 | 339,3 | 340,48 | 17,97 | 17,47 | 0,17 | 1,18 |
| Section non relevée au terrain | 1752 XSEC11 | 3,5 | 339,3 | 340,53 | 18,86 | 17,66 | 0,19 | 1,23 |
| Section non relevée au terrain | 1752 XSEC11 | 4 | 339,3 | 340,58 | 19,69 | 17,84 | 0,2 | 1,28 |
| Section non relevée au terrain | 1752 XSEC11 | 4,5 | 339,3 | 340,62 | 20,39 | 17,99 | 0,22 | 1,32 |
| Section non relevée au terrain | 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. | Élev. Surface | Sup. écou. | 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. | Élev. Surface | Sup. écou. | 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

**Photo-interprétation détaillée
des matériaux de surface
et de la sensibilité des rives à l'érosion**

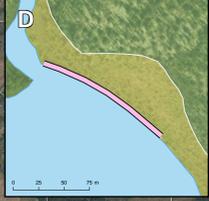
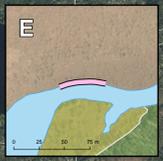
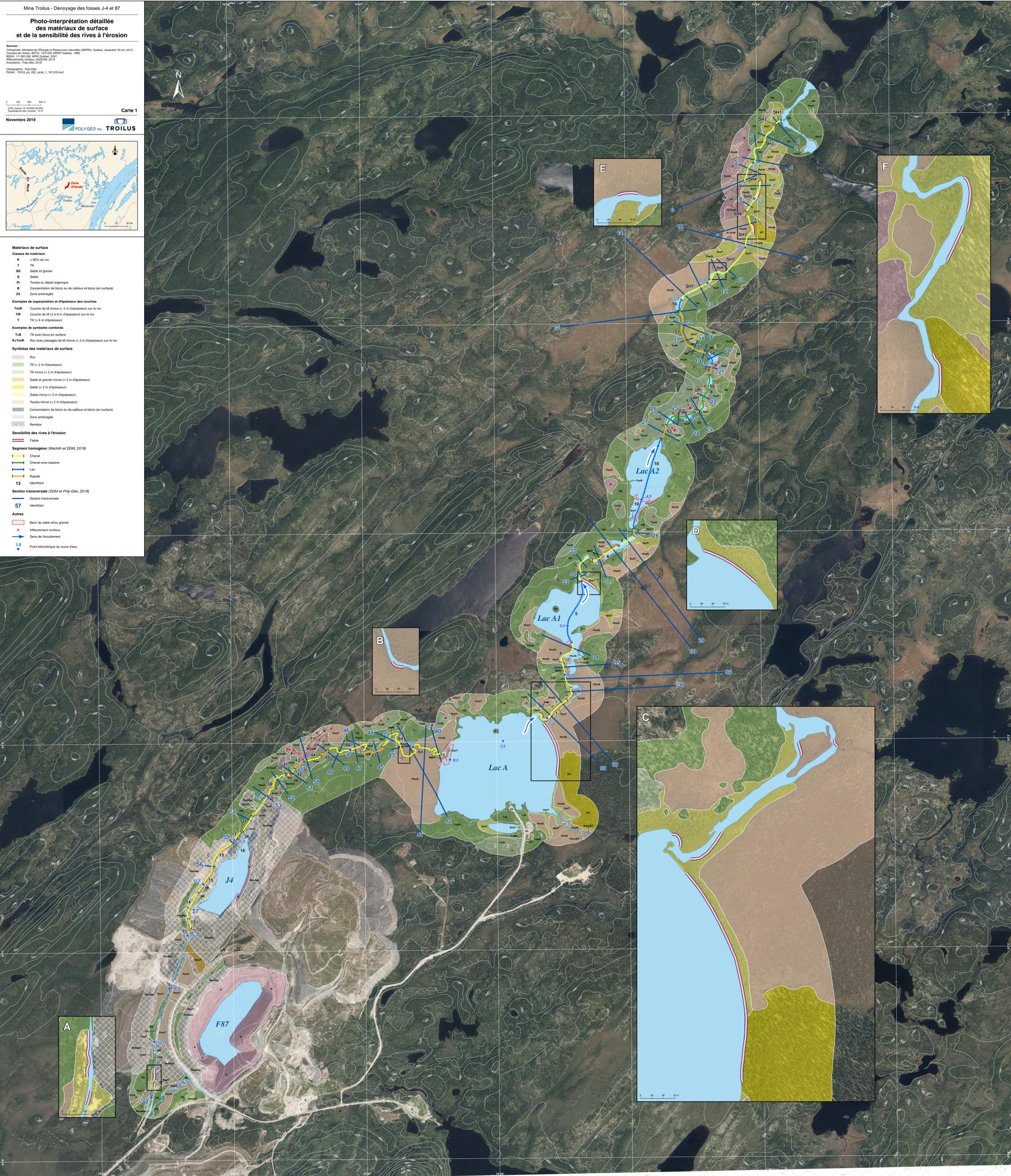
Source :
Orthophoto, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), Québec, résolution 30 cm, 2013
Cadrage de terrain 8070, 100 m, MNR/Québec, 1999
BDCA, 1:100 000, MNR/Québec, 2011
Affaissement rocheux, SDC/Québec, 2019
Inventaires : Poly-Géo, 2019
Cartographie : Poly-Géo
Fichier : 19103.pol_002_carte_1_191205.mxd

0 100 200 300 m
UTM, datum NAD83 (SICR)
Équivalence des unités : 1:1
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
 - PI 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**
- TmR Couche de till mince (< 2 m d'épaisseur) sur le roc
 - TIR 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+TmR 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 (Wächter 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 étou gravier
 - Affaissement 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.



HYDROLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

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

| | <i>Page</i> |
|---|-------------|
| 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 recourent 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 m² 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 m² 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 m² 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 anciens 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'ont 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 | | | | Précipitations, température, vitesse du vent, humidité relative, pression |
| Chibougamau | 120 | 7091404 | 1972 – 1991 | atmosphérique, Courbes IDF |
| Chapais | | | | |

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).

$$PET = ADJ \cdot 0,533 \cdot \left(\frac{10 \cdot T}{I} \right)^A$$

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 :

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514}$$

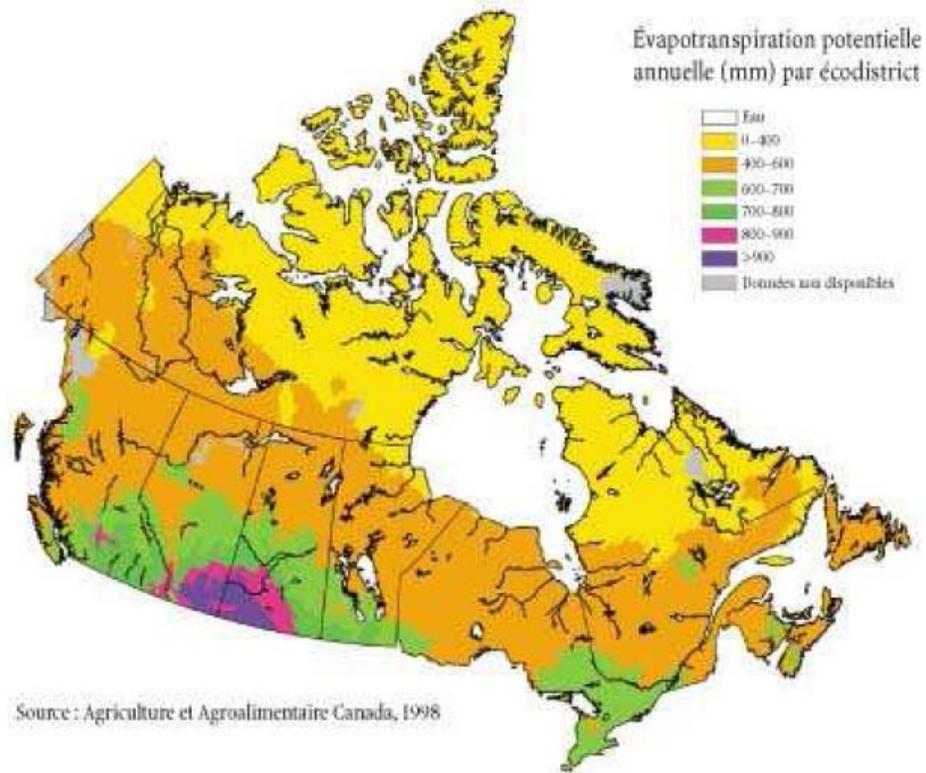
Où T_j est la température moyenne du mois j .

A : coefficient calculé par la formule :

$$A = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49$$

Données d'Environnement Canada :

La carte 3.1 fournie 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 :

$$P = 859\text{mm} / \text{an}$$

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.

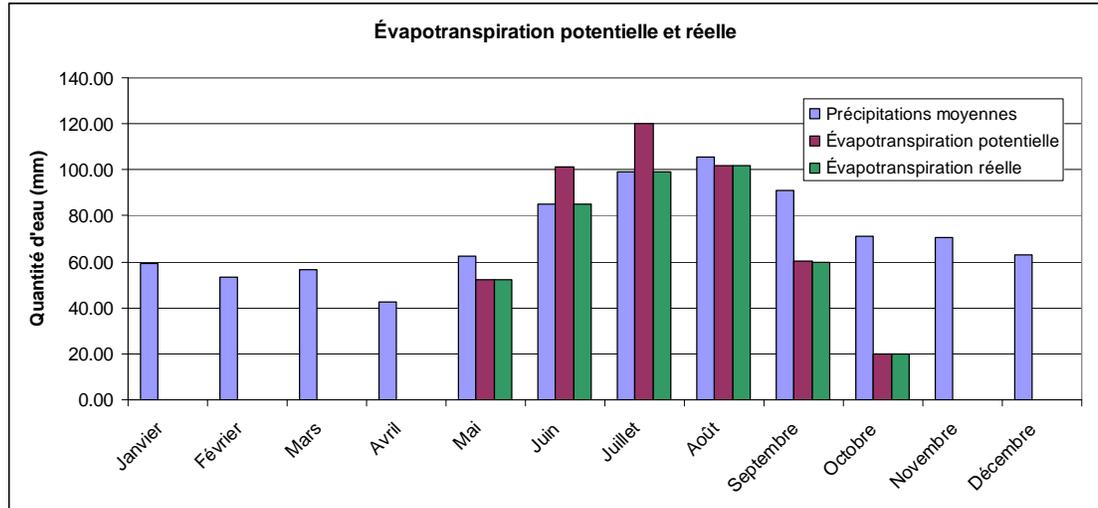


Figure 3.1 Évapotranspiration potentielle, réelle et précipitations au site de la mine Troilus.

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 portrait 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 Ancil, 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 (km ²) | 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.

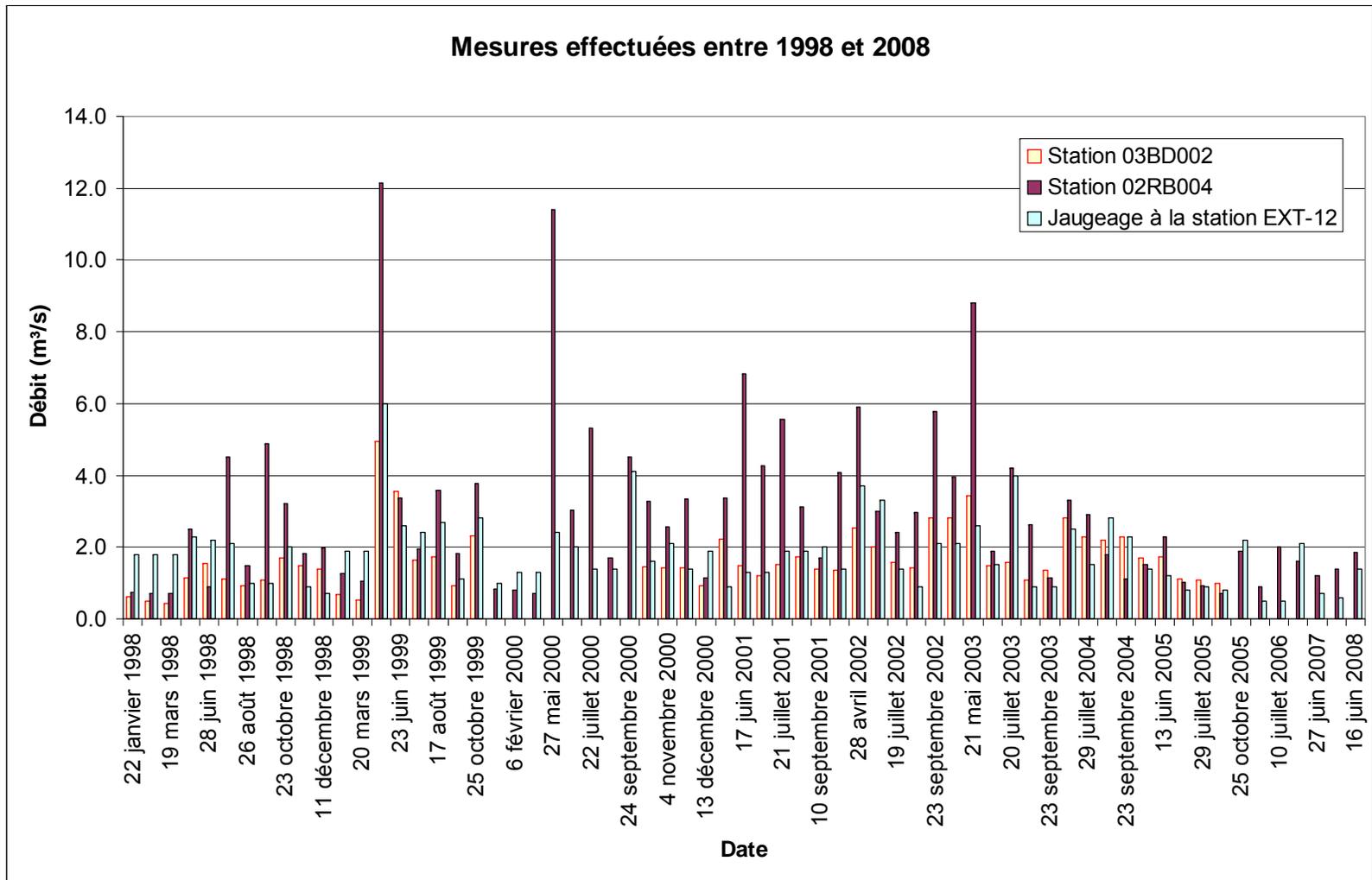


Figure 4.1 Comparaison des débits jaugeés à la station EXT-12 et des données aux stations 02RB004 et 03BD002 entre 1998 et 2008.

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.

| Réurrence | 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 | 108 | 2,6 | 5,1 |
| 10 ans | 27,1 | | 3,8 | 7,4 |
| 25 ans | 31,6 | | 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.

| Réurrence | Intensité de précipitation (mm/h) ¹ | Temps de concentration (minutes) | Débit de crue (m ³ /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.

| Réurrence | Intensité de précipitation (mm/h) ¹ | Temps de concentration (minutes) | Débit de crue (m ³ /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.

| Réurrence | Méthode rationnelle (m ³ /s) ¹ | Méthode régionale (station 03BD002) (m ³ /s) | Analyse fréquentielle (station 03BD002) ² | |
|-----------|--|---|---|---------------------------------|
| | | | Débit de crue instantané ³ (m ³ /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 (m^3);

h : élévation géodésique du niveau d'eau dans la fosse (m).

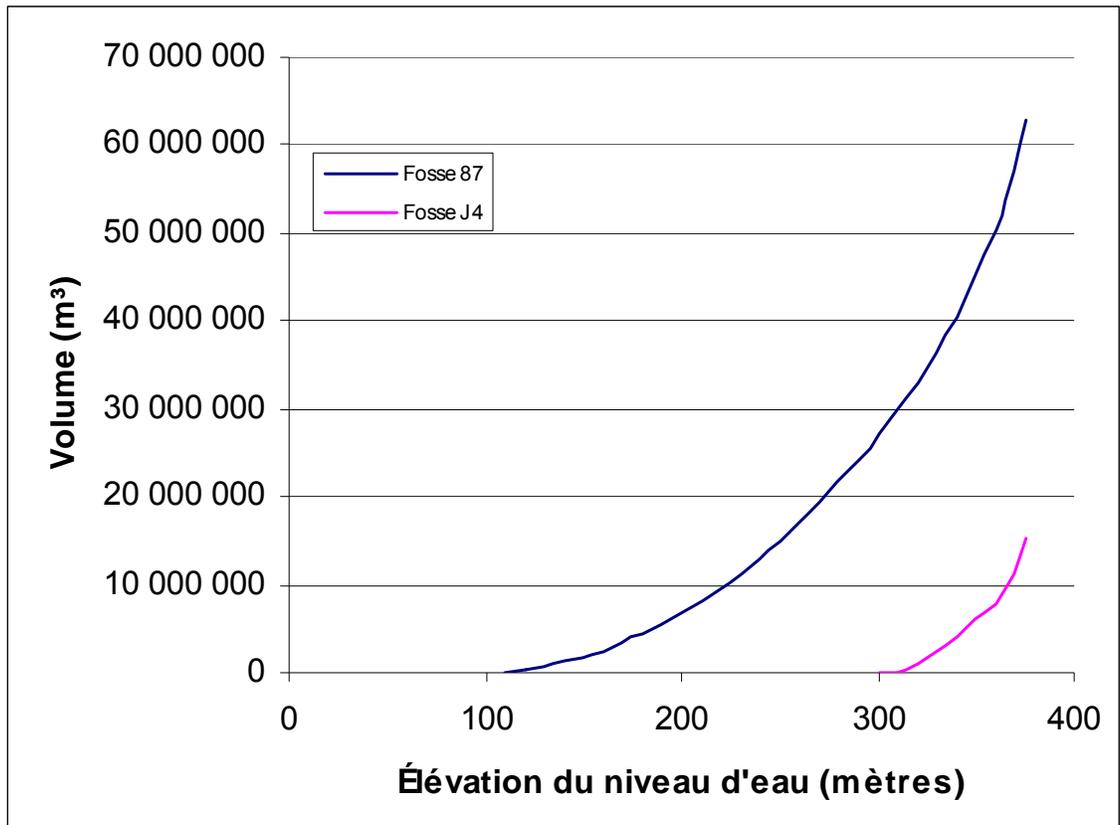


Figure 4.2 Relations niveau-volume dans les fosses 87 et J4.

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 | |
| PZ1-C | 3 | | | | | | | | 122,6 | |
| PZ1-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 toit 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 | 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 $1,24 \times 10^{-7}$ m/s. 0 lugeon est ici considéré comme inférieur à 1×10^{-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; $T = k \times b$

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 $2,40 \times 10^{-5}$ m/s et $1,00 \times 10^{-7}$ m/s (Techmat, 1994). Geocon (1993) fait référence à six essais ayant donné des conductivités hydrauliques variant entre $1,3 \times 10^{-6}$ m/s et $3,2 \times 10^{-6}$ m/s, ce qui représente des résultats moins étalés. Sur cette base, Geocon (1993) a utilisé une conductivité hydraulique de $1,00 \times 10^{-6}$ m/s pour sa modélisation. Par contre, La valeur médiane de l'ensemble des données disponibles serait plus près de $6,8 \times 10^{-6}$ 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 $1,00 \times 10^{-9}$ m/s et $2,7 \times 10^{-5}$ m/s. Compte tenu de la précision du matériel utilisé pour les essais d'absorption d'eau, une valeur de $1,00 \times 10^{-9}$ 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 $1,30 \times 10^{-8}$ m/s et $2,40 \times 10^{-7}$ 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 m²/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 m³/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 m³/h) et 1 077 guspm (244 m³/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 m³/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 m³/h en 2006 et de 275 m³/h en 2007 (GENIVAR, 2008). Le débit de dénoyage semble avoir augmenté jusqu'au taux d'environ 340 m³/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 |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>(guspm)</i> | | | | |
| 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 |
| <i>(m³/h)</i> | | | | |
| 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 $340 \text{ m}^3/\text{h}$;
- 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 $5,9 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, 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 $1,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, épaisseur saturée moyenne nulle près de la fosse 87;
- sous-unité du till, épaisseur moyenne de 6,0 m et conductivité hydraulique médiane de $6,8 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, 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 $6,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$;
- unité du roc à plus de 1 000 m des fosses, conductivité hydraulique médiane de $3,7 \times 10^{-7} \text{ m/s}$.

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 différencier 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 |
| Élev. Sol | 373,98 | 366,86 | 357,34 |
| Élev. 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.

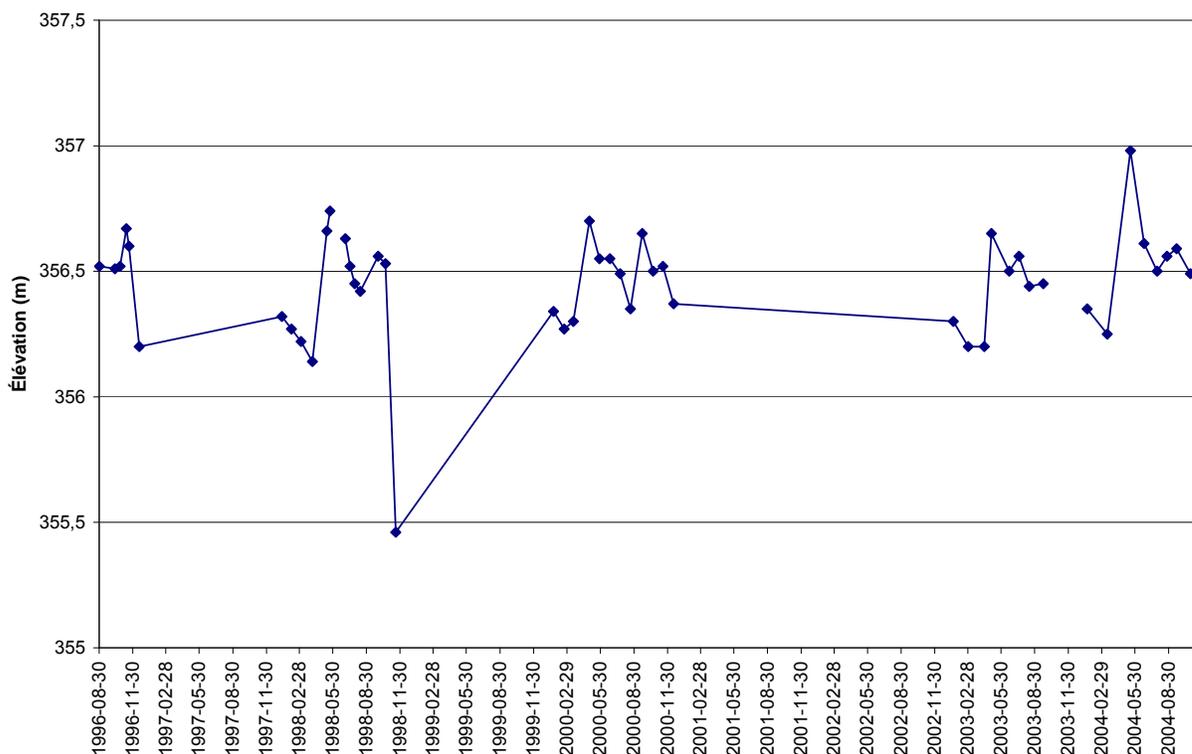


Figure 5.1 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-3.

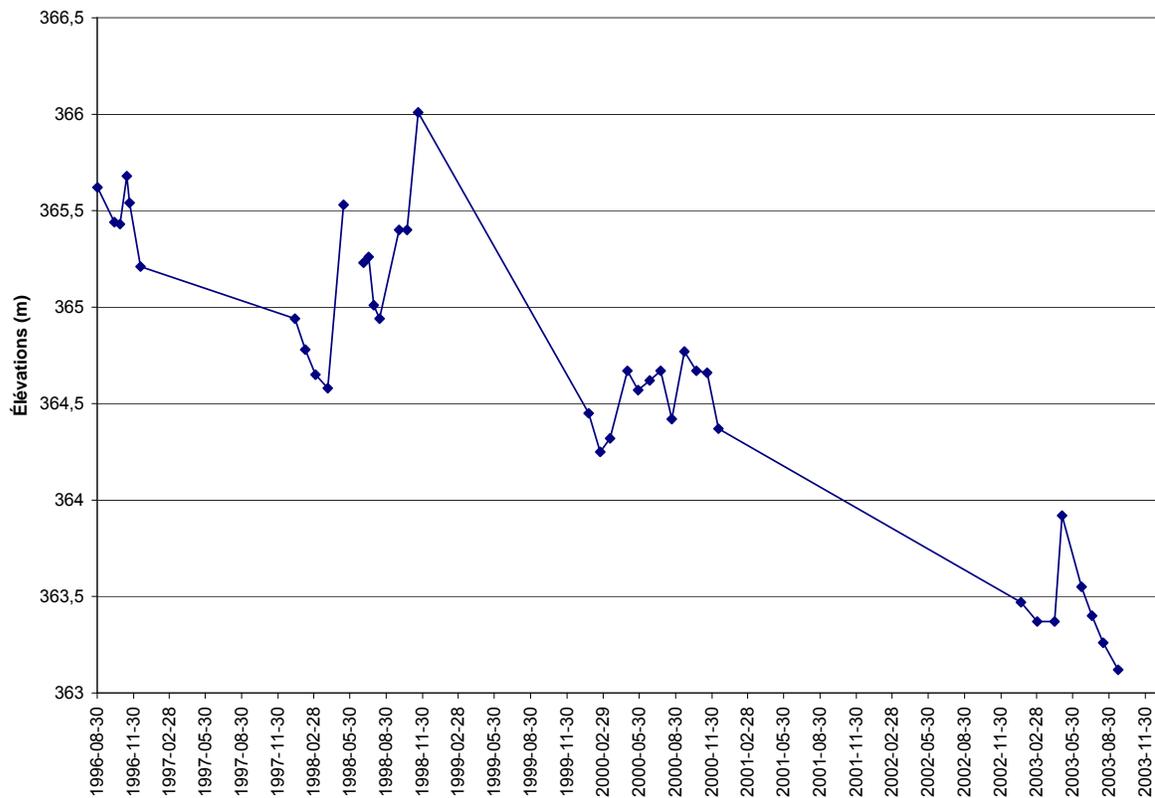


Figure 5.2 Suivi piézométrique au puits d'observation PM-2.

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 $4,7 \text{ m}^2/\text{j}$, 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 | | | | 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 | | | | | | 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 | | | | | | | | | | 8,61 | 22,26 | |
| 1998-02-18 | | | 17,75 | | | 106,65 | | | 33,00 | | | 56,15 | | | | | | | 126,00 | | | 11,60 | 20,80 | |
| 1998-01-13 | 50,40 | 124,75 | | | | | </ | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- 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 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 $6,8 \times 10^{-6}$ 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 $6,0 \times 10^{-7}$ m/s;
- unité du roc à plus de 1 000 m des fosses, conductivité hydraulique médiane de $3,7 \times 10^{-7}$ m/s.

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'ennoisement 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 gouvernement 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'usage (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 $6\,360\text{ m}^3/\text{j}$. 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 $2\,018\text{ m}^3/\text{j}$ (fosse 87) et $906\text{ m}^3/\text{j}$ (fosse J4). Ceci donne un volume quotidien global de l'ordre de $9\,284\text{ m}^3$. 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 $8\,160\text{ m}^3/\text{j}$ dans la fosse 87, voir section 5.2.2).

5.6.5 Ennoiment 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'ennoiment. 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.

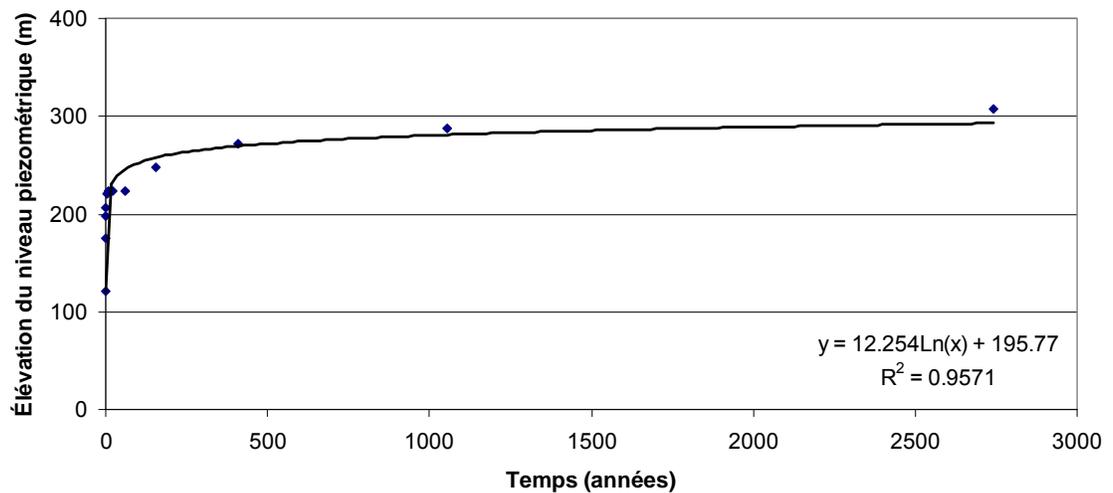


Figure 5.8 Apport des eaux souterraines en fonction du temps dans la fosse 87.

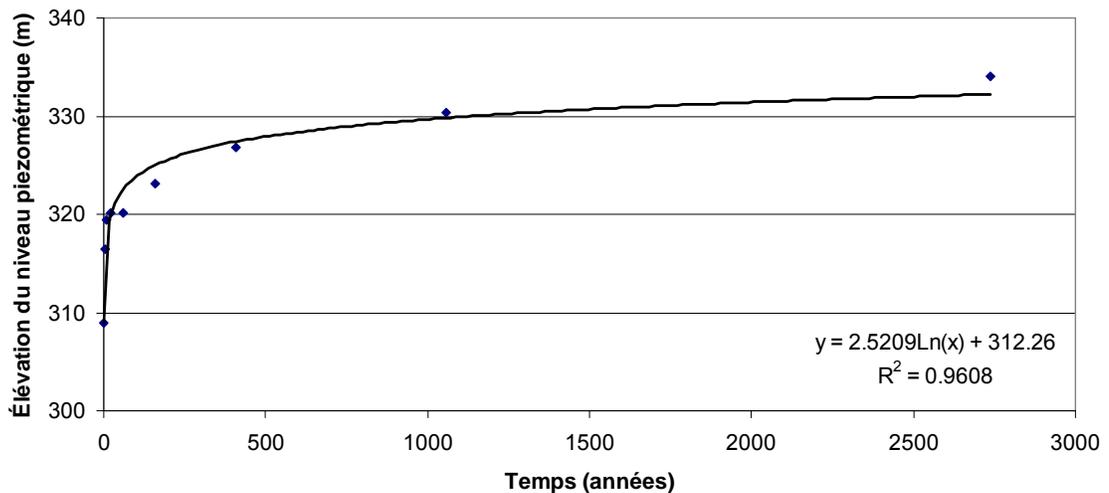


Figure 5.9 Apport des eaux souterraines en fonction du temps dans la fosse J4.

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 côté 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 Ennoiment des fosses 87 et J4 en fonction du temps.

| Fosse 87 | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------------------------|----------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 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.

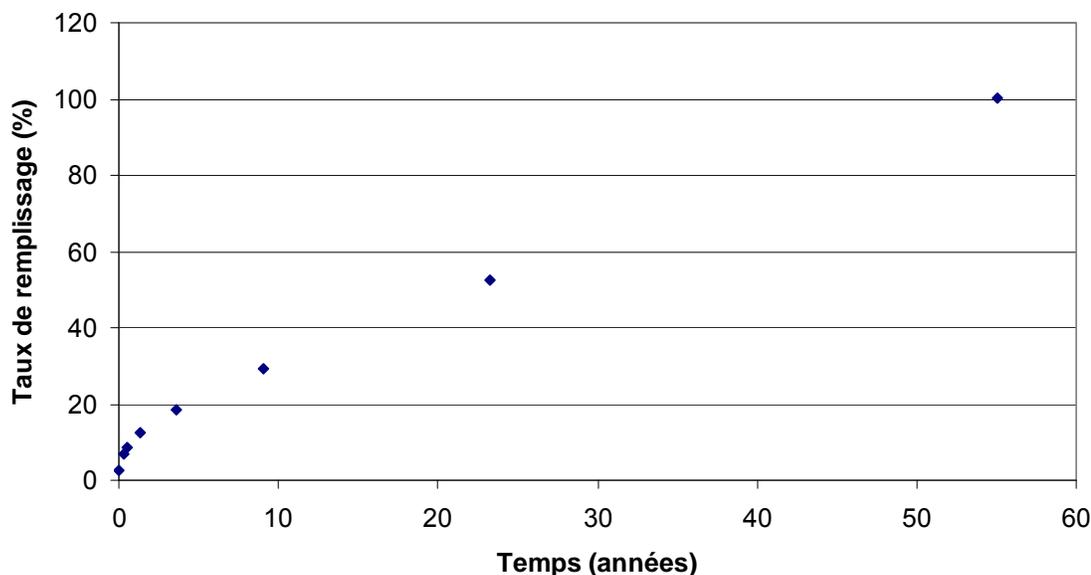


Figure 5.10 Taux de remplissage de la fosse 87.

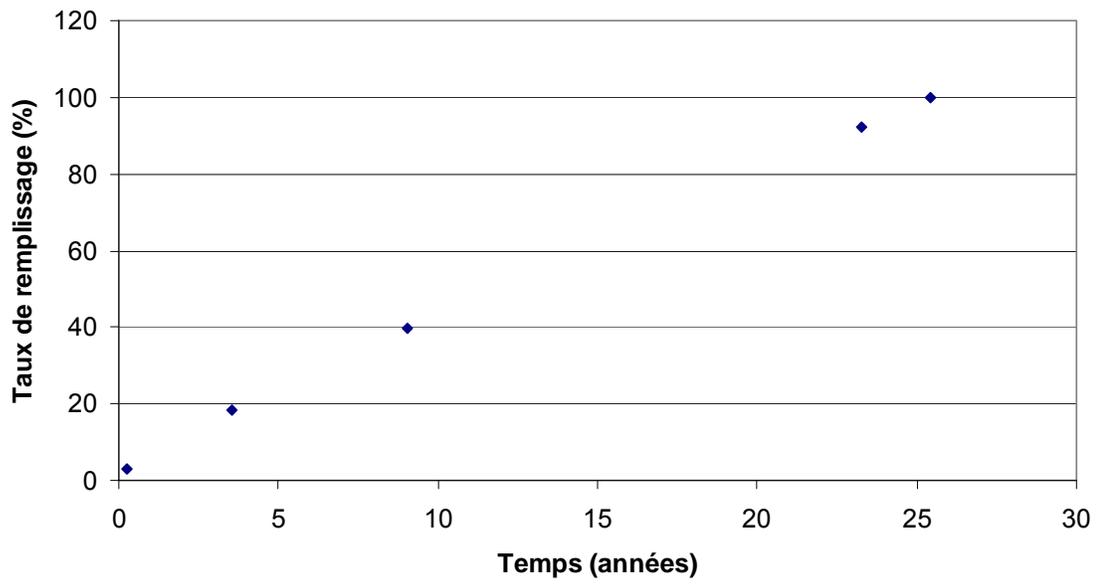


Figure 5.11 Taux de remplissage de la fosse J4.

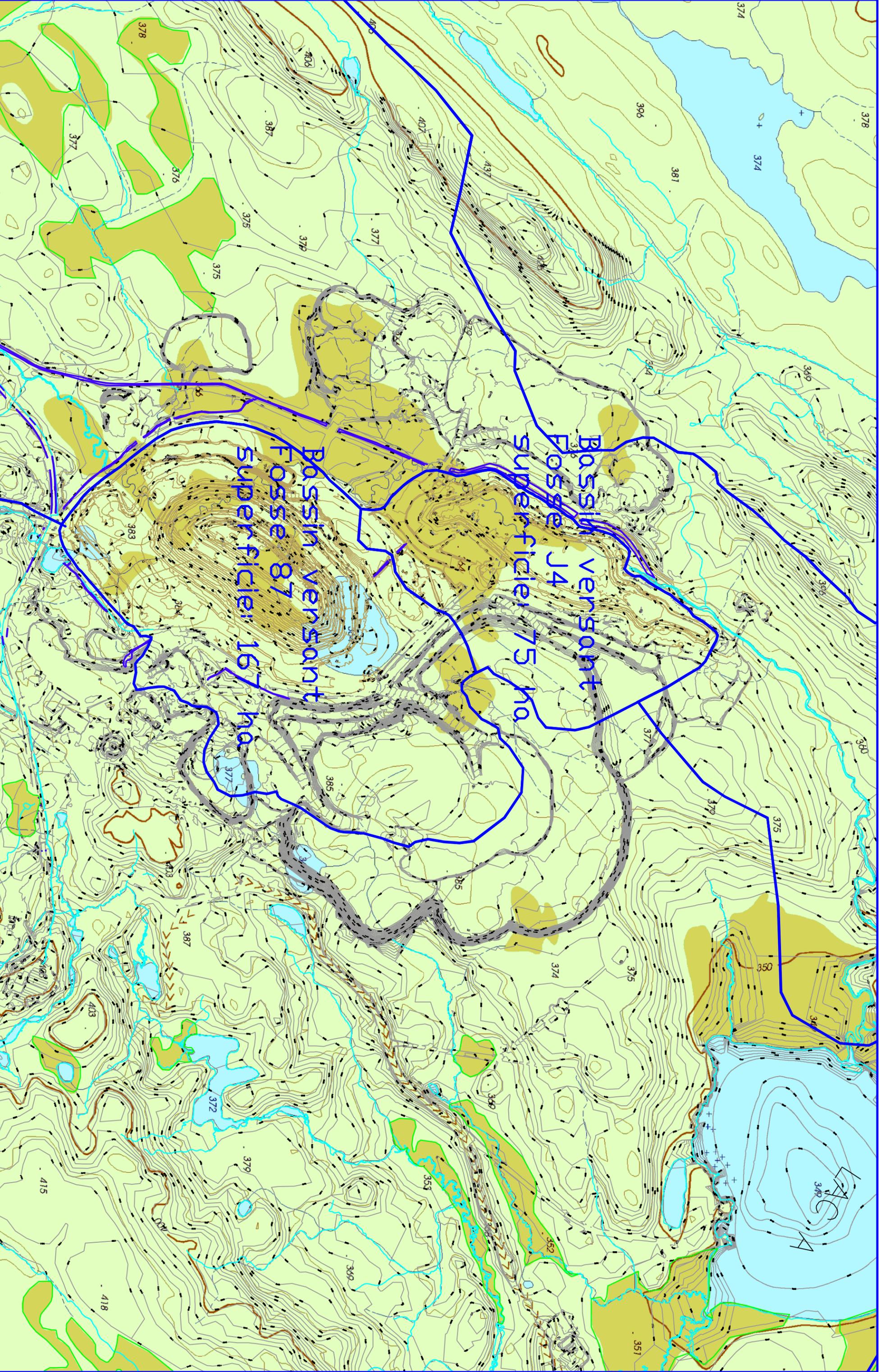
6 RÉFÉRENCES

- 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 Model*. United States Geological Survey, Reston, Virginia, 22092
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUEBEC, avril 2004. *Manuel de conception des ponceaux*.
- Piterau Associates, July 2001. *June 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

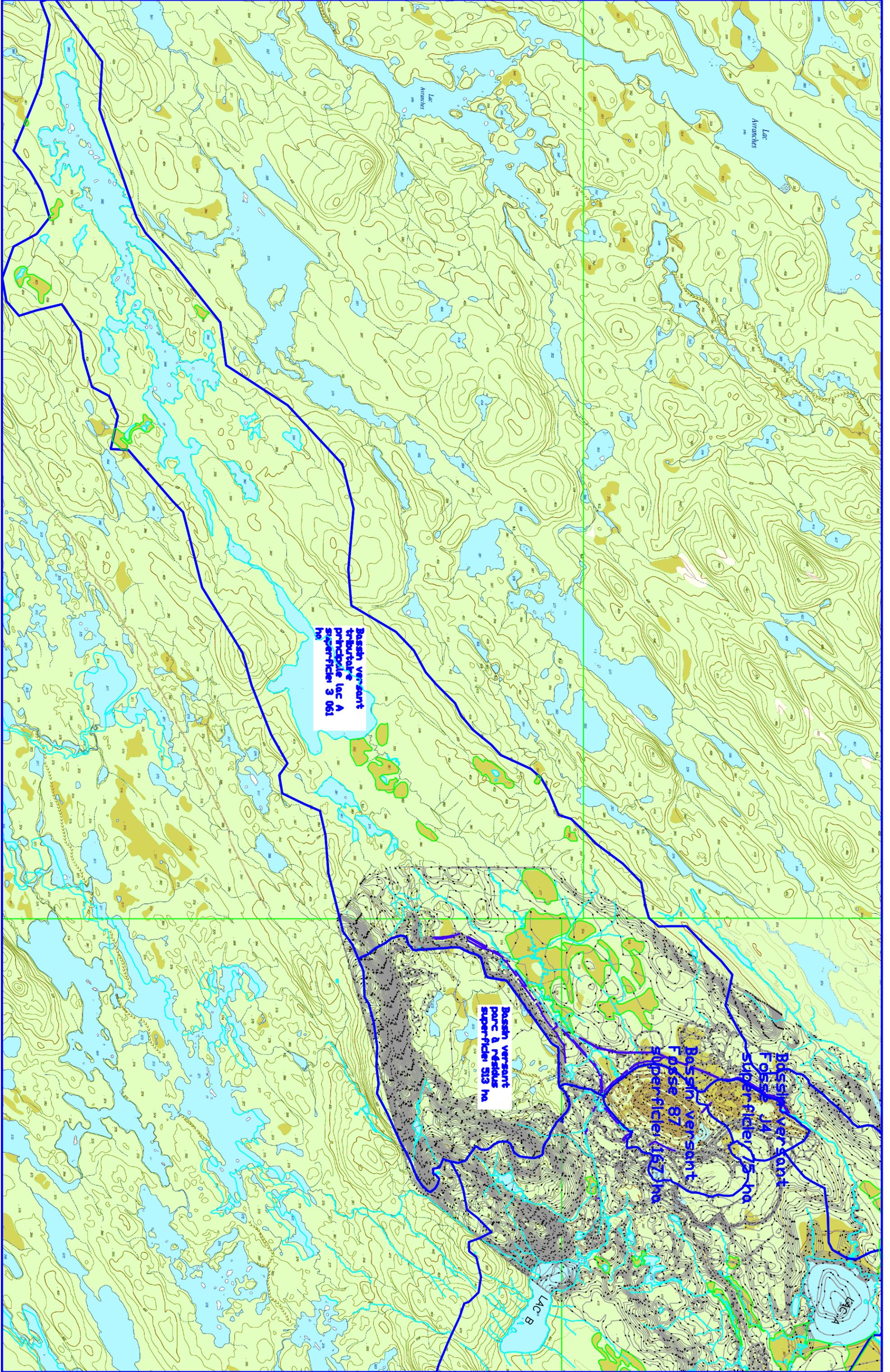
Tracés des bassins versants



Bassin versant
Fosse J4
Superficiel 75 no

Bassin versant
Fosse 87
Superficiel 167 no

Bassin versant
Fosse 87
Superficiel 167 no



Bassin versant
tributaire
lac A
superficie 3 061
ha

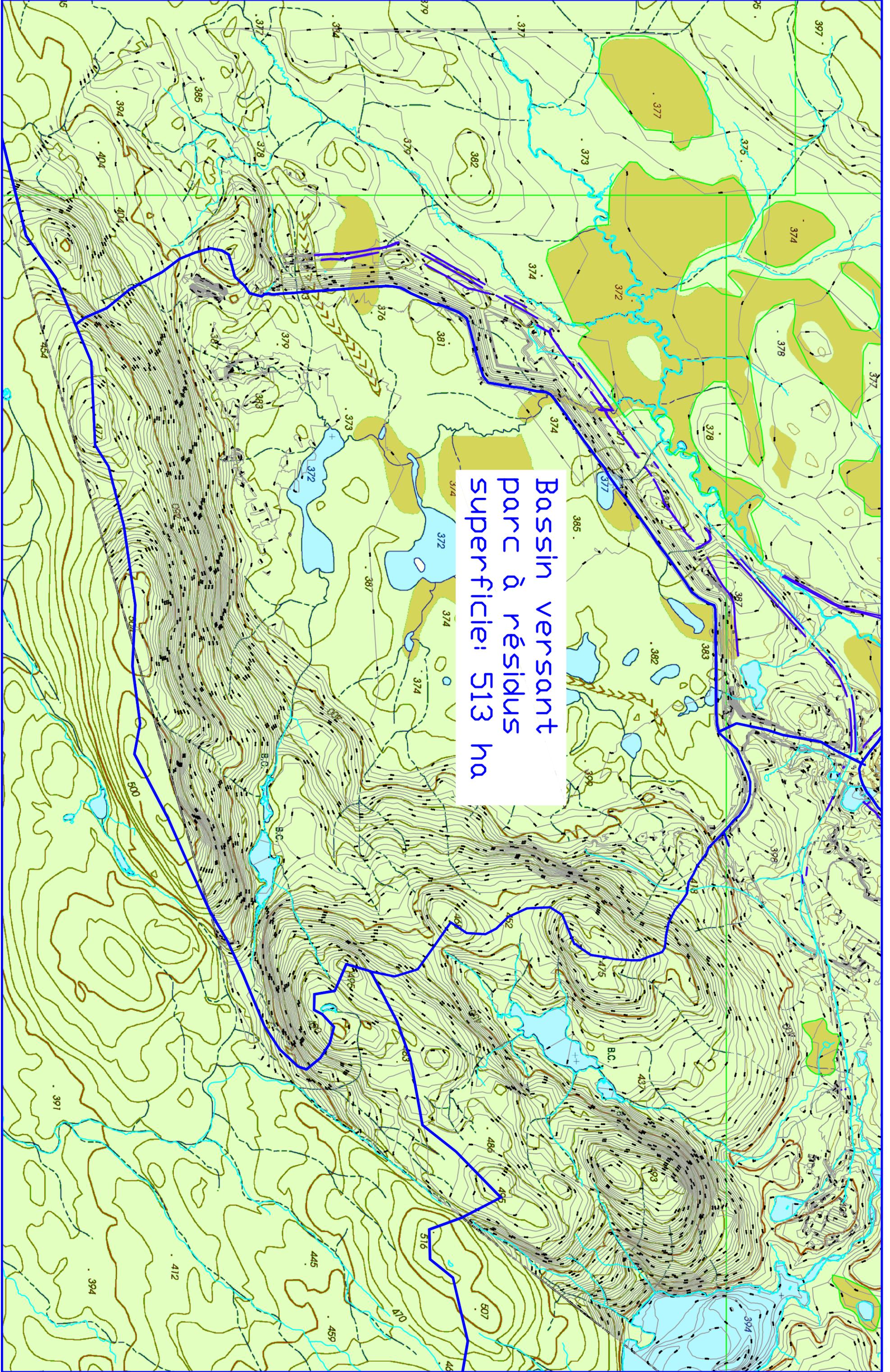
Bassin versant
parc à résidus
superficie 513 ha

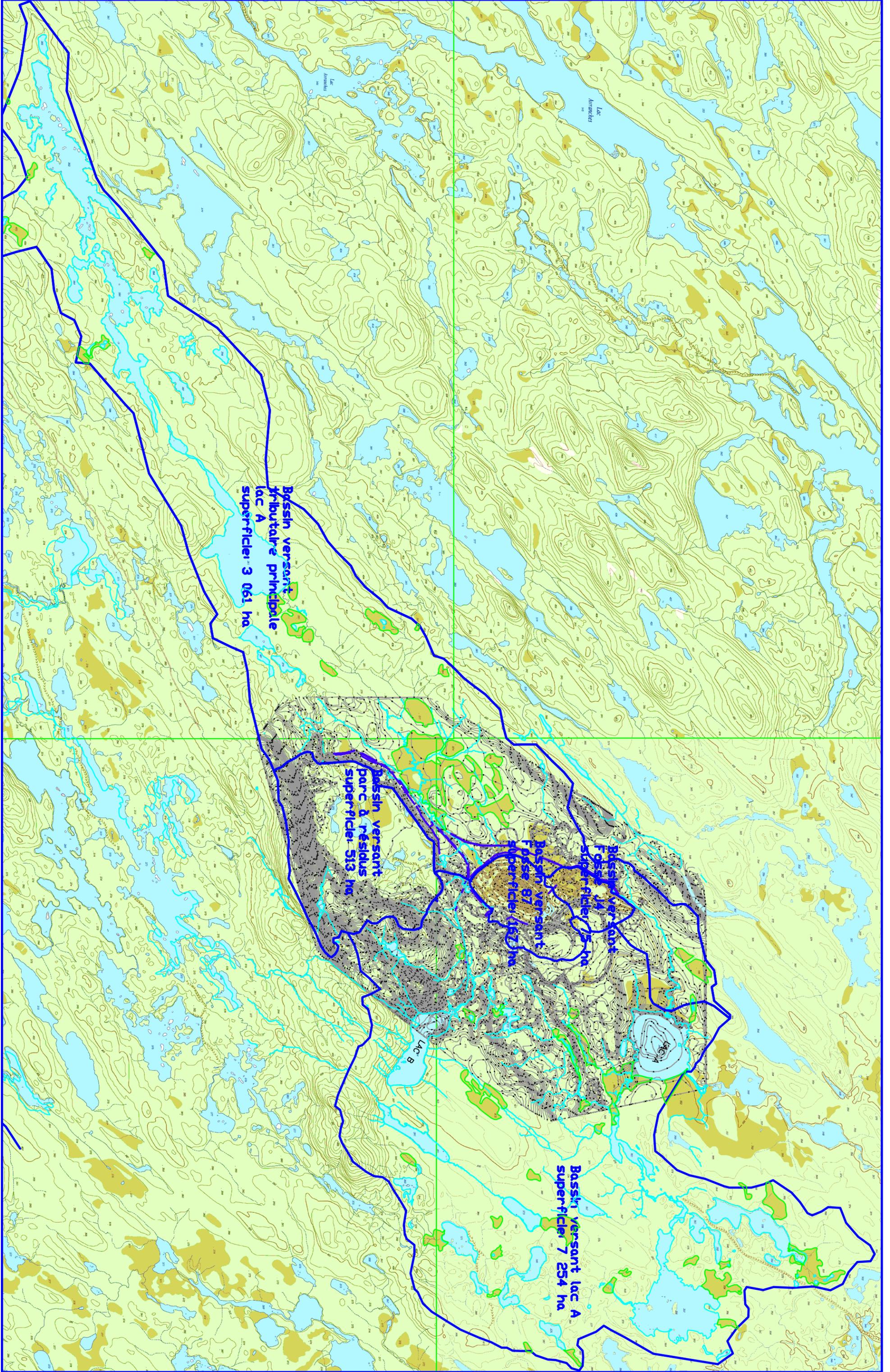
Bassin versant
Fosse 87
superficie 167 ha

Bassin versant
Fosse JA
superficie 75 ha

Bassin versant
Fosse JA
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**

**Bassin versant
Fosse 87
superficie: 162 ha**

**Bassin versant
Fosse 14
superficie: 75 ha**

**Bassin versant lac A
superficie: 7 254 ha**

Lac B

Lac
Ayvazka

Lac
Ayvazka

ANNEXE B

Courbes d'interprétation des essais de pompage



RAPPORT D'ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT Rabatement au PT2

PROJET: Fermeture Mine Troilus

PUITS DE POMPAGE: PT2

14,70 m

NO: AA115951

PUITS D'OBSERVATION: PT2

0,95 m

CLIENT: Inmet

DISTANCE r (m): 0,00

13,76 m

DATES: 12-sept-97

NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc

75,3 m³/h

DURÉE (min): 4320,0

RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 76,70

83,3 m³/h

| Temps (min) | Profondeur (m) | Rabatement (m) | Débit m ³ /h | Temps (min) | Profondeur (m) | Rabatement (m) | Débit m ³ /h | Temps (min) | Profondeur (m) | Rabatement (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 | | | | | | | | | |
| 45 | 70,650 | 55,950 | | | | | | | | | |
| 60 | 73,570 | 58,870 | | | | | | | | | |
| 75 | 75,710 | 61,010 | | | | | | | | | |
| 90 | 77,380 | 62,680 | | | | | | | | | |
| 105 | 78,690 | 63,990 | | | | | | | | | |
| 120 | 79,720 | 65,020 | | | | | | | | | |
| 150 | 81,370 | 66,670 | 83,5 | | | | | | | | |
| 180 | 82,480 | 67,780 | | | | | | | | | |
| 210 | 83,370 | 68,670 | 81,6 | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | |

Notes :

Arrêt du pompage pour 75 minutes à t = 2100m minutes

Venues d'eau 2,3 m³/h à 12,2 m

Venues d'eau 3,4 m³/h à 14,0 m

Venues d'eau 3,4 m³/h à 42,7 m

Venues d'eau 34,0 m³/h à 116,4 m

Venues d'eau 34,0 m³/h à 134,1 m

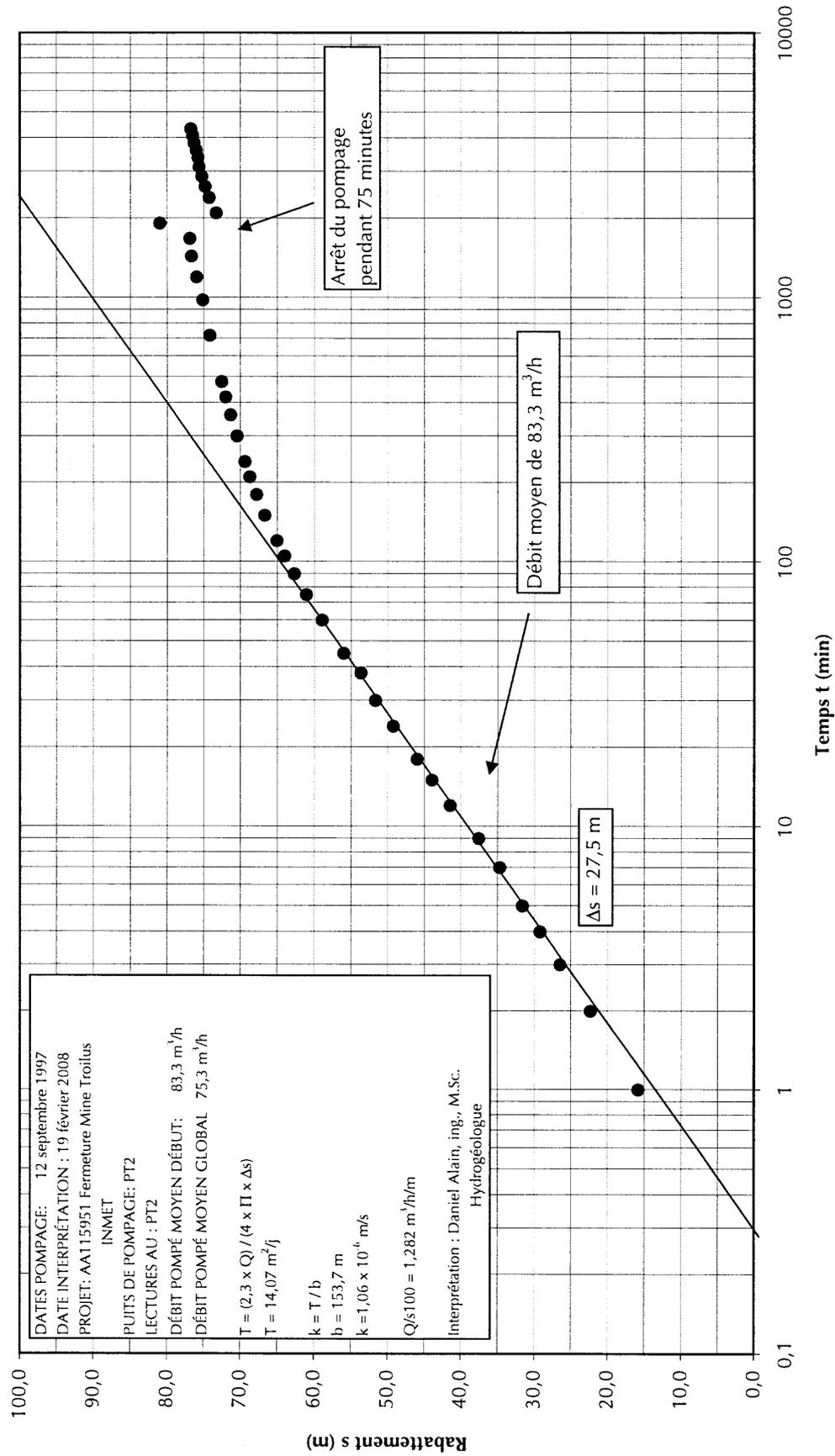
Tubage : 8,84 m

Profondeur : 162,46 m



GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT
COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PT2





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
 PUIITS D'OBSERVATION: PT2
 DISTANCE r (m): 0,00
 NOM DE L'OPÉRATEUR: Henri Cousineau & Fils Inc
 RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 76,70

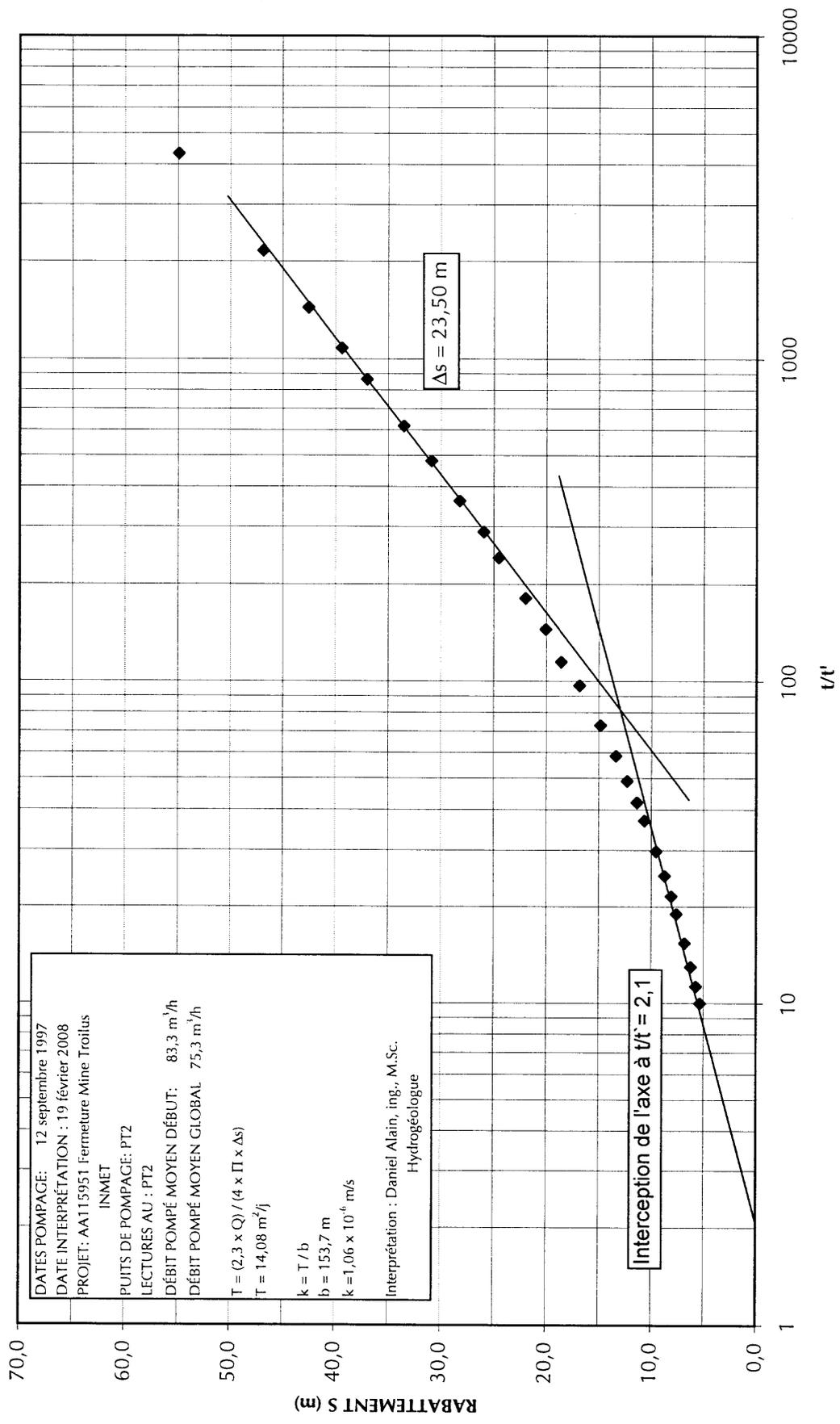
NIVEAU STATIQUE p/r TUBAGE: 14,70 m
 HAUTEUR h/s TUBAGE: 0,76 m
 NIVEAU STATIQUE p/r SOL: 13,94 m
 DÉBIT MOYEN (Q): 75,3 m³/h

| 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



DATES POMPAGE: 12 septembre 1997
DATE INTERPRÉTATION : 19 février 2008
PROJET: AA115951 Fermeture Mine Troilus
INMET
PUITS DE POMPAGE: PT2
LECTURES AU : PT2
DÉBIT POMPÉ MOYEN DÉBUT: 83,3 m³/h
DÉBIT POMPÉ MOYEN GLOBAL 75,3 m³/h
 $T = (2,3 \times Q) / (4 \times \pi \times \Delta s)$
 $T = 14,08 \text{ m}^2/\text{j}$
 $k = T/b$
 $b = 153,7 \text{ m}$
 $k = 1,06 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
Interprétation : Daniel Alain, ing., M.Sc.
Hydrogéologue



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 m³/h

DÉBIT DÉBUT (Q): 83,3 m³/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 :

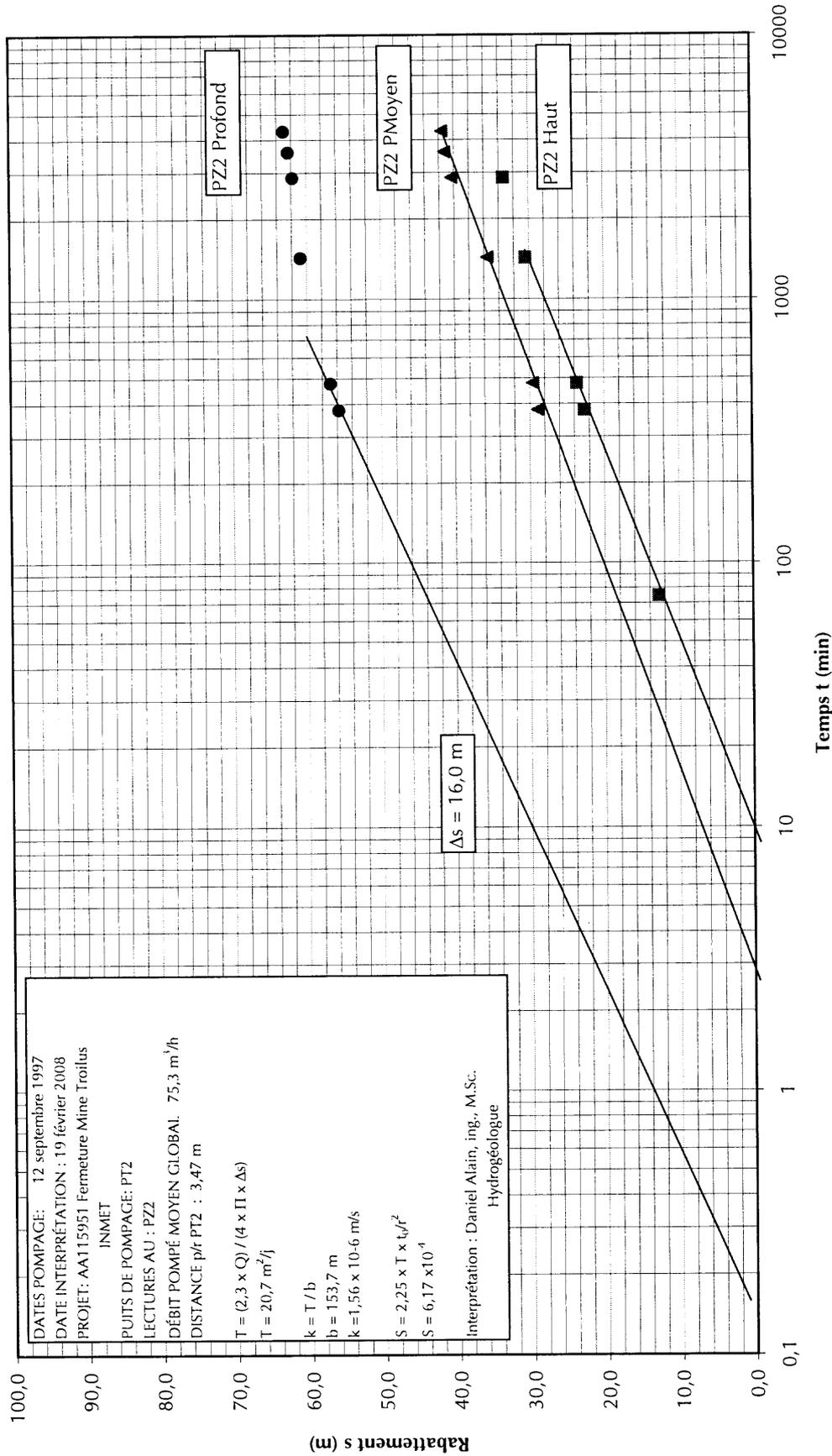
Le PZ2 moraine n'a pas réagi. Le NE s'est maintenu entre 4,59 et 4,64 m



GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

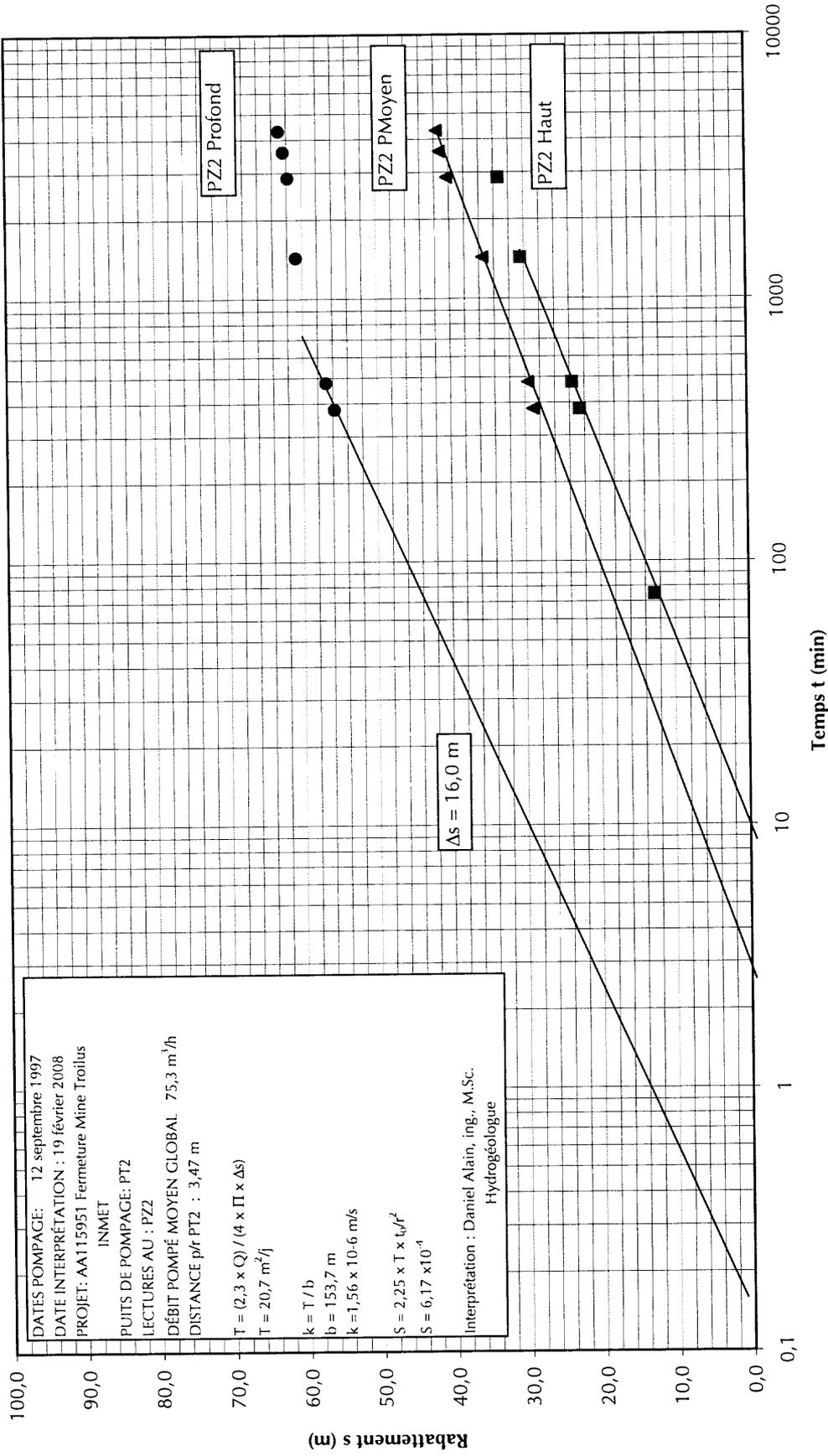
POMPAGE PT2, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ2 Profond, Moyen et Haut





GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT
POMPAGE PT2, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ2 Profond, Moyen et Haut

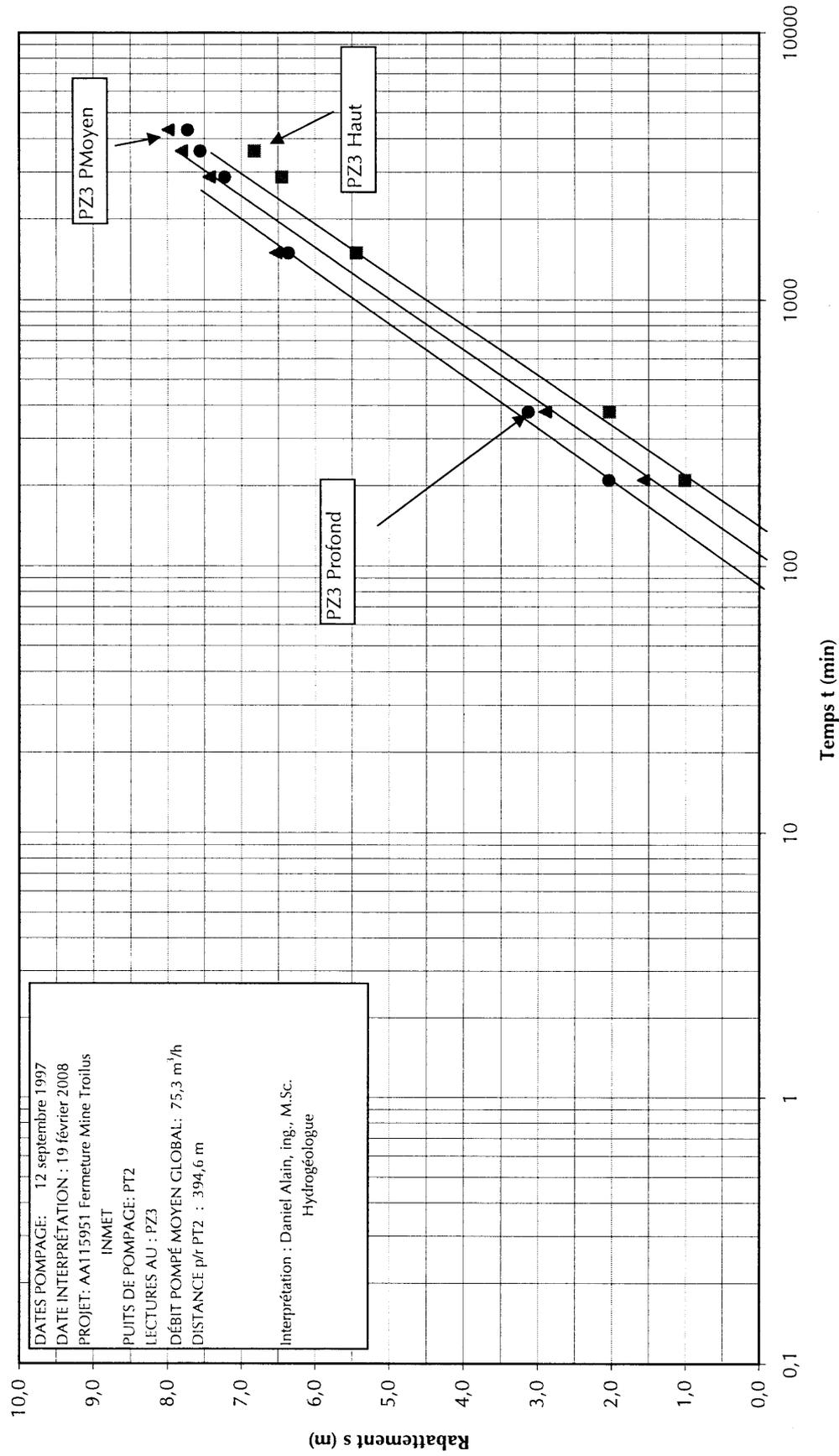




GENIVAR

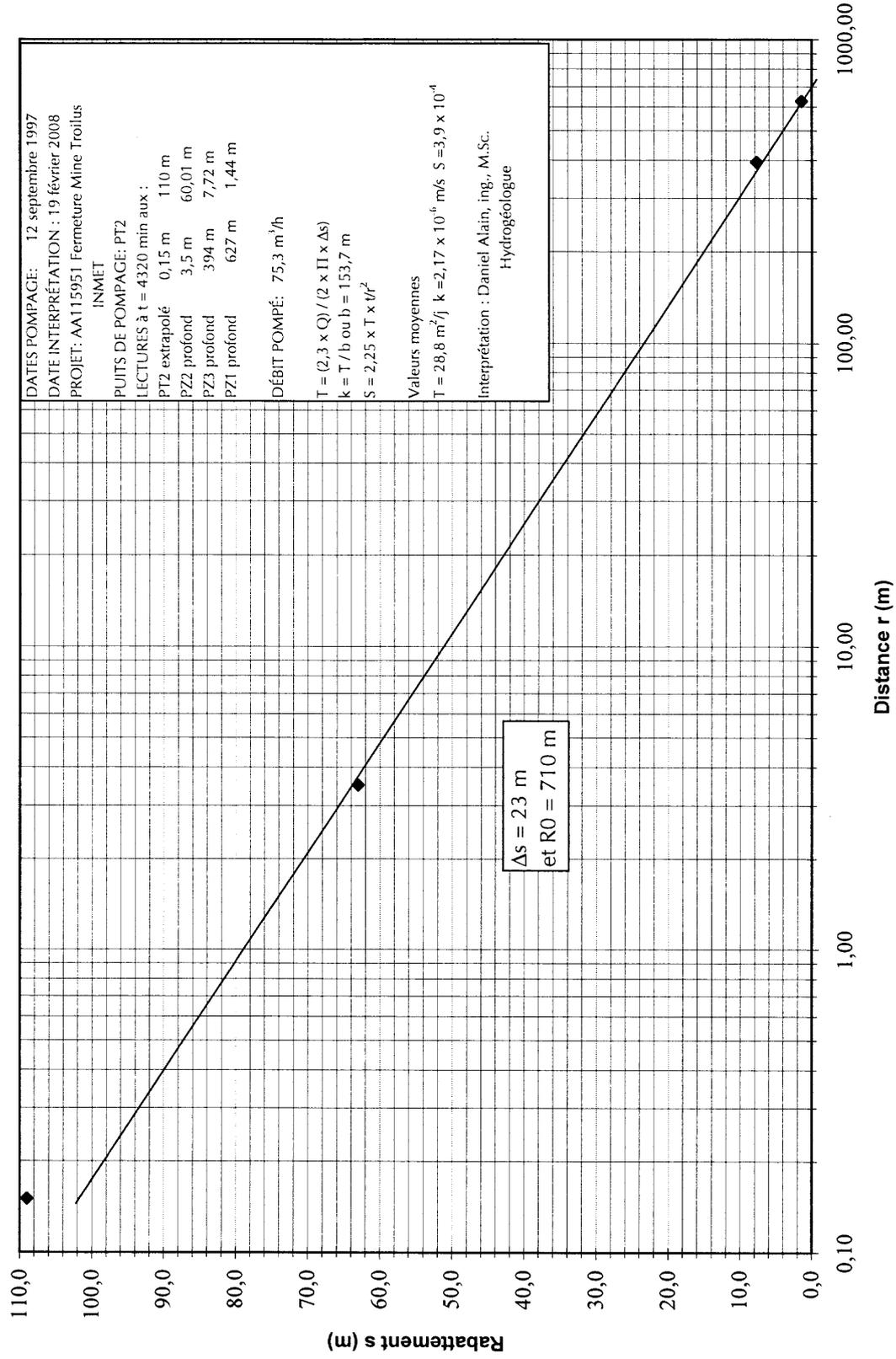
ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

POMPAGE PT2, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ3 Profond, Moyen et Haut



ESSAI DE POMPAGE AU PT2

Courbe rabattement s distance r



DATES POMPAGE: 12 septembre 1997
 DATE INTERPRÉTATION : 19 février 2008
 PROJET: AA115951 Fermeture Mine Troilus
 INMET
 PUIS DE POMPAGE: PT2
 LECTURES à t = 4320 min aux :
 PT2 extrapolé 0,15 m 110 m
 PZ2 profond 3,5 m 60,01 m
 PZ3 profond 394 m 7,72 m
 PZ1 profond 627 m 1,44 m
 DÉBIT POMPÉ: 75,3 m³/h
 $T = (2,3 \times Q) / (2 \times \Pi \times \Delta s)$
 $k = T / b$ ou $b = 153,7$ m
 $S = 2,25 \times T \times t / r^2$
 Valeurs moyennes
 $T = 28,8 \text{ m}^2/\text{j}$ $k = 2,17 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ $S = 3,9 \times 10^{-4}$
 Interprétation : Daniel Alain, ing., M.Sc.
 Hydrogéologue

$\Delta s = 23 \text{ m}$
 et $R0 = 710 \text{ m}$



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 m³/h
DÉBIT DÉBUT (Q): 72,6 m³/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 | 51,920 | 17,790 | | 1920 | 98,860 | 64,730 | 65,3 | | | | |
| 2 | 55,900 | 21,770 | | 2100 | 99,620 | 65,490 | | | | | |
| 3 | 58,540 | 24,410 | | 2400 | 100,360 | 66,230 | | | | | |
| 4 | 60,110 | 25,980 | | 2640 | 101,070 | 66,940 | | | | | |
| 5 | 61,500 | 27,370 | | 2880 | 102,470 | 68,340 | 62,4 | | | | |
| 7 | 63,290 | 29,160 | | 3120 | 100,480 | 66,350 | | | | | |
| 9 | 64,600 | 30,470 | | 3380 | 100,570 | 66,440 | | | | | |
| 12 | 66,030 | 31,900 | | 3600 | 101,280 | 67,150 | | | | | |
| 15 | 67,360 | 33,230 | | 3840 | 101,780 | 67,650 | | | | | |
| 18 | 68,350 | 34,220 | | 4080 | 102,240 | 68,110 | | | | | |
| 24 | 70,000 | 35,870 | | 4320 | 102,630 | 68,500 | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | |

Notes :

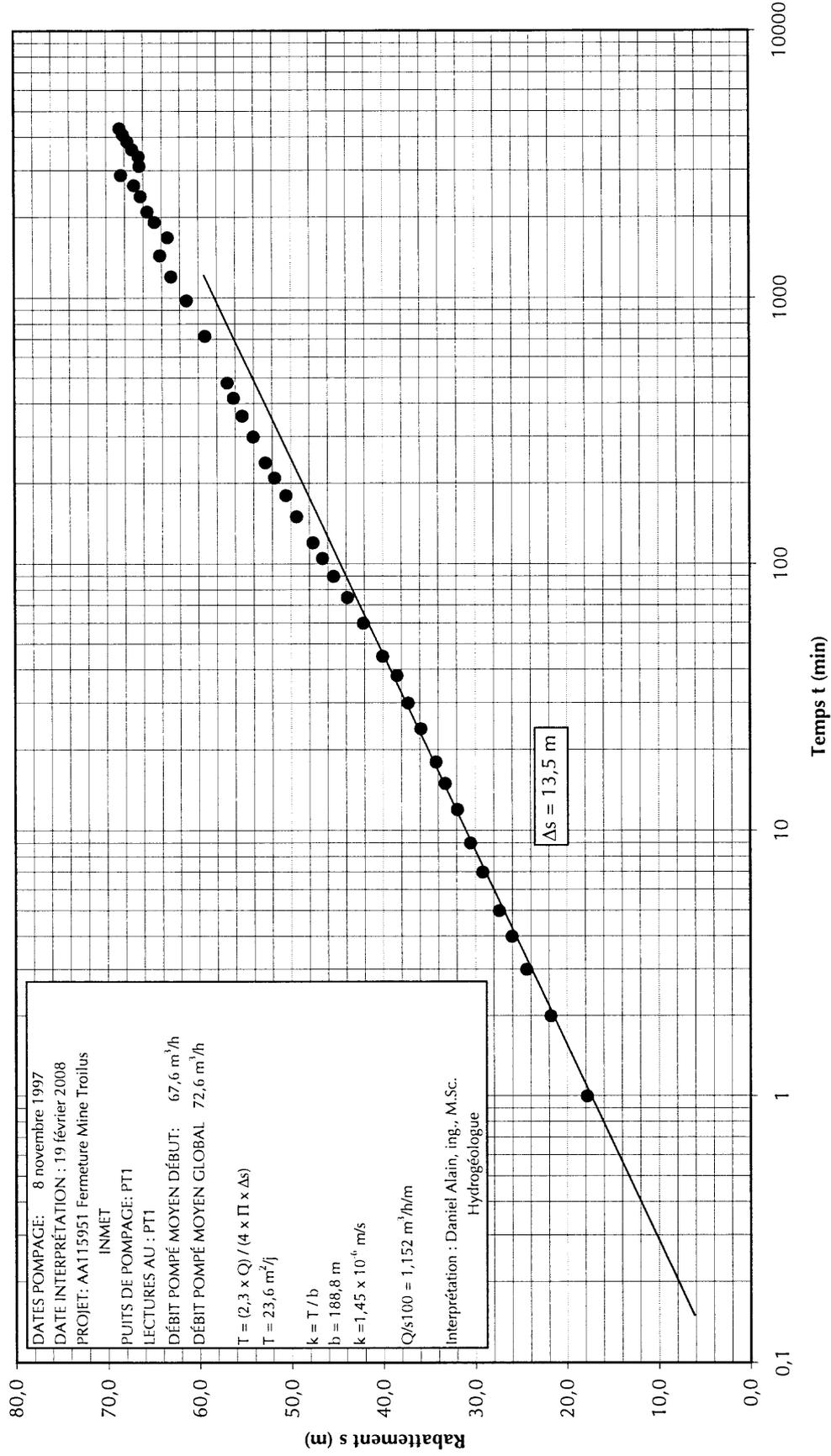
Venues d'eau 0,6 m³/h à 29,0 m
 Venues d'eau 10,7 m³/h à 64,6 m
 Venues d'eau 9,1 m³/h à 97,5 m
 Venues d'eau 22,7 m³/h à 79,4 m
 Venues d'eau 22,7 m³/h à 96,8 m
 Venues d'eau 11,3 m³/h à 105,9 m

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





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

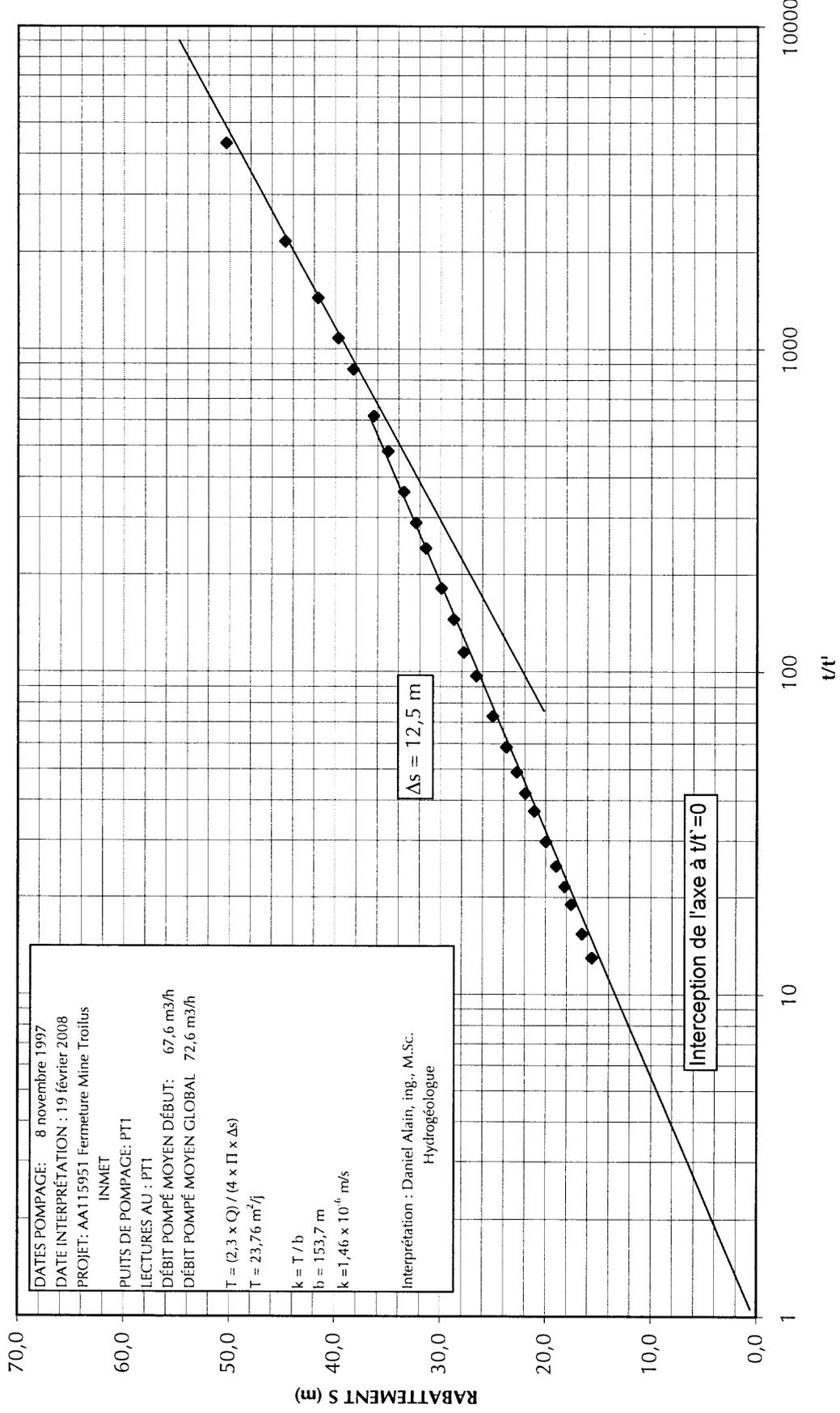
NIVEAU STATIQUE p/r SOL: 33,37 m

DÉBIT MOYEN (Q): 67,6 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 | | 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 | | | | | |



ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT REMONTÉE PT1





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

au PT1

RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 68,50

DÉBIT MOYEN (Q): 67,6 m³/h

DÉBIT DÉBUT (Q): 72,6 m³/h

PZ4 profond : 150,9 m

| Temps (min) | Profondeur (m) | Rabattement (m) |
|-------------|----------------|-----------------|
| 0 | 24,460 | 8,500 |
| 480 | 32,960 | 17,690 |
| 1920 | 42,150 | 22,580 |
| 3360 | 47,040 | 23,140 |
| 4320 | 47,600 | |

PZ4 Milieu : 100,6 m

| Temps (min) | Profondeur (m) | Rabattement (m) |
|-------------|----------------|-----------------|
| 0 | 21,570 | 2,030 |
| 480 | 23,600 | 3,880 |
| 1920 | 25,450 | 7,810 |
| 3360 | 29,380 | |

PZ4 Haut : 47,6 m

| Temps (min) | Profondeur (m) | Rabattement (m) |
|-------------|----------------|-----------------|
| 0 | 21,80 | 2,400 |
| 480 | 24,20 | 7,580 |
| 1920 | 29,38 | 5,600 |
| 3360 | 27,40 | |

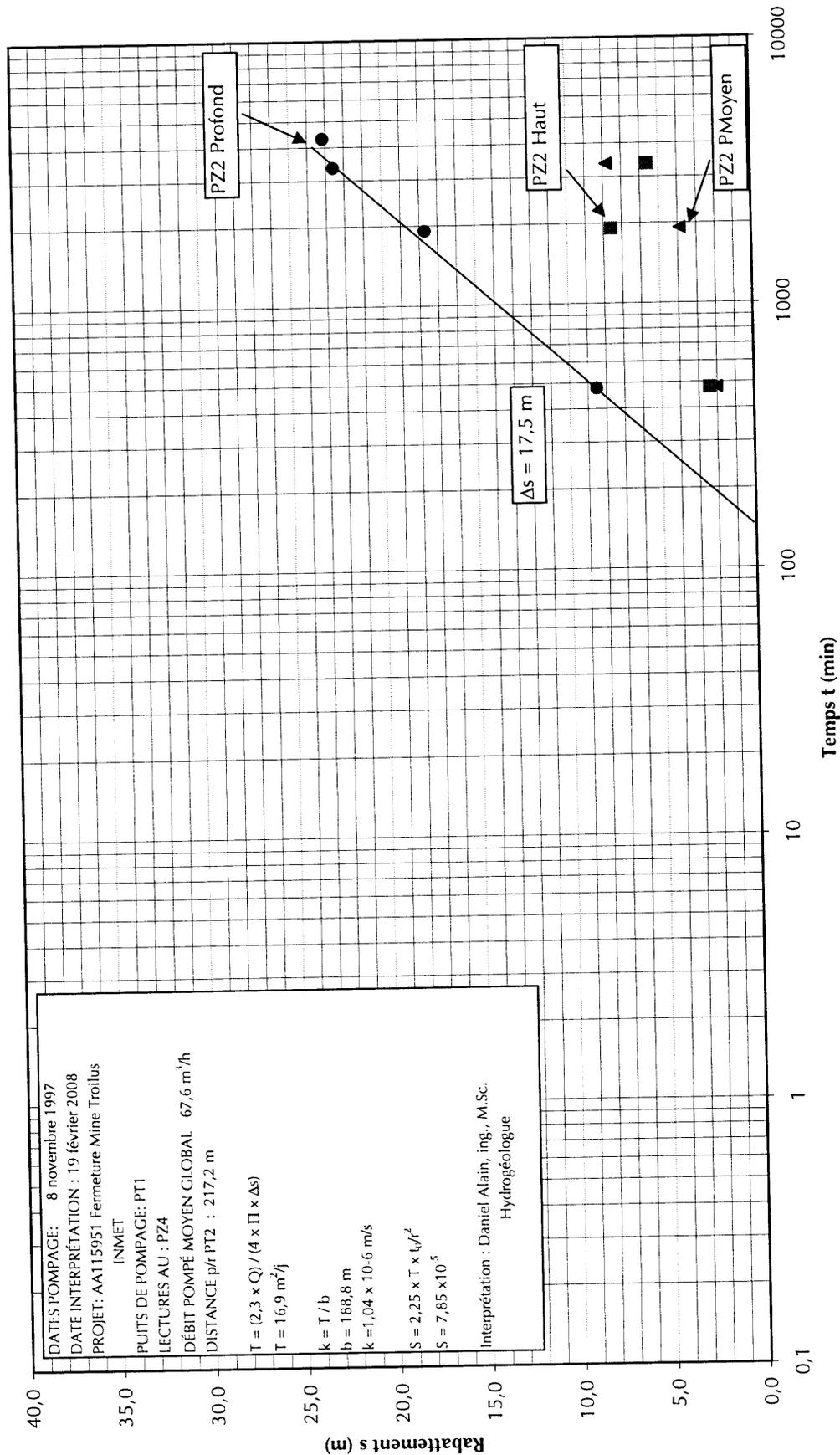


GENIVAR

ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT
POMPAGE PT1, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ4 Profond, PZ4 Profond, Moyen et Haut

DATES POMPAGE: 8 novembre 1997
DATE INTERPRÉTATION : 19 février 2008
PROJET: AA115951 Fermeture Mine Troilus
INMET
PUITS DE POMPAGE: PT1
LECTURES AU : PZ4
DÉBIT POMPÉ MOYEN GLOBAL 67,6 m³/h
DISTANCE p/r PT2 : 217,2 m
 $T = (2,3 \times Q) / (4 \times \Pi \times \Delta s)$
 $T = 16,9 \text{ m}^2/\text{j}$
 $k = T/b$
 $b = 188,8 \text{ m}$
 $k = 1,04 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
 $S = 2,25 \times T \times t_0/r^2$
 $S = 7,85 \times 10^{-5}$

Interprétation : Daniel Alain, ing., M.Sc.
Hydrogéologue





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

au PT1

RABATTEMENT MAX OBTENU (m): 68,50

DÉBIT MOYEN (Q): 67,6 m³/h

DÉBIT DÉBUT (Q): 72,6 m³/h

PZ5 profond : 170,1 m

| Temps (min) | Profondeur (m) | Rabattement (m) |
|-------------|----------------|-----------------|
| 0 | 28,720 | 4,310 |
| 480 | 33,030 | 10,240 |
| 1920 | 38,960 | 12,730 |
| 3360 | 41,450 | 33,740 |
| 4320 | 62,460 | |

PZ5 Milieu : 124,4 m

| Temps (min) | Profondeur (m) | Rabattement (m) |
|-------------|----------------|-----------------|
| 0 | 28,370 | 7,020 |
| 480 | 35,390 | 11,610 |
| 1920 | 39,980 | 13,810 |
| 3360 | 42,180 | |

PZ5 Haut : 48,5 m

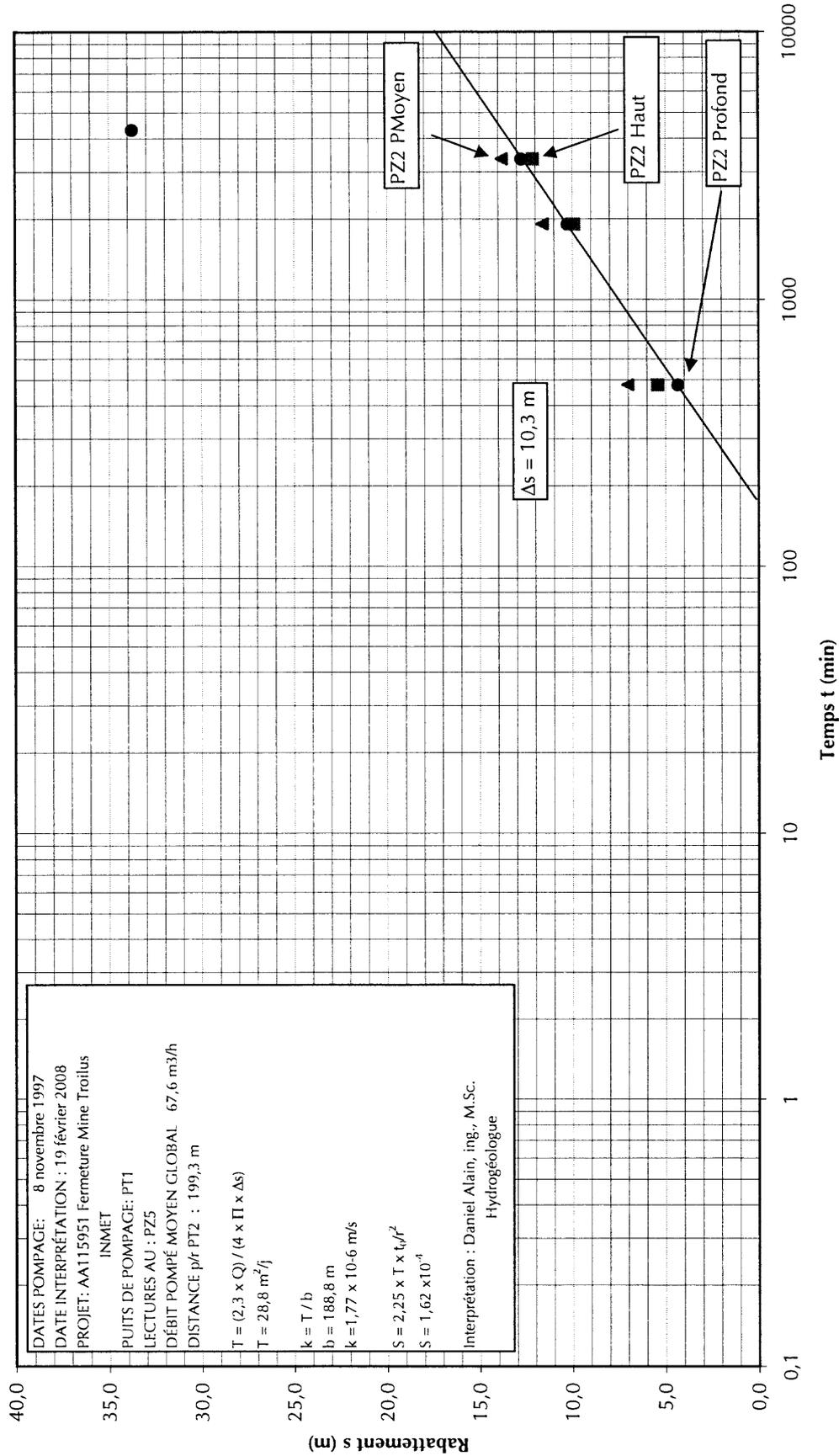
| Temps (min) | Profondeur (m) | Rabattement (m) |
|-------------|----------------|-----------------|
| 0 | 28,30 | 5,400 |
| 480 | 33,70 | 9,900 |
| 1920 | 38,20 | 12,120 |
| 3360 | 40,42 | |



GENIVAR

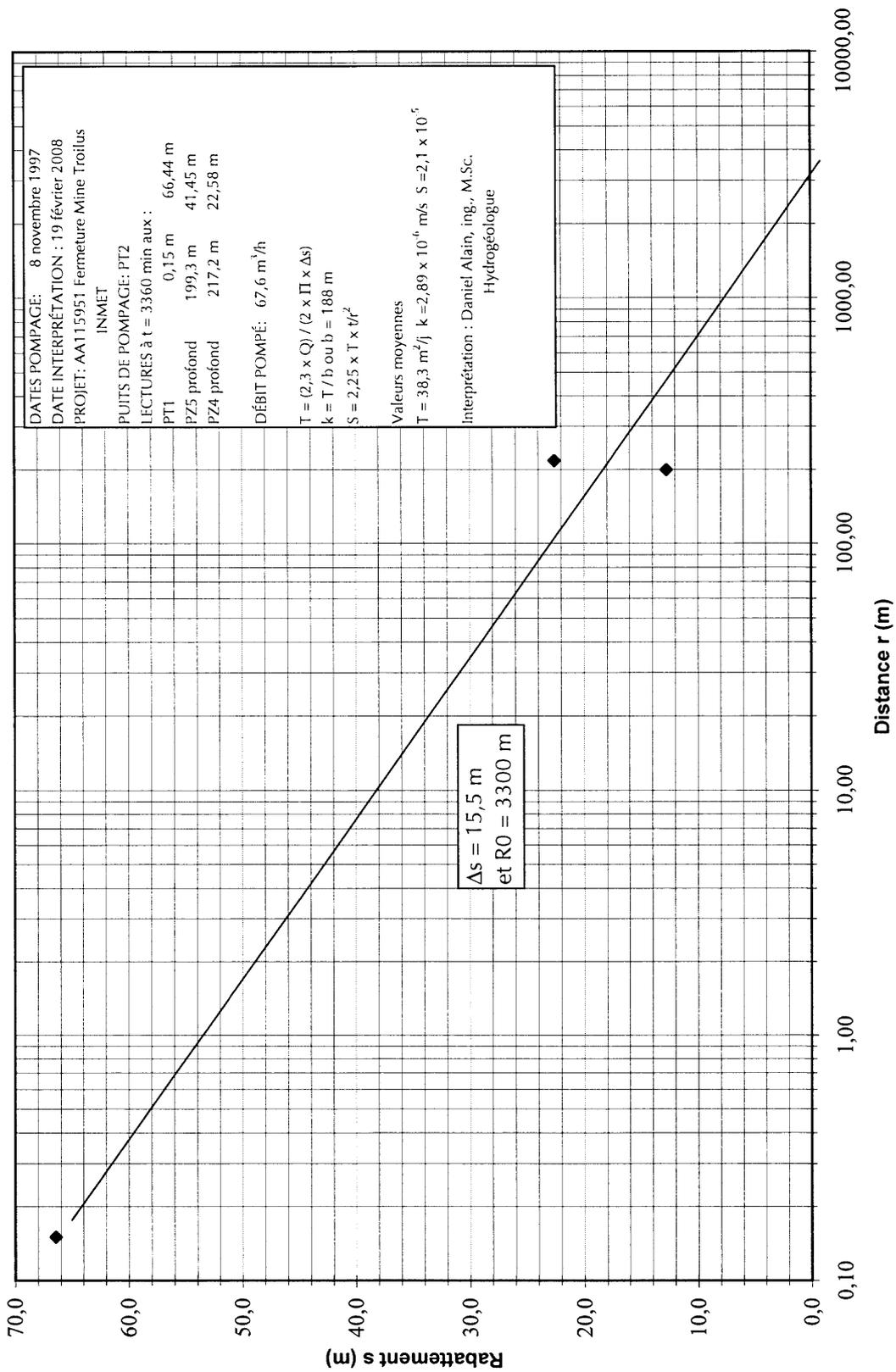
ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

POMPAGE PT1, COURBE DE RABATTEMENT S EN FONCTION DU TEMPS t, PZ5 Profond, Moyen et Haut



ESSAI DE POMPAGE AU PT1

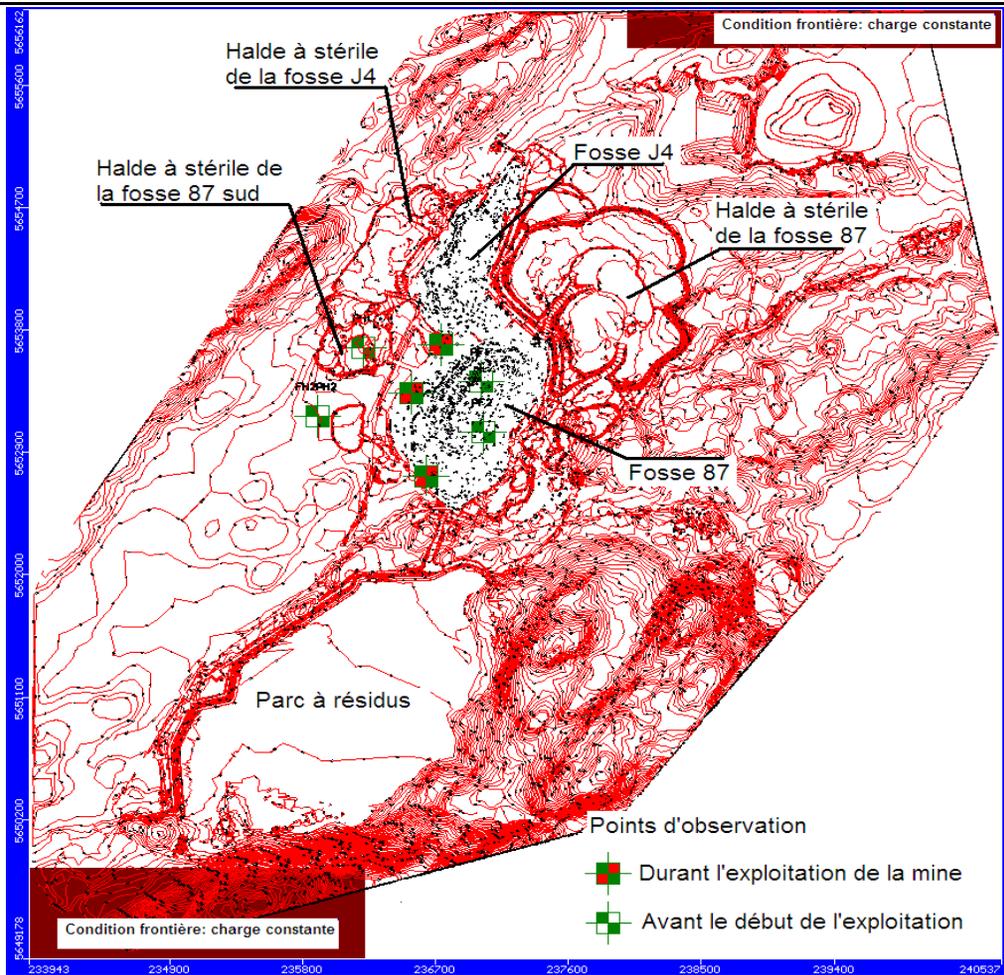
Courbe rabattement s distance r



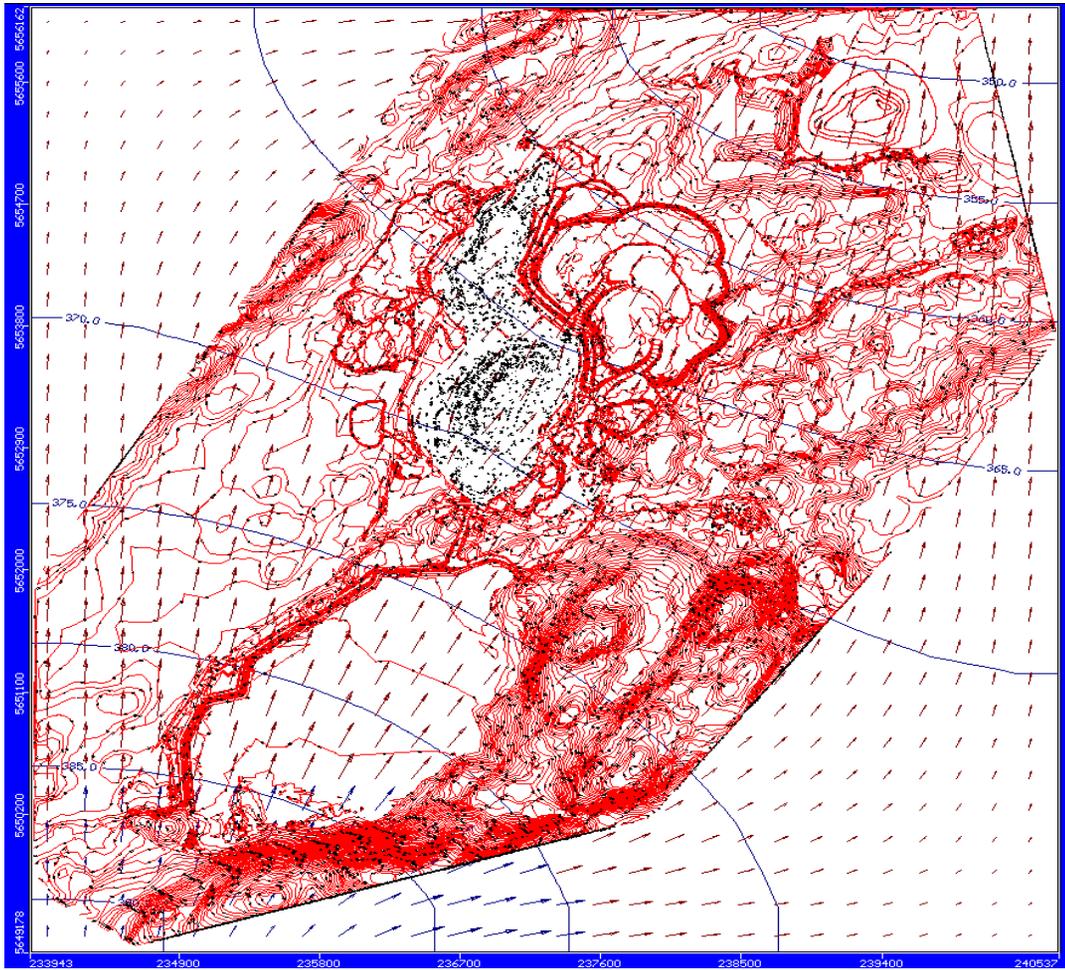
DATES POMPAGE: 8 novembre 1997
DATE INTERPRÉTATION : 19 février 2008
PROJET: AA115951 Fermeture Mine Troilus
 INMET
PUITS DE POMPAGE: PT2
LECTURES à t = 3360 min aux :
 PT1 0,15 m 66,44 m
 PZ5 profond 199,3 m 41,45 m
 PZ4 profond 217,2 m 22,58 m
DÉBIT POMPÉ: 67,6 m³/h
 $T = (2,3 \times Q) / (2 \times \Pi \times \Delta s)$
 $k = T / b$ ou $b = 188$ m
 $S = 2,25 \times T \times t / r^2$
Valeurs moyennes
 $T = 38,3$ m²/j $k = 2,89 \times 10^{-6}$ m/s $S = 2,1 \times 10^{-5}$
Interprétation : Daniel Alain, ing., M.Sc.
 Hydrogéologue

ANNEXE C

Modélisation numérique

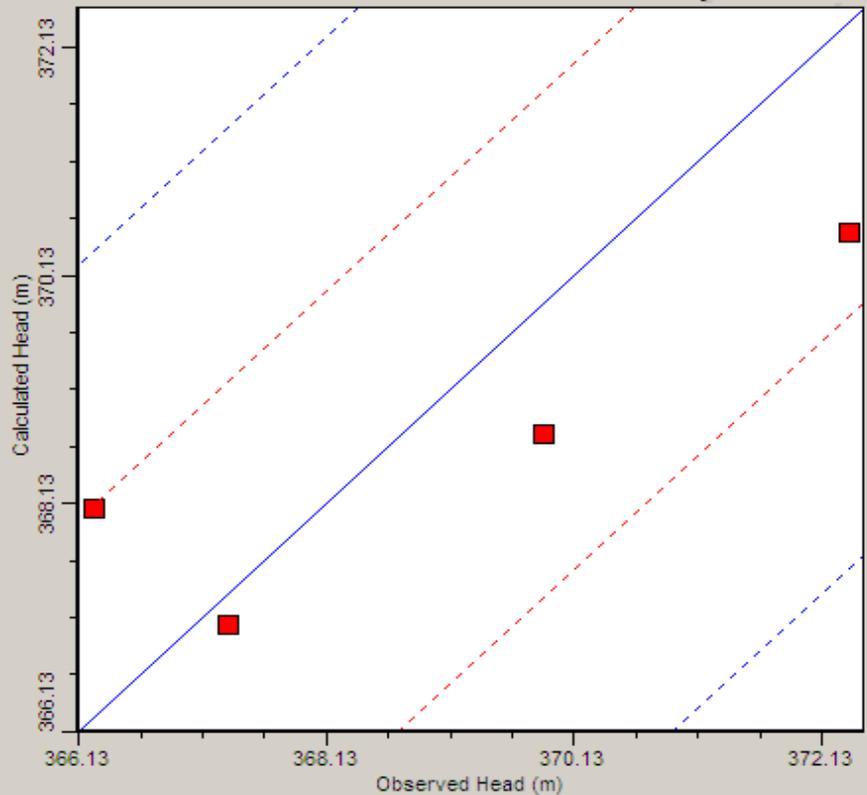


| | | | | | | |
|---|----------------------|------------------|---|-------------|----------|-----------|
| CLIENT | LES MINES INMET INC. | | DSN PAR: | PROJET | REV.NO: | N/A |
| | | | O.F. | titre | DATE: | Mar, 2009 |
|  5355, boulevard des Gradins, Québec (Québec) Canada G2J 1C8 | VRF PAR: | Troilus (Québec) | | NO PROJET : | AA115951 | |
| | O.F. | TITRE | Domaine et conditions frontières du modèle hydrogéologique. | | FIGURE : | 5.3 |
| | ÉCHELLE: | (cas de base) | | | | |
| | Comme indiquée | | | | | |



| | | | | | | | |
|--|----------------------|----------|----------------|---------|--|------------|-----------|
| CLIENT | LES MINES INMET INC. | DSN PAR: | O.F. | PROJET | titre Troilus (Québec) | REV.NO: | N/A |
| | | VRF PAR: | O.F. | | | DATE: | Mar, 2009 |
|  GENIVAR (Québec) Canada G2J 1C8 | | ÉCHELLE: | Comme indiquée | TITRE | Écoulement dans le socle rocheux avant de début d'exploitation. (cas de base) | NO PROJET: | AA115951 |
| | | | | FIGURE: | 5.4 | | |

Calculated vs. Observed Head : Steady state



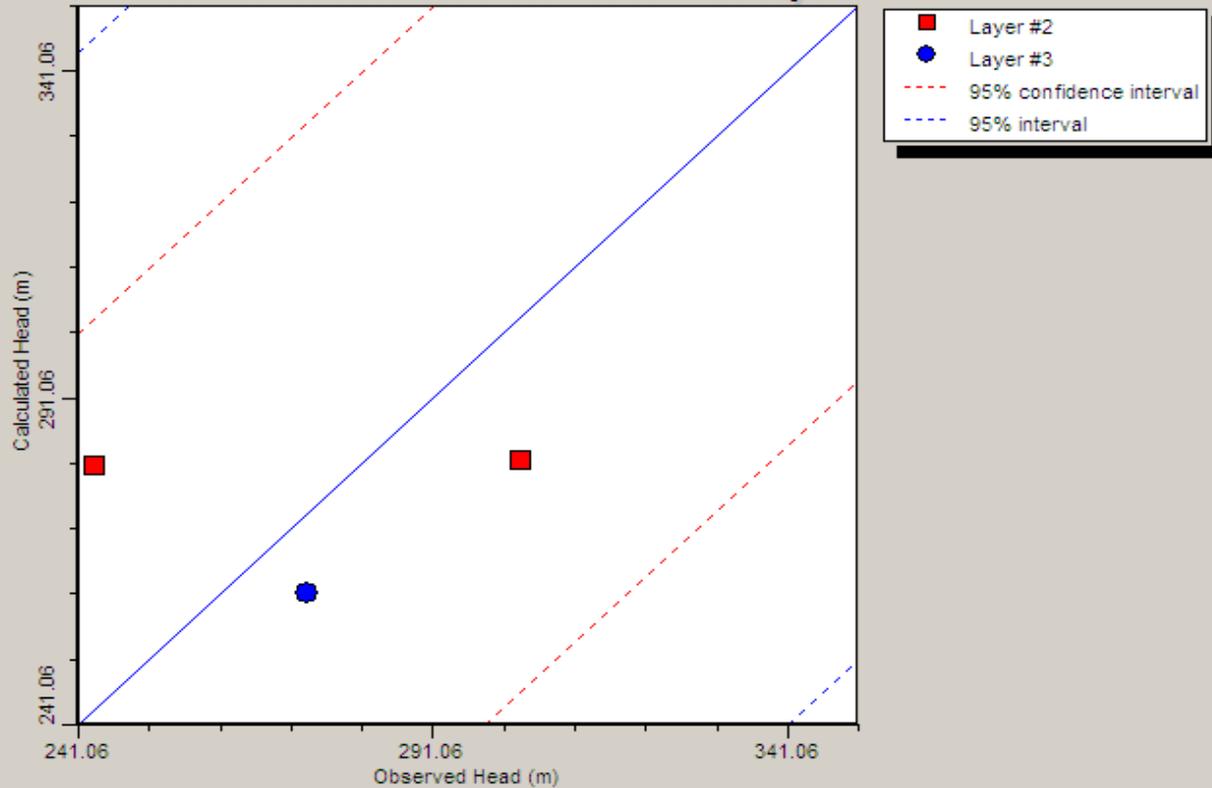
■ Layer #4
--- 95% confidence interval
--- 95% interval

Max. Residual: -1.851 (m) at FH2PH2/4
 Min. Residual: -0.265 (m) at PF1/2
 Residual Mean : -0.355 (m)
 Abs. Residual Mean : 1.274 (m)

Num. of Data Points : 4
 Standard Error of the Estimate : 0.8 (m)
 Root Mean Squared : 1.43 (m)
 Normalized RMS : 23.397 (%)
 Correlation Coefficient : 0.886

| | | | | | |
|----------|-----------------------------|---|---------------------------|-------------|-----------|
| CLIENT | LES MINES INMET INC. | DSN PAR: | PROJET | REV.NO: | N/A |
| | (Québec) Canada G2J 1C8 | O.F. | titre Troilus (Québec) | DATE: | Mar, 2009 |
| VRF PAR: | | TITRE | | NO PROJET : | AA115951 |
| O.F. | | Charges observées vs charges calculées avant début d'exploitation. (cas de base) | FIGURE : | 5.5 | |
| ÉCHELLE: | Comme indiquée | | | | |

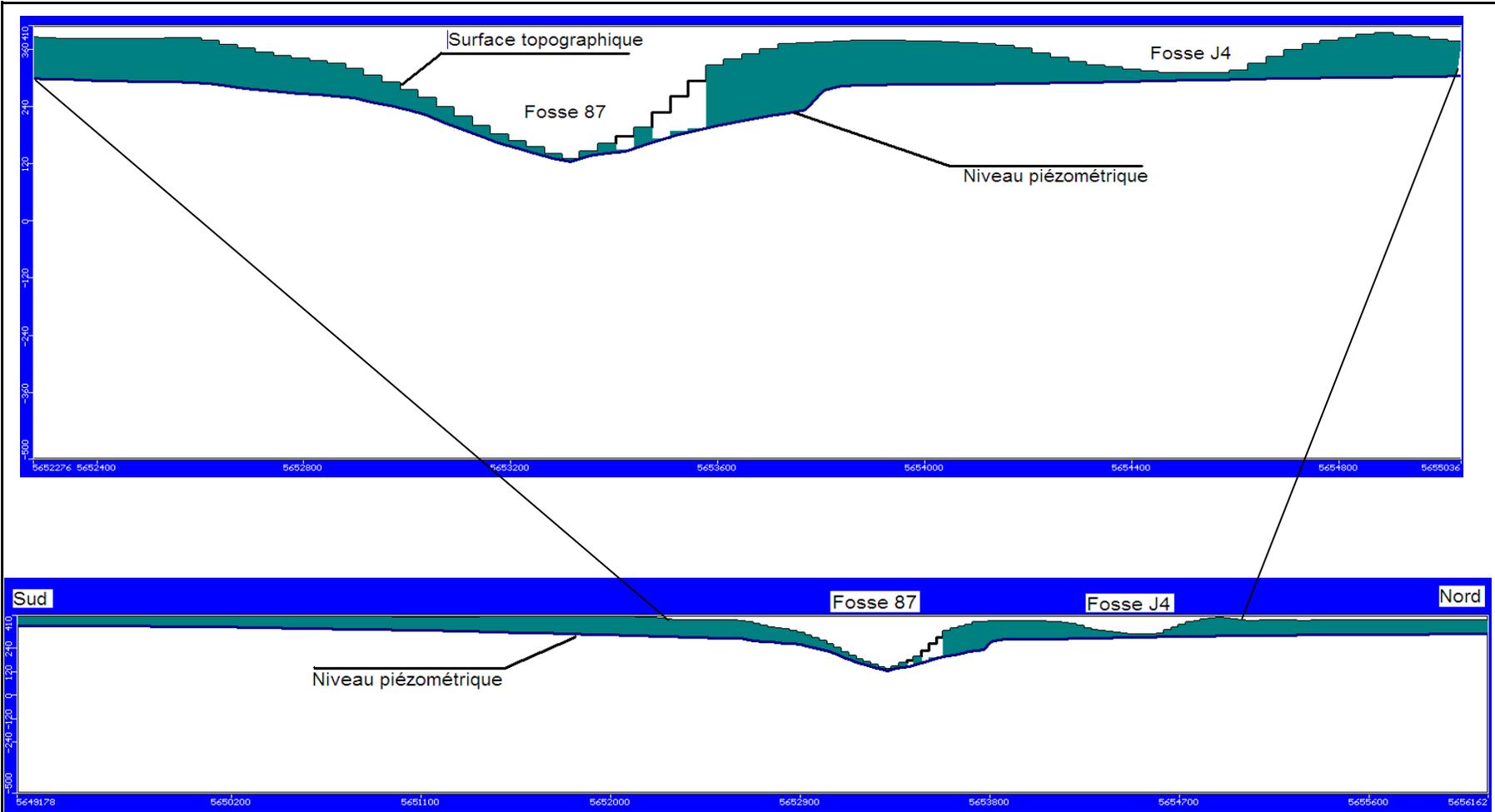
Calculated vs. Observed Head : Time = 1E9 days



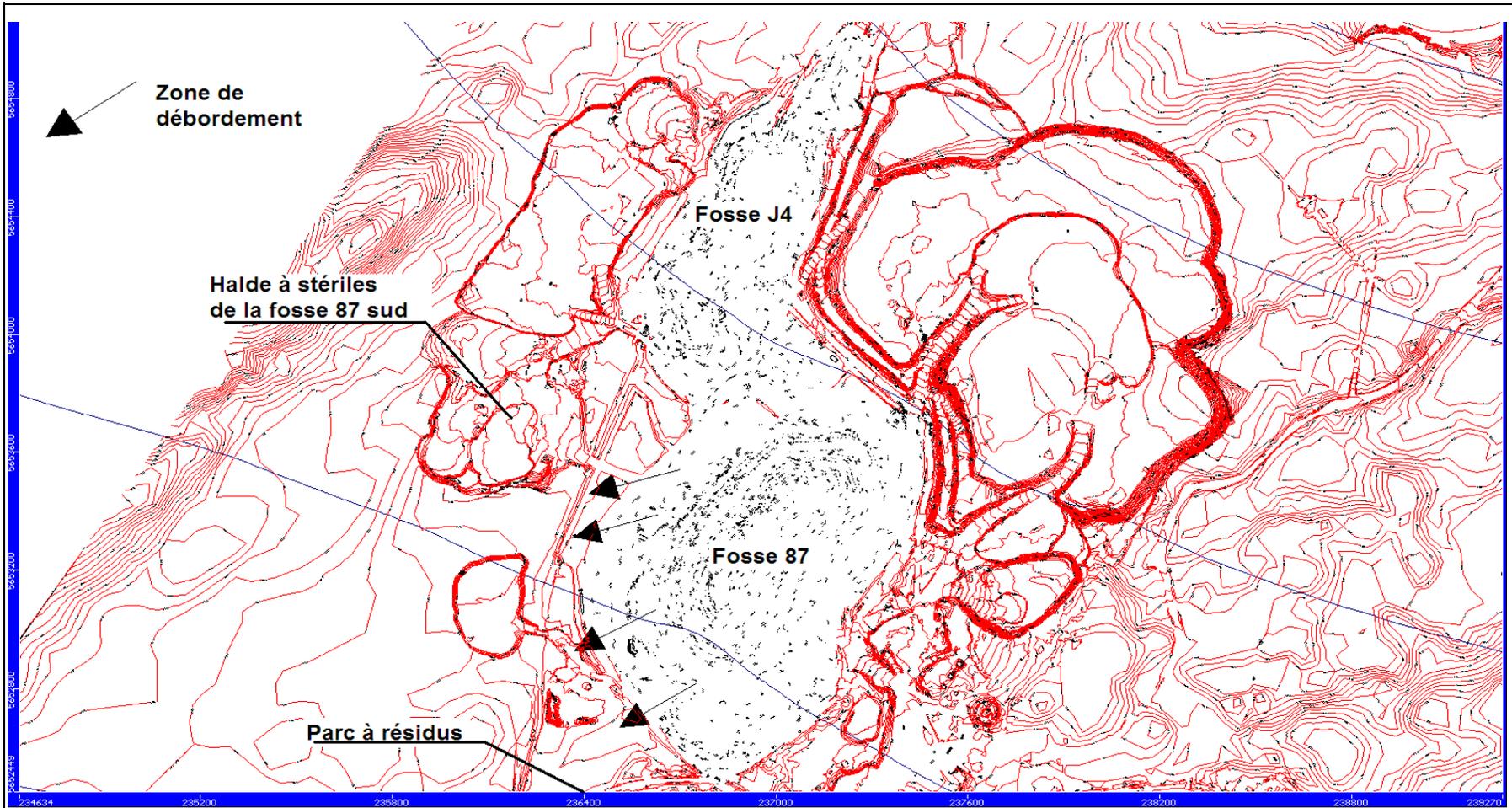
Max. Residual: 37.649 (m) at PZ2/2
 Min. Residual: -11.941 (m) at PZ1/1
 Residual Mean : 1.317 (m)
 Abs. Residual Mean : 23.782 (m)

Num. of Data Points : 3
 Standard Error of the Estimate : 18.386 (m)
 Root Mean Squared : 26.035 (m)
 Normalized RMS : 43.189 (%)
 Correlation Coefficient : 0.039

| | | | | |
|--|----------|--|-------------|-----------|
| CLIENT LES MINES INMET INC. | DSN PAR: | PROJET titre | REV.NO: | N/A |
| | O.F. | | DATE: | Mar, 2009 |
|  (Québec) Canada G2J 1C8 | VRF PAR: | TITRE Troilus (Québec) | NO PROJET : | AA115951 |
| | O.F. | | FIGURE : | 5.6 |
| | ÉCHELLE: | Charges observées vs charges calculées après le début d'exploitation. (cas de base) | | |
| Comme indiquée | | | | |



| | | | |
|---|----------------------------|---|-------------------------|
| CLIENT LES MINES INMET INC. | DSN PAR: O.F. | PROJET titre Troilus (Québec) | REV.NO: N/A |
| | VRF PAR: O.F. | | DATE: Mar, 2009 |
|  5355, boulevard des Gradins, Québec (Québec) Canada G2J 1C8 | ÉCHELLE: Comme indiquée | TITRE Rabattements au site Troilus lors du dénoyage des fosses. (cas de base) | NO PROJET : AA115951 |
| | | | FIGURE : 5.7 |



| | | | | | |
|---|----------------------|---|---------------------------|----------|-----------|
| CLIENT | LES MINES INMET INC. | DSN PAR: | PROJET | REV.NO: | N/A |
| | | O.F. | titre Troilus (Québec) | DATE: | Mar, 2009 |
| VRF PAR: | TITRE | NO PROJET : | | AA115951 | |
|  5355, boulevard des Gradins, Québec (Québec) Canada G2J 1C8 | O.F. | Zones de débordement après l'envoiement des fosses. | FIGURE : | 5.12 | |
| | ÉCHELLE: | | Comme indiquée | | |

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 2.8Mm³.

En considérant une porosité d'environ 35% on obtient le volume total disponible pour accueillir les eaux souterraines et de surface, soit 7.5Mm³ (au lieu de 9.36 Mm³, 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.

| Réurrence | 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 m³/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)

| Année | Mois | Débit max dans ruisseau sans nom (m3/s) | Débit dans le ruisseau (m3/s) | Débit du parc à résidus (m3/s) | Débit à pomper (m3/s) | Débit à pomper (m3/mois) | Volume de départ (m3) | Épaisseur d'eau (m) | Débit à pomper (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine sans rabattement (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine avec rabattement (m3/mois) | Précipitation (m3/mois) | Volume à la fin du mois (m3) | Épaisseur d'eau à la fin du mois (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)

| Année | Mois | Débit max dans ruisseau sans nom (m3/s) | Débit dans le ruisseau (m3/s) | Débit du parc à résidus (m3/s) | Débit à pomper (m3/s) | Débit à pomper (m3/mois) | Volume de départ (m3) | Épaisseur d'eau (m) | Débit à pomper (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine sans rabattement (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine avec rabattement (m3/mois) | Précipitation (m3/mois) | Volume à la fin du mois (m3) | Épaisseur d'eau à la fin du mois (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)

| Année | Mois | Débit max dans ruisseau sans nom (m3/s) | Débit dans le ruisseau (m3/s) | Débit du parc à résidus (m3/s) | Débit à pomper (m3/s) | Débit à pomper (m3/mois) | Volume de départ (m3) | Épaisseur d'eau (m) | Débit à pomper (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine sans rabattement (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine avec rabattement (m3/mois) | Précipitation (m3/mois) | Volume à la fin du mois (m3) | Épaisseur d'eau à la fin du mois (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)

| An | Mois | Débit max dans ruisseau sans nom (m3/s) | Débit dans le ruisseau (m3/s) | Débit du parc à résidus (m3/s) | Débit à pomper (m3/s) | Débit à pomper (m3/mois) | Volume de départ (m3) | Épaisseur d'eau (m) | Débit à pomper (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine sans rabattement (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine avec rabattement (m3/mois) | Précipitation (m3/mois) | Volume à la fin du mois (m3) | Épaisseur d'eau à la fin du mois (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)

| An | Mois | Débit max dans ruisseau sans nom (m3/s) | Débit dans le ruisseau (m3/s) | Débit du parc à résidus (m3/s) | Débit à pomper (m3/s) | Débit à pomper (m3/mois) | Volume de départ (m3) | Épaisseur d'eau (m) | Débit à pomper (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine sans rabattement (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine avec rabattement (m3/mois) | Précipitation (m3/mois) | Volume à la fin du mois (m3) | Épaisseur d'eau à la fin du mois (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

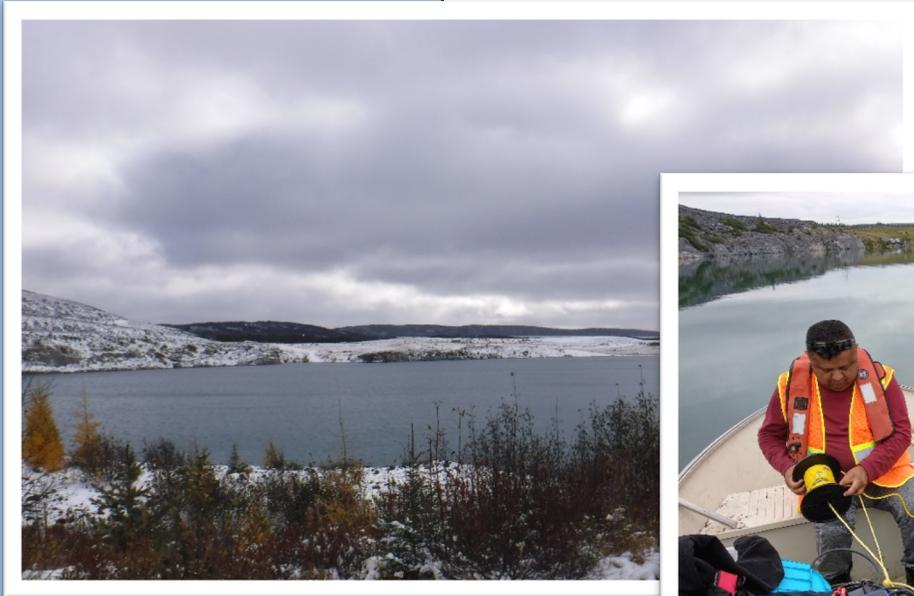
Inflow : 2 (indiquer 1 for steady-state only, 2 for steady state plus drain-down)

| An | Mois | Débit max dans ruisseau sans nom (m3/s) | Débit dans le ruisseau (m3/s) | Débit du parc à résidus (m3/s) | Débit à pomper (m3/s) | Débit à pomper (m3/mois) | Volume de départ (m3) | Épaisseur d'eau (m) | Débit à pomper (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine sans rabattement (m3/mois) | Infiltration d'eau souterraine avec rabattement (m3/mois) | Précipitation (m3/mois) | Volume à la fin du mois (m3) | Épaisseur d'eau à la fin du mois (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 |



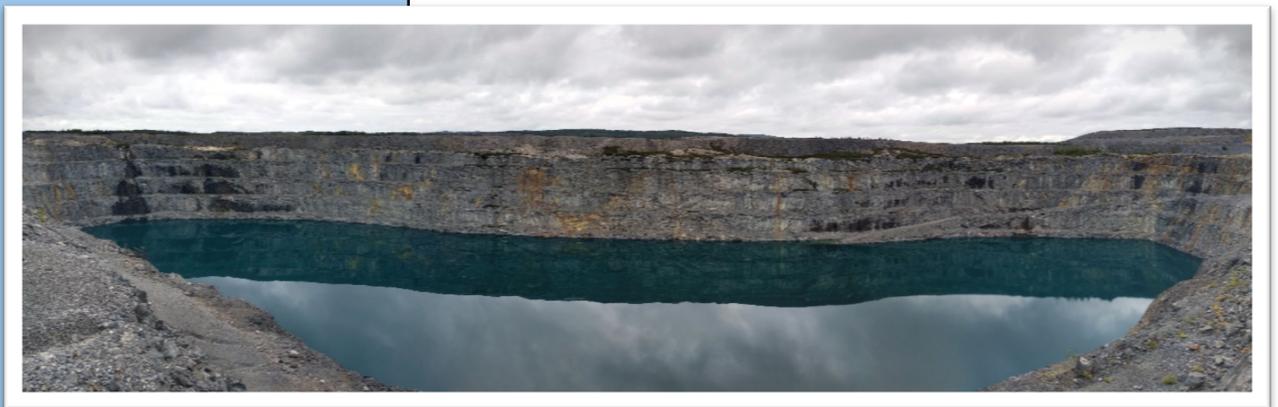
ANNEXE K

Wachih (2019), Qualité de l'eau – Fosses F87 et J-4 – Mine Troilus



Qualité de l'eau Fosses F87 et J4 – Mine Troilus

Décembre 2018



Wachiïh

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
Mathieu Michaud
Félix Quessy-Savard

Directrice Environnement
Coordonnateur Environnement
Technicien en environnement

Wachiih

Directeur de projet
Chargé de projet
Technicienne de terrain
Assistants de terrain

Cartographie
Édition

Yanick Plourde, M.Sc.
Sébastien Amodeo, M.Sc.
Janie Martel
Tony Petawabano
Brent Longchap
Sébastien Rioux
Mélanie Beaudoin

Laboratoire d'analyses

Analyse de l'eau
Toxicité aigüe

Maxxam
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 4d*. 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 malfunction 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 | Epilimnion (m) | Metalimnion (thermocline) (m) | Hypolimnion (m) |
|--|----------------|-------------------------------|-----------------|
| F87 (28 échantillons) | 0,5 | 8 | 32 |
| | 4 | 11 | 42 |
| | | 14 | 52 |
| | | 17 | 62 |
| | | 20 | 72 |
| | | 22 | 82 |
| | | 92 | |
| | | 102 | |
| | | 112 | |
| | | 122 | |
| | | 132 | |
| | | 142 | |
| | | 152 | |
| | | 162 | |
| 172 | | | |
| 182 | | | |
| 192 | | | |
| 200 | | | |
| J4 (24 échantillons) | 0,5 | 7 | 28 |
| | 3,5 | 10 | 38 |
| | | 13 | 48 |
| | | 16 | 58 |
| | | 18 | 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, 2008³). 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 15,8 m (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 °C en surface et la température la plus basse (4,4 °C) se retrouve entre 24 et 44 mètres de profondeur. Pour la fosse J4, la température maximale est de 15,2 °C en surface. Le minimum de 3,8 °C 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

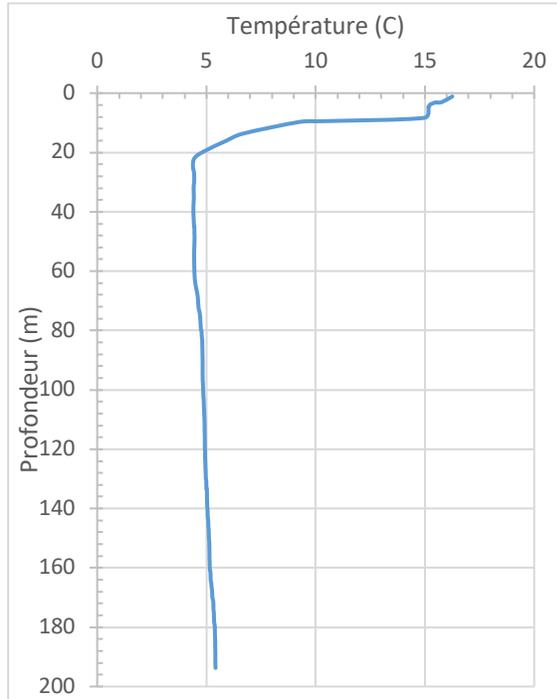


Tableau 4 Fosse F87 : détermination de la thermocline

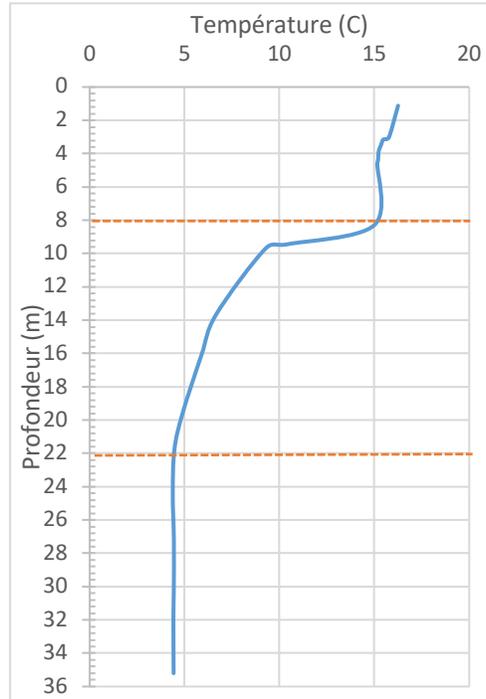


Tableau 5 Fosse J4 : température de l'eau en fonction de la profondeur

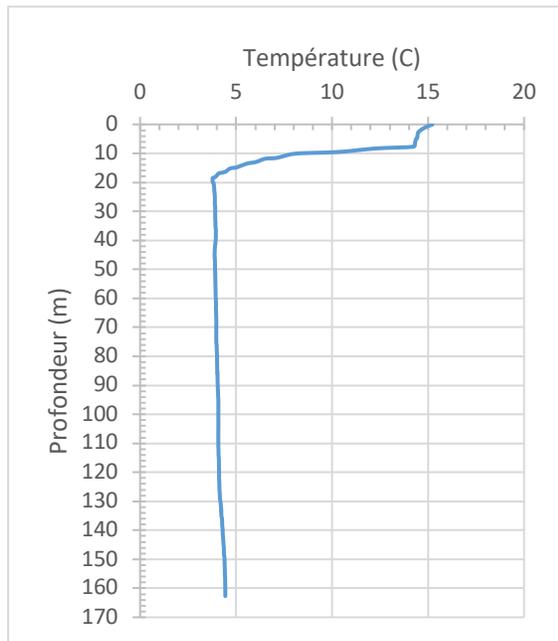
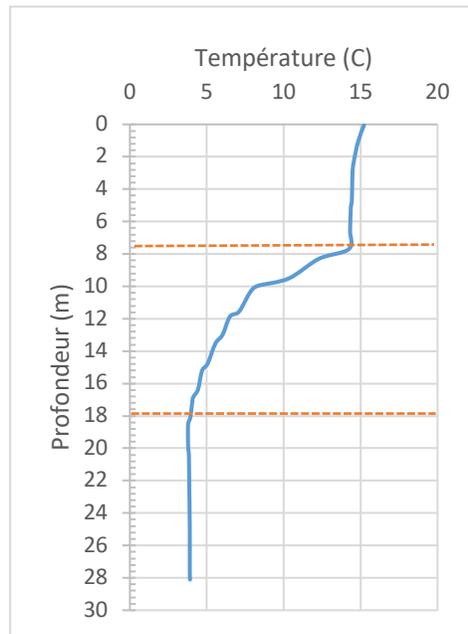


Tableau 6 Fosse J4 : détermination de la thermocline



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.

