

# ANNEXE

## **8-B** *ÉTUDE HYDROLOGIQUE*





RAPPORT SECTORIEL

# CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

## PROJET MINIER HORNE 5 – ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

VERSION FINALE

20 DÉCEMBRE 2017



wsp





# CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

## PROJET MINIER HORNE 5 – ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

RESSOURCES FALCO LTÉE

VERSION FINALE

PROJET N° : 151-11330-09

DATE : DÉCEMBRE 2017

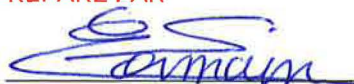
WSP CANADA INC.  
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF  
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5

TÉLÉPHONE : +1-418-623-2254  
TÉLÉCOPIEUR : +1-418-624-1857  
WSP.COM



# SIGNATURES

## PRÉPARÉ PAR



Elsa Sormain, ing., M. Sc.

N° OIQ : 5040590

## RÉVISÉ PAR



Leïla Ouahit, ing., M. Sc.

N° OIQ : 5016952

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

| RÉVISION N°               | PRÉPARÉ POUR          | DATE             |
|---------------------------|-----------------------|------------------|
| Préliminaire              | Ressources Falco ltée | 14 décembre 2016 |
| Préliminaire - Révision 1 | Ressources Falco ltée | 24 novembre 2017 |
| Finale                    | Ressources Falco ltée | 18 décembre 2017 |



---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## WSP CANADA INC. (WSP)

|                                  |                                                                                                          |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chargée de projet en hydraulique | Leïla Ouahit, ing. M.Sc.                                                                                 |
| Ingénieurs de projet             | David Collins-Fekete, ing. jr., M. Sc.<br>Julien Dumais St-Onge, ing. jr.<br>Elsa Sormain, ing., M. Sc.  |
| Techniciens                      | Alexandre Paradis, techn.<br>Steven Mignault, techn.<br>Yvon Perrier, techn.<br>Benoit Chabot, techn.    |
| Traitement de texte et édition   | Nancy Paquet, adj. Administrative<br>Sophie Auclair, adj. administrative<br>Joanie Mailloux, traductrice |

## Référence à citer :

WSP. 2017. Projet minier Horne 5 - Étude d'impact environnemental - Rapport Sectoriel - Climatologie et hydrologie.  
Rapport de WSP Canada Inc. à Ressources Falco ltée. 53 p. et annexes.



---

## ÉNONCÉ DE RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé par WSP Canada Inc. (WSP) uniquement pour Ressources Falco ltée (Falco). Tous les autres intervenants sont des tierces parties.

Ni WSP ni Falco ne déclarent, ne certifient ou ne garantissent à une tierce partie, que ce soit expressément ou implicitement :

- a) L'exactitude, l'intégralité ou encore l'utilité de,
- b) Les droits de propriétés intellectuelles, ou autres droits de propriété, de toute personne ou de toute partie, ou,
- c) La qualité marchande, l'adaptation à un usage particulier,

tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport.

WSP et Falco déclinent toute responsabilité de quelque nature résultant de quelque façon de l'utilisation faite par une tierce partie de tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport. WSP et Falco déclinent toute responsabilité résultant de la confiance que toute tierce partie accorde à tout renseignement, énoncé ou recommandation contenu dans ce rapport. Si une tierce partie utilisait tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport, ou encore se fondait sur ceux-ci, il le ferait à ses risques et périls.



# TABLE DES MATIÈRES

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCTION .....</b>                                     | <b>1</b>  |
| 1.1      | Mise en contexte.....                                         | 1         |
| 1.2      | Objectifs.....                                                | 1         |
| 1.3      | Présentation de la zone d'étude .....                         | 2         |
| <b>2</b> | <b>CLIMATOLOGIE .....</b>                                     | <b>5</b>  |
| 2.1      | Méthodologie.....                                             | 5         |
| 2.1.1    | Données disponibles .....                                     | 5         |
| 2.1.2    | Pluviomètre de wsp.....                                       | 10        |
| 2.2      | Résultats .....                                               | 10        |
| 2.2.1    | Températures.....                                             | 10        |
| 2.2.2    | Précipitations.....                                           | 13        |
| 2.2.3    | Insolation .....                                              | 19        |
| 2.2.4    | Vent.....                                                     | 21        |
| <b>3</b> | <b>HYDROLOGIE .....</b>                                       | <b>23</b> |
| 3.1      | Caractéristiques de la zone d'étude .....                     | 23        |
| 3.1.1    | Secteur sud - CMH5 et conduite d'eau fraîche.....             | 23        |
| 3.1.2    | Secteur nord - IGRM de surface.....                           | 24        |
| 3.1.3    | Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers .....       | 31        |
| 3.2      | Méthodologie.....                                             | 32        |
| 3.2.1    | Données disponibles .....                                     | 32        |
| 3.2.2    | Estimation des débits de crue .....                           | 34        |
| 3.2.3    | Estimation des débits d'étiage.....                           | 35        |
| 3.2.4    | Estimation des débits moyens mensuels .....                   | 35        |
| 3.3      | Résultats - secteur sud (CMH5 et conduite d'eau fraîche)..... | 36        |
| 3.3.1    | Hydrométrie.....                                              | 36        |
| 3.3.2    | Débits de crue.....                                           | 36        |
| 3.3.3    | Débits d'étiage .....                                         | 38        |
| 3.3.4    | Débits moyens mensuels .....                                  | 39        |
| 3.4      | Résultats - secteur nord (IGRM de surface) .....              | 39        |
| 3.4.1    | Hydrométrie.....                                              | 39        |

|            |                                                                           |           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.2      | Débites de crue.....                                                      | 40        |
| 3.4.3      | Débites d'étiage.....                                                     | 41        |
| 3.4.4      | Débites moyens mensuels.....                                              | 41        |
| <b>3.5</b> | <b>Résultats - secteur des conduites d'eau et de résidus miniers.....</b> | <b>42</b> |
| 3.5.1      | Hydrométrie.....                                                          | 42        |
| 3.5.2      | Débites de crue.....                                                      | 43        |
| 3.5.3      | Débites d'étiage.....                                                     | 47        |
| 3.5.4      | Débites moyens mensuels.....                                              | 48        |
| <b>3.6</b> | <b>Sommaire et analyse des résultats .....</b>                            | <b>49</b> |
| <b>4</b>   | <b>CONCLUSION.....</b>                                                    | <b>51</b> |
| <b>5</b>   | <b>RÉFÉRENCES.....</b>                                                    | <b>53</b> |

## TABLEAUX

|              |                                                                                                                                                                  |    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLEAU 2-1  | IDENTIFICATION ET LOCALISATION DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES CONSULTÉES.....                                                                                      | 5  |
| TABLEAU 2-2  | PRINCIPAUX PARAMÈTRES CLIMATOLOGIQUES MESURÉS AUX STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES CONSULTÉES.....                                                                       | 9  |
| TABLEAU 2-3  | NORMALES MENSUELLES DES TEMPÉRATURES DE L'AIR QUOTIDIENNES MOYENNES, MAXIMALES ET MINIMALES À LA STATION RIVIÈRE KINOJÉVIS (PÉRIODE DE 1971 À 2000).....         | 11 |
| TABLEAU 2-4  | TEMPÉRATURES DE L'AIR EXTRÊMES ENREGISTRÉES MENSUELLEMENT À LA STATION RIVIÈRE KINOJÉVIS (PÉRIODE DE 1971 À 2000).....                                           | 11 |
| TABLEAU 2-5  | NORMALES MENSUELLES DES DEGRÉS-JOURS DE CROISSANCE À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE MONT-BRUN (PÉRIODE DE 1981 À 2010).....                                           | 12 |
| TABLEAU 2-6  | NORMALES MENSUELLES DES DEGRÉS-JOURS DE GEL À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE MONT-BRUN (PÉRIODE DE 1981 À 2010).....                                               | 13 |
| TABLEAU 2-7  | NORMALES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS MOYENNES À LA STATION RIVIÈRE KINOJÉVIS (PÉRIODE DE 1971 À 2000).....                                                     | 13 |
| TABLEAU 2-8  | PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ENREGISTRÉES QUOTIDIENNEMENT À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE RIVIÈRE KINOJÉVIS (PÉRIODE DE 1971 À 2000).....                                 | 14 |
| TABLEAU 2-9  | INTENSITÉ DES PLUIES DE COURTE DURÉE (MM/H) SELON LA DURÉE ET LA FRÉQUENCE À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE KIRKLAND LAKE CS (PÉRIODE DE 1980 À 2006).....            | 17 |
| TABLEAU 2-10 | COEFFICIENTS DE RÉGRESSION AJUSTÉS AUX COURBES IDF DE LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE KIRKLAND LAKE CS (PÉRIODE DE 1980 À 2006) (POUR DES DURÉES DE 5 MIN À 24 H)..... | 17 |

|              |                                                                                                                             |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLEAU 2-11 | VALEURS EXTRÊMES QUOTIDIENNES<br>D'INSOLATION EFFECTIVE À LA STATION<br>AMOS (PÉRIODE DE 1977 À 2000).....                  | 19 |
| TABLEAU 2-12 | VITESSES EXTRÊMES DES VENTS<br>ENREGISTRÉS À LA STATION<br>MÉTÉOROLOGIQUE BARRAGE ANGLIERS<br>(PÉRIODE DE 1981 À 2010)..... | 21 |
| TABLEAU 3-1  | CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS<br>VERSANTS A L'ÉTUDE - SECTEUR SUD .....                                                      | 24 |
| TABLEAU 3-2  | CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS<br>VERSANTS A L'ÉTUDE - SECTEUR NORD .....                                                     | 31 |
| TABLEAU 3-3  | CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS<br>VERSANTS A L'ÉTUDE - SECTEUR DES<br>CONDUITES D'EAU ET DE RÉSIDUS<br>MINIERS .....          | 31 |
| TABLEAU 3-4  | FEUILLETS CARTOGRAPHIQUES UTILISÉS<br>POUR CARACTÉRISER LES BASSINS<br>VERSANTS À L'ÉTUDE.....                              | 33 |
| TABLEAU 3-5  | STATIONS HYDROMÉTRIQUES .....                                                                                               | 33 |
| TABLEAU 3-6  | STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES À<br>PROXIMITÉ DU SITE À L'ÉTUDE .....                                                             | 34 |
| TABLEAU 3-7  | JAUGEAGES RÉALISÉS LORS DE<br>L'ÉTÉ 2016 (DÉBITS EN M <sup>3</sup> /S).....                                                 | 36 |
| TABLEAU 3-8  | DÉBITS DE POINTE DU RUISSEAU 1.....                                                                                         | 37 |
| TABLEAU 3-9  | DÉBITS DE POINTE DE L'AFFLUENT DU<br>RUISSEAU 2 .....                                                                       | 37 |
| TABLEAU 3-10 | DÉBITS DE POINTE DU RUISSEAU OSISKO .....                                                                                   | 37 |
| TABLEAU 3-11 | DÉBITS DE POINTE DU COURS D'EAU<br>DALLAIRE .....                                                                           | 38 |
| TABLEAU 3-12 | DÉBITS D'ÉTIAGE DU RUISSEAU 1.....                                                                                          | 38 |
| TABLEAU 3-13 | DÉBITS D'ÉTIAGE DE L'AFFLUENT DU<br>RUISSEAU 2 .....                                                                        | 38 |
| TABLEAU 3-14 | DÉBITS D'ÉTIAGE DU RUISSEAU OSISKO .....                                                                                    | 38 |
| TABLEAU 3-15 | DÉBITS D'ÉTIAGE DU COURS D'EAU<br>DALLAIRE .....                                                                            | 38 |
| TABLEAU 3-16 | DÉBITS MOYENS MENSUELS POUR LES<br>RUISSEAUX À L'ÉTUDE .....                                                                | 39 |
| TABLEAU 3-17 | JAUGEAGES RÉALISÉS LORS DE<br>L'ÉTÉ 2017 (DÉBITS EN M <sup>3</sup> /S).....                                                 | 40 |
| TABLEAU 3-18 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-14 (LAC<br>VAUZE).....                                                                        | 40 |
| TABLEAU 3-19 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-15<br>(RUISSEAU VAUZE).....                                                                   | 40 |
| TABLEAU 3-20 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-16 (LAC<br>WAITE).....                                                                        | 41 |

|              |                                                                                                                  |    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLEAU 3-21 | DÉBITS D'ÉTIAGE POUR LES COURS D'EAU À L'ÉTUDE .....                                                             | 41 |
| TABLEAU 3-22 | DÉBITS MOYENS MENSUELS POUR LES COURS D'EAU À L'ÉTUDE.....                                                       | 42 |
| TABLEAU 3-23 | JAUGEAGES RÉALISÉS LORS DE L'ÉTÉ 2017 (DÉBITS EN M <sup>3</sup> /S) .....                                        | 43 |
| TABLEAU 3-24 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-E .....                                                                            | 44 |
| TABLEAU 3-25 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-02/03.....                                                                         | 44 |
| TABLEAU 3-26 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-04 .....                                                                           | 44 |
| TABLEAU 3-27 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-05/06 .....                                                                        | 45 |
| TABLEAU 3-28 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-07 .....                                                                           | 45 |
| TABLEAU 3-29 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-08 .....                                                                           | 45 |
| TABLEAU 3-30 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-09 .....                                                                           | 46 |
| TABLEAU 3-31 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-10 .....                                                                           | 46 |
| TABLEAU 3-32 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-11.....                                                                            | 46 |
| TABLEAU 3-33 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-12.....                                                                            | 47 |
| TABLEAU 3-34 | DÉBITS DE POINTE À LA SONDE S-13.....                                                                            | 47 |
| TABLEAU 3-35 | DÉBITS D'ÉTIAGE POUR LES COURS D'EAU À L'ÉTUDE .....                                                             | 47 |
| TABLEAU 3-36 | DÉBITS MOYENS MENSUELS POUR LES COURS D'EAU À L'ÉTUDE DU SECTEUR DES CONDUITES D'EAU ET DE RÉSIDUS MINIERs ..... | 48 |

## FIGURES

|            |                                                                                                                             |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE 2-1 | NORMALES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS, EN ÉQUIVALENT EN EAU, À LA STATION RIVIÈRE KINOJÉVIS (PÉRIODE DE 1971 À 2000) ..... | 16 |
| FIGURE 2-2 | COURBE IDF DE LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE KIRKLAND LAKE CS (PÉRIODE DE 1980 À 2006).....                                   | 18 |
| FIGURE 2-3 | CUMULS DE PLUIE DE L'ÉTÉ 2016 POUR LA VILLE DE ROUYN-NORANDA.....                                                           | 20 |

---

## **CARTES**

|           |                                                                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CARTE 1-1 | PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE                                                                       |
| CARTE 2-1 | LOCALISATION DES STATIONS<br>MÉTÉOROLOGIQUES ET<br>HYDROMÉTRIQUES À PROXIMITÉ DE LA<br>ZONE À L'ÉTUDE |
| CARTE 3-1 | DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS<br>ÉTUDIÉS - SECTEUR SUD                                            |
| CARTE 3-2 | DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS<br>ÉTUDIÉS - SECTEUR NORD                                           |
| CARTE 3-3 | DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS<br>ÉTUDIÉS - SECTEUR DES CONDUITES<br>D'EAU ET DE RÉSIDUS MINIER    |

---

## **ANNEXES**

|          |                        |
|----------|------------------------|
| <b>A</b> | DONNÉES DE TERRAIN     |
| <b>B</b> | RELATIONS NIVEAU-DÉBIT |
| <b>C</b> | ANNEXE PHOTOGRAPHIQUE  |

# 1 INTRODUCTION

---

## 1.1 MISE EN CONTEXTE

Ressources Falco Ltée (Falco) est une société junior d'exploration ayant acquis des propriétés correspondant au camp minier historique de Rouyn-Noranda.

Ces acquisitions incluent le secteur du complexe de la mine Horne et treize autres anciennes mines. Le gîte Horne 5 est physiquement situé en dessous de l'ancienne mine de cuivre et d'or Horne qui fut exploitée par Noranda de 1926 à 1976. Le complexe industriel de la Fonderie occupe actuellement la surface dans ce secteur. Le gisement Horne 5 correspond à une concentration de sulfures massifs à semi-massifs de types volcanogènes (SMV).

Le projet Horne 5 prévoit l'utilisation d'un ancien puits, l'ouverture d'une nouvelle mine et l'utilisation de certaines infrastructures de surface et souterraines dans une zone industrialisée de la ville de Rouyn-Noranda (complexe minier Horne 5; ci-après « CMH5 ») et des installations de gestion des résidus miniers (IGRM) de surface en prenant avantage de la présence d'un parc à résidus miniers existant (parc Norbec) situé à environ 11 km au nord du CMH5. Outre ces deux sites, des conduites d'eau (1) et de résidus miniers (2) lieront le CMH5 au site des IGRM de surface, et une conduite assurera l'approvisionnement en eau fraîche de l'usine de traitement du minerai à partir du lac Rouyn, à l'est du CMH5.

Dans le cadre de l'étude d'impact de ce projet, Falco a fait appel à WSP Canada Inc. afin de documenter les caractéristiques hydrologiques du milieu récepteur du projet.

---

## 1.2 OBJECTIFS

Les objectifs du présent rapport sectoriel sont d'établir le portrait hydrologique sommaire des cours d'eau susceptibles d'être affectés par le projet Horne 5 et d'établir les caractéristiques du climat régional. Les objectifs spécifiques sont de :

- présenter le portrait climatique global de la région;
- caractériser les bassins versants des cours d'eau susceptibles d'être affectés par le projet;
- fournir une estimation théorique des débits d'étiage, moyens et de crues aux exutoires de ces bassins versants;
- présenter et analyser les résultats des mesures effectuées lors de la campagne de relevés de terrain.

Dans un premier temps, le portrait climatique global de la région est présenté. Dans un second temps, la zone d'étude et les cours d'eau potentiellement affectés par le projet sont caractérisés. Par la suite, la méthodologie utilisée pour la caractérisation hydrologique est expliquée et les résultats sont finalement présentés et comparés avec les données récoltées lors des campagnes de relevés de terrain.

Il est à noter qu'une caractérisation environnementale de base a déjà été réalisée par WSP au cours de l'année 2016 pour la partie sud de ce projet (secteur du CMH5). Depuis, le projet a évolué. En particulier, le projet comporte maintenant des IGRM de surface, où les résidus seront transportés via des conduites d'une longueur approximative de 17 km. Le présent rapport constitue une mise à jour de la caractérisation hydrologique de base afin de considérer les nouveaux cours d'eau potentiellement impactés par le projet.

---

## 1.3 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude (Carte 1-1) se situe en Abitibi-Témiscamingue au Québec, à l'intérieur du bassin versant de la rivière Kinojévis. Ce dernier, d'une superficie de 4 125 km<sup>2</sup> (Ville de Rouyn-Noranda, 2013), draine les eaux de plusieurs lacs et cours d'eau. La zone d'étude est divisée en trois secteurs : le secteur sud (secteur du CMH5 et de la conduite d'eau fraîche), le secteur nord (IGRM de surface), et le secteur des conduites d'eau et de résidus miniers.

Le secteur sud se trouve aux alentours de la ville de Rouyn-Noranda. L'utilisation du territoire est divisée en trois secteurs principaux, soit le secteur urbain (ville de Rouyn-Noranda), le secteur affecté par les activités minières (fonderie Horne, bassins de sédimentation, etc.) et certains secteurs naturels. La totalité du site minier <sup>actuel</sup> se draine dans la portion nord du lac Osisko. Celui-ci a été endigué dans le passé afin de former 3 bassins distincts servant à confiner l'eau minière de la fonderie Horne dans la partie nord. Cette portion du lac porte l'appellation de « bassin Nord-Osisko ». Elle est utilisée à titre de bassin de polissage pour les eaux provenant des aires d'accumulations inactives de la fonderie Horne (Quémont-1, Noranda-1, Noranda-2 et Noranda-3 Est), du parc à résidus actif Quémont-2 et du site même de la fonderie. Elle reçoit également l'eau de ruissellement du parc industriel de Noranda-Nord et du terrain du Golf Noranda. L'exutoire du bassin Nord-Osisko, localisé à l'est de celui-ci, est le ruisseau Osisko, un tributaire du lac Rouyn. Ce ruisseau constitue le milieu récepteur de l'effluent minier de la Fonderie Horne.

Le secteur nord est localisé à une dizaine de kilomètres à vol d'oiseau au nord-ouest de la ville de Rouyn-Noranda. C'est une zone majoritairement boisée, avec de nombreux lacs, située en tête du bassin versant de la rivière Kinojévis. Au centre du secteur se trouve un ancien site d'entreposage minier, le parc à résidus Norbec. Le réseau hydrographique du secteur se draine en partie vers le lac Dufault (lac et ruisseau Vauze) et en partie vers le lac Duprat (lac Waite).

Le secteur des conduites d'eau et de résidus miniers se situe entre le secteur sud et le secteur nord. Ce secteur est également principalement boisé, avec un réseau hydrographique dense avec plusieurs lacs. La quasi-totalité des cours d'eau de la zone se drainent vers le lac Dufault, juste au nord de la ville de Rouyn-Noranda (mis à part le cours d'eau au niveau de la traverse la plus au sud, qui lui se draine vers le lac Osisko).

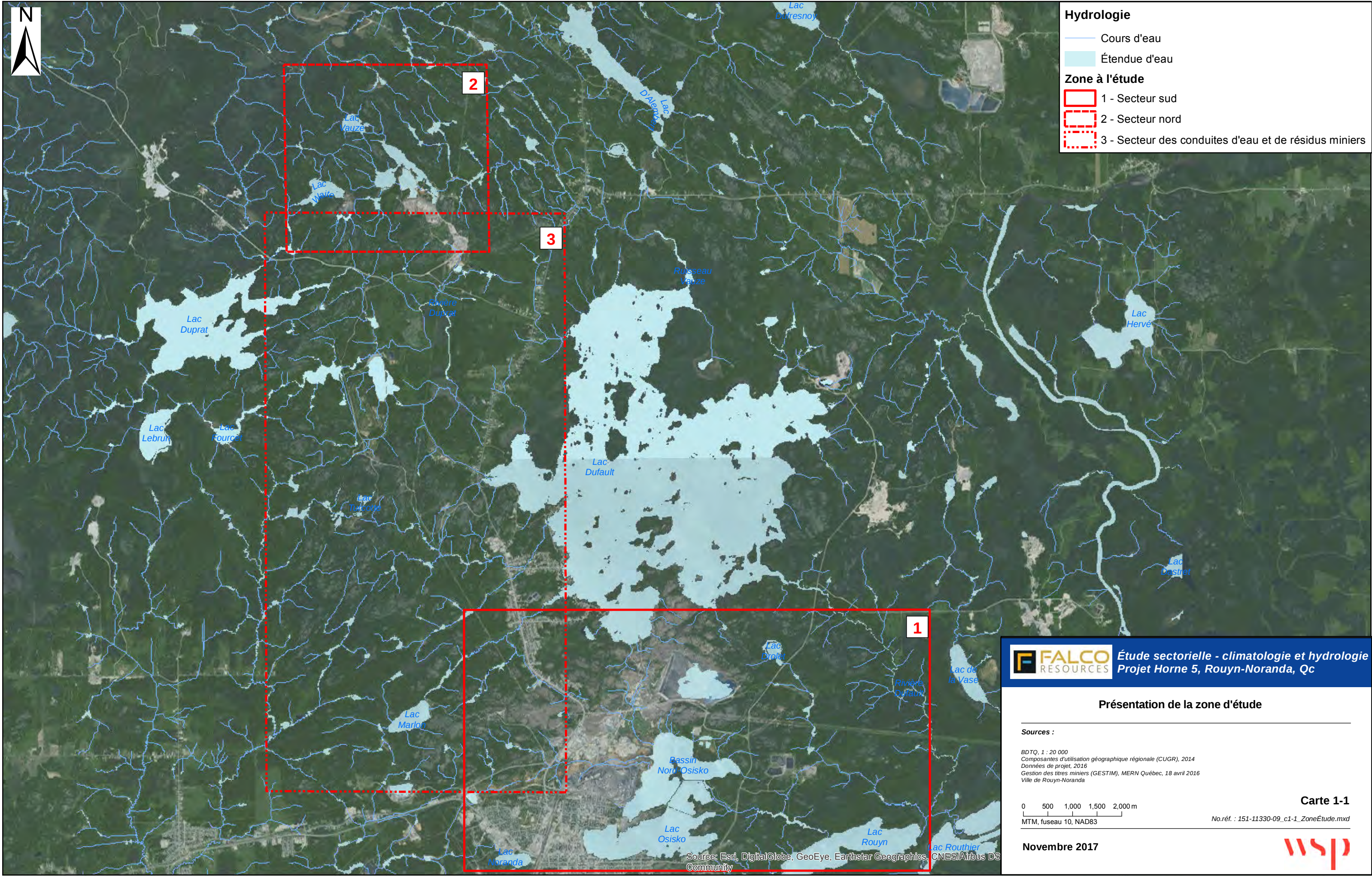


### Hydrologie

-  Cours d'eau
-  Étendue d'eau

### Zone à l'étude

-  1 - Secteur sud
-  2 - Secteur nord
-  3 - Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers



Étude sectorielle - climatologie et hydrologie  
Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Qc

### Présentation de la zone d'étude

#### Sources :

BDTQ, 1 : 20 000  
Composantes d'utilisation géographique régionale (CUGR), 2014  
Données de projet, 2016  
Gestion des titres miniers (GESTIM), MERN Québec, 18 avril 2016  
Ville de Rouyn-Noranda

0 500 1,000 1,500 2,000 m  
MTM, fuseau 10, NAD83

Carte 1-1

No.réf. : 151-11330-09\_c1-1\_ZoneÉtude.mxd

Novembre 2017



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS Community



## 2 CLIMATOLOGIE

Le projet minier Horne 5 est situé dans la ville de Rouyn-Noranda, dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue, au Québec. Le climat de cette région est de type continental humide, donc caractérisé par un été chaud et légèrement humide ainsi qu'un hiver froid et long. L'amplitude thermique typique de ce climat est de 30 °C et les précipitations totales sont typiquement autour de 900 mm (Gouvernement du Québec, 2016). La zone d'étude s'étend d'est en ouest sur un peu plus de 10 km, entre les longitudes 78° 55' O et 79° 05', et du nord au sud sur environ 7 km, entre les latitudes 48° 13' N et 48° 16' N.

Le présent chapitre traite des principaux paramètres décrivant la climatologie de la zone d'étude, soit la température de l'air, les précipitations liquides et solides, l'humidité, le vent et l'insolation. Ces descriptions sont basées sur les données disponibles recueillies aux stations météorologiques de la région et lors des campagnes de relevés sur le terrain réalisées par WSP Canada Inc. (WSP) en 2016. La Carte 2-1 présente les stations utilisées autant pour l'hydrologie que la climatologie.

### 2.1 MÉTHODOLOGIE

#### 2.1.1 DONNÉES DISPONIBLES

Les données climatologiques présentées ont été tirées des données numériques *Normales et moyennes climatiques au Canada pour la période 1971-2000* et pour la période 1981-2010 publiées par Environnement Canada. Une recherche des stations météorologiques voisines de la zone d'étude a permis d'identifier les sources de données potentielles pour décrire la climatologie de la région. Pour être utilisables, les séries de données enregistrées par les stations météorologiques doivent couvrir une période suffisamment longue, comporter des données relativement complètes et mesurer les principaux paramètres climatiques. La localisation des stations météorologiques retenues pour cette analyse est indiquée à la Carte 2-1 et le Tableau 2-1 présente leurs caractéristiques. Le Tableau 2-2 résume les paramètres climatologiques disponibles sur les registres d'Environnement Canada pour chaque station identifiée.

**Tableau 2-1 Identification et localisation des stations météorologiques consultées**

| STATION             | IDENTIFIANT | LATITUDE | LONGITUDE | ALTITUDE<br>(m) | DISTANCE<br>DE LA<br>ZONE À<br>L'ÉTUDE<br>(km) | PÉRIODE<br>D'ENREGIS-<br>TREMENT | DERNIÈRE MISE À<br>JOUR POUR LES<br>NORMALES ET<br>MOYENNES<br>CLIMATIQUES |
|---------------------|-------------|----------|-----------|-----------------|------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Rivière Kinojévis   | 7086630     | 48°13'   | 78°52'    | 289             | 12                                             | 1974-1994                        | 1971-2000                                                                  |
| Mont-Brun           | 7085106     | 48°25'   | 78°44'    | 205             | 32                                             | 1980-2016                        | 1981-2010                                                                  |
| Rémigny             | 7086460     | 47°43'   | 79°14'    | 289             | 60                                             | 1971-2004                        | 1981-2010                                                                  |
| Kirkland Lake<br>CS | 6074211     | 48°09'   | 80°00'    | 324             | 75                                             | 1980-2006                        | 1971-2000                                                                  |
| Barrage<br>Angliers | 7080452     | 47°33'   | 79°14'    | 267             | 78                                             | 1911-1996                        | 1981-2010                                                                  |
| Amos                | 7090120     | 48°34'   | 78°08'    | 310             | 83                                             | 1913-2000                        | 1981-2010                                                                  |







**Tableau 2-2 Principaux paramètres climatologiques mesurés aux stations météorologiques consultées**

| STATION           | TEMPÉRATURE <sup>1</sup> | DEGRÉS-JOURS | PLUIE <sup>1</sup> | NEIGE <sup>1</sup> | IDF | VENT | HUMIDITÉ | INSOLATION |
|-------------------|--------------------------|--------------|--------------------|--------------------|-----|------|----------|------------|
| Rivière Kinojévis | X                        |              | X                  | X                  |     |      |          |            |
| Mont-Brun         | X                        | X            | X                  | X                  |     |      |          |            |
| Rémigny           | X                        | X            | X                  | X                  |     |      |          |            |
| Kirkland Lake CS  | X                        | X            | X                  | X                  | X   |      |          |            |
| Barrage Angliers  | X                        | X            | X                  | X                  | X   | X    |          |            |
| Amos              | X                        | X            | X                  | X                  | X   | X    |          | X          |

<sup>1</sup> Au moins 15 ans d'enregistrements pour chaque station.

Il existe une station météorologique dans la ville de Rouyn-Noranda (7086716), mais elle n'a pas enregistré suffisamment de données pour en extraire les normales et les moyennes climatiques. Ainsi, le choix de la station météorologique retenue pour l'analyse climatologique est effectué par paramètres climatiques selon la disponibilité des données en priorité, puis selon la distance du site à l'étude.

La station météorologique la plus proche du futur site minier ayant enregistré des données de températures et de précipitations liquides et solides est la station Rivière Kinojévis (active de 1974 à 1994). Elle est localisée à 12 km à l'est de la ville de Rouyn-Noranda. Cette station n'a enregistré aucune donnée en ce qui a trait aux degrés-jours de croissance et de gel, à la direction et à la vitesse du vent, à l'humidité ainsi qu'à l'insolation effective. Les données de cette station ont donc été retenues pour estimer la température ainsi que les précipitations liquides et solides susceptibles d'être observées au site minier.

La station météorologique Mont-Brun, située à 32 km au nord-est de la ville de Rouyn-Noranda, a enregistré des données de températures de l'air et de précipitations liquides et solides sur une base quotidienne de 1980 à 2016. Le nombre de degrés-jours de croissance et de gel y a également été interprété. Les données de cette station ont donc été retenues pour estimer le nombre de degrés-jours de croissance et le nombre de degrés-jours de gel susceptibles d'être observés au site minier.

La station météorologique Kirkland Lake CS, située à 75 km à l'ouest de la zone à l'étude, a enregistré des données de températures de l'air, de précipitations liquides et solides et de degrés-jours de gel et de croissance sur une base quotidienne de 1911 à 1996. Les données de cette station ont été retenues pour estimer les paramètres IDF des pluies susceptibles d'être observées au site minier.

La station météorologique Barrage Angliers, située à 78 km au sud de la zone à l'étude, a enregistré des données de températures de l'air, de précipitations liquides et solides, de degrés-jours de gel et de vitesse du vent sur une base quotidienne de 1911 à 1996. Les paramètres IDF sont également interprétés par Environnement Canada pour cette station. Les données de cette station ont été retenues pour estimer la vitesse et la direction du vent susceptibles d'être observées au site minier.

La station météorologique Amos, située à 83 km au nord-est de la zone à l'étude, a enregistré les données de températures, de précipitations liquides et solides, de vitesse et direction du vent, ainsi que d'insolation sur une base quotidienne de 1913 à 2000. Les données de cette station seront retenues pour estimer l'insolation au site minier.

---

### 2.1.2 PLUVIOMÈTRE DE WSP

Un pluviomètre de type RainLog, fabriqué par la compagnie RainWise Inc., a été mis en place au site d'étude en avril 2016. Ce pluviomètre à bascule enregistre chaque incrément de précipitations liquides de 0,25 mm. Les données pluviométriques enregistrées par le pluviomètre de WSP ont été comparées aux données pluviométriques enregistrées par la station d'Environnement Canada no 7086716 (Rouyn) pour fins de validation.

---

## 2.2 RÉSULTATS

Les normales climatiques présentées ont été tirées des données numériques *Normales et moyennes climatiques au Canada pour la période 1971-2000* et pour la période 1981-2010 publiées par Environnement Canada. Ces données analysent une période de 30 ans et sont mises à jour chaque décennie. Les stations qui ne possèdent pas suffisamment de données pour la période en cours sont retirées des analyses. Dans cette analyse, les données de la station Rivière Kinojévis ont été retenues pour estimer la température ainsi que les précipitations liquides. Les données de la station Mont-Brun ont été retenues pour estimer les degrés-jours de gel et les degrés-jours de croissance. Finalement, les données de la station Amos ont été retenues pour estimer la vitesse et la direction du vent ainsi que l'insolation susceptibles d'être observées dans la zone à l'étude.

---

### 2.2.1 TEMPÉRATURES

Cette section présente les moyennes et les extrêmes de températures ainsi que le nombre de degrés-jours de gel et de croissance susceptibles d'être observés dans les secteurs d'étude.

#### 2.2.1.1 Moyennes de températures

Les normales des températures de l'air quotidiennes moyennes, maximales et minimales de la station Rivière Kinojévis sont présentées au Tableau 2-3.

**Tableau 2-3 Normales mensuelles des températures de l'air quotidiennes moyennes, maximales et minimales à la station Rivière Kinojévis (période de 1971 à 2000)**

| MOIS            | MOYENNE<br>(°C) | ÉCART TYPE<br>(°C) | MAXIMALE<br>(°C) | MINIMALE<br>(°C) |
|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------|
| Janvier         | - 17,4          | 3,6                | - 10,6           | - 24,2           |
| Février         | - 14,3          | 3,6                | - 7,1            | - 21,6           |
| Mars            | - 7,3           | 2,4                | - 0,4            | - 14,2           |
| Avril           | 1,9             | 2,3                | 8,1              | - 4,3            |
| Mai             | 9,9             | 1,4                | 16,4             | 3,2              |
| Juin            | 14,4            | 1,7                | 21,1             | 7,7              |
| Juillet         | 17,5            | 1,1                | 24,1             | 10,9             |
| Août            | 16,1            | 1,3                | 22,1             | 10,0             |
| Septembre       | 11,0            | 1,3                | 16,2             | 5,6              |
| Octobre         | 4,5             | 1,6                | 8,8              | 0,1              |
| Novembre        | - 3,1           | 2,1                | 0,9              | - 7,0            |
| Décembre        | - 13,2          | 4,0                | - 7,3            | - 19,1           |
| <b>Annuel :</b> | <b>1,7</b>      | <b>3,1</b>         | <b>7,7</b>       | <b>- 4,4</b>     |

Source : Environnement Canada, 2016.

Le mois de janvier est le plus froid avec une température moyenne de - 17,4 °C. Le mois de juillet est le plus chaud, avec une température moyenne de 17,5 °C. Le Tableau 2-4 présente les températures de l'air extrêmes enregistrées mensuellement à la station Rivière Kinojévis (période de 1971 à 2000). Les températures records ayant été enregistrées à cette station sont de - 52,0 °C en janvier et de 37,8 °C en juillet. Le spectre de variation des températures atmosphériques est donc très large.

### 2.2.1.2 Extrêmes de températures maximales et minimales

**Tableau 2-4 Températures de l'air extrêmes enregistrées mensuellement à la station Rivière Kinojévis (période de 1971 à 2000)**

| MOIS    | MAXIMUM<br>EXTRÊME<br>(°C) | DATE<br>(année/jour) | MINIMUM<br>EXTRÊME<br>(°C) | DATE<br>(année/jour) |
|---------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| Janvier | 5,6                        | 1980/11              | - 52,0                     | 1982/18              |
| Février | 12,5                       | 1994/19              | - 43,9                     | 1979/11              |
| Mars    | 17,0                       | 1987/24              | - 41,0                     | 1989/07              |
| Avril   | 29,5                       | 1990/26              | - 27,8                     | 1977/09              |
| Mai     | 33,3                       | 1976/30              | - 9,0                      | 1981/10              |
| Juin    | 32,5                       | 1983/12              | - 3,5                      | 1986/02              |

| MOIS      | MAXIMUM<br>EXTRÊME<br>(°C) | DATE<br>(année/jour) | MINIMUM<br>EXTRÊME<br>(°C) | DATE<br>(année/jour) |
|-----------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| Juillet   | 37,8                       | 1975/31              | - 3,3                      | 1978/02              |
| Août      | 36,1                       | 1975/01              | - 1,1                      | 1978/20              |
| Septembre | 29,5                       | 1983/03              | - 8,0                      | 1987/27              |
| Octobre   | 24,0                       | 1983/01              | - 12,8                     | 1976/25              |
| Novembre  | 16,1                       | 1978/03              | - 33,0                     | 1989/23              |
| Décembre  | 15,0                       | 1982/03              | - 44,0                     | 1983/19              |

Source : Environnement Canada, 2016.

### 2.2.1.3 Extrêmes de températures maximales et minimales

Les normales mensuelles des degrés-jours de croissance à la station météorologique Mont-Brun sont présentées au Tableau 2-5. Le Tableau 2-6 présente les normales mensuelles des degrés-jours de gel de cette même station. Le nombre de degrés-jours de croissance ( $> 0^{\circ}\text{C}$ ) à la station Mont-Brun est de 2 282,3 tandis que le nombre de degrés-jours de gel ( $< 0^{\circ}\text{C}$ ) est de 1 890,8.

**Tableau 2-5 Normales mensuelles des degrés-jours de croissance à la station météorologique Mont-Brun (période de 1981 à 2010)**

| MOIS            | DEGRÉS-JOURS           |                        |                        |                        |                       |                       |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                 | $> 24^{\circ}\text{C}$ | $> 18^{\circ}\text{C}$ | $> 15^{\circ}\text{C}$ | $> 10^{\circ}\text{C}$ | $> 5^{\circ}\text{C}$ | $> 0^{\circ}\text{C}$ |
| Janvier         | 0                      | 0                      | 0                      | 0                      | 0                     | 0,6                   |
| Février         | 0                      | 0                      | 0                      | 0                      | 0                     | 2,1                   |
| Mars            | 0                      | 0                      | 0                      | 0                      | 0,8                   | 14,3                  |
| Avril           | 0                      | 0                      | 0,6                    | 5,1                    | 24,7                  | 85,2                  |
| Mai             | 0,1                    | 3,1                    | 11,2                   | 51,6                   | 141,3                 | 277,5                 |
| Juin            | 0,1                    | 17,2                   | 45,6                   | 141,1                  | 278,6                 | 427,9                 |
| Juillet         | 0,8                    | 26,6                   | 74,5                   | 208,3                  | 362,5                 | 517,5                 |
| Août            | 0,1                    | 16,1                   | 51,6                   | 166,5                  | 318,5                 | 473,5                 |
| Septembre       | 0                      | 4,2                    | 14,3                   | 66                     | 174,3                 | 318,8                 |
| Octobre         | 0                      | 0,1                    | 0,9                    | 9,4                    | 45,6                  | 139,2                 |
| Novembre        | 0                      | 0                      | 0                      | 0,3                    | 3,8                   | 23,5                  |
| Décembre        | 0                      | 0                      | 0                      | 0                      | 0,2                   | 2,1                   |
| <b>Annuel :</b> | <b>1,1</b>             | <b>67,2</b>            | <b>198,6</b>           | <b>648,2</b>           | <b>1 350,4</b>        | <b>2 282,3</b>        |

Source : Environnement Canada, 2016.

**Tableau 2-6 Normales mensuelles des degrés-jours de gel à la station météorologique de Mont-Brun (période de 1981 à 2010)**

| MOIS            | DEGRÉS-JOURS   |                |                |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                 | < 0 °C         | < 5 °C         | < 10 °C        | < 15 °C        | < 18 °C        |
| Janvier         | 554,5          | 709            | 864            | 1,019          | 1,112          |
| Février         | 439,5          | 578,6          | 719,8          | 861            | 945,7          |
| Mars            | 278,8          | 420,3          | 574,5          | 729,5          | 822,5          |
| Avril           | 57,2           | 146,6          | 277            | 422,5          | 512            |
| Mai             | 1,8            | 20,6           | 85,9           | 200,5          | 285,4          |
| Juin            | 0              | 0,7            | 13,2           | 67,7           | 129,3          |
| Juillet         | 0              | 0              | 0,8            | 21,9           | 67,1           |
| Août            | 0              | 0,1            | 3              | 43,1           | 100,6          |
| Septembre       | 0,1            | 5,6            | 47,2           | 145,6          | 225,4          |
| Octobre         | 12,4           | 73,8           | 192,7          | 339,1          | 431,3          |
| Novembre        | 143,4          | 273,7          | 420,1          | 569,8          | 659,8          |
| Décembre        | 403,2          | 556,3          | 711,1          | 866,1          | 959,1          |
| <b>Annuel :</b> | <b>1 890,8</b> | <b>2 785,1</b> | <b>3 909,2</b> | <b>5 285,7</b> | <b>6 250,1</b> |

Source : Environnement Canada, 2016.

## 2.2.2 PRÉCIPITATIONS

### 2.2.2.1 Précipitations mensuelles

La synthèse des normales de précipitations (pluie et neige) enregistrées à la station météorologique Rivière Kinojévis est présentée au Tableau 2-7 et leurs variations mensuelles sont illustrées à la Figure 2-1. Les précipitations nivales atteignent une moyenne annuelle de 234,8 cm et les précipitations pluviométriques sont de 648,0 mm annuellement. La précipitation moyenne annuelle totale est de 882,8 mm.

**Tableau 2-7 Normales mensuelles des précipitations moyennes à la station Rivière Kinojévis (période de 1971 à 2000)**

| MOIS    | CHUTES DE PLUIE<br>(mm) | CHUTES DE NEIGE<br>(cm) | PRÉCIPITATIONS TOTALES<br>(mm) |
|---------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Janvier | 1,3                     | 51,4                    | 52,7                           |
| Février | 3,0                     | 30,7                    | 33,7                           |
| Mars    | 12,3                    | 36,2                    | 48,5                           |
| Avril   | 37,1                    | 20,5                    | 57,6                           |
| Mai     | 82,6                    | 1,4                     | 84,0                           |
| Juin    | 94,2                    | 0,2                     | 94,4                           |
| Juillet | 91,0                    | 0,0                     | 91,0                           |

| MOIS            | CHUTES DE PLUIE<br>(mm) | CHUTES DE NEIGE<br>(cm) | PRÉCIPITATIONS TOTALES<br>(mm) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Août            | 110,3                   | 0,0                     | 110,3                          |
| Septembre       | 99,8                    | 0,5                     | 100,3                          |
| Octobre         | 80,0                    | 7,1                     | 87,1                           |
| Novembre        | 29,7                    | 34,0                    | 63,6                           |
| Décembre        | 6,8                     | 52,9                    | 59,6                           |
| <b>Annuel :</b> | <b>648,0</b>            | <b>234,8</b>            | <b>882,8</b>                   |

Source : Environnement Canada, 2016.

Les précipitations liquides tombent essentiellement entre avril et novembre. Le mois le plus pluvieux est le mois d'août avec une moyenne de 110,3 mm de pluie. Les précipitations solides débutent en octobre et sont plus importantes en décembre, avec une moyenne de 52,9 cm de neige. Des chutes de neige peuvent être observées jusqu'au mois de mai, mais sont significatives jusqu'au mois d'avril.

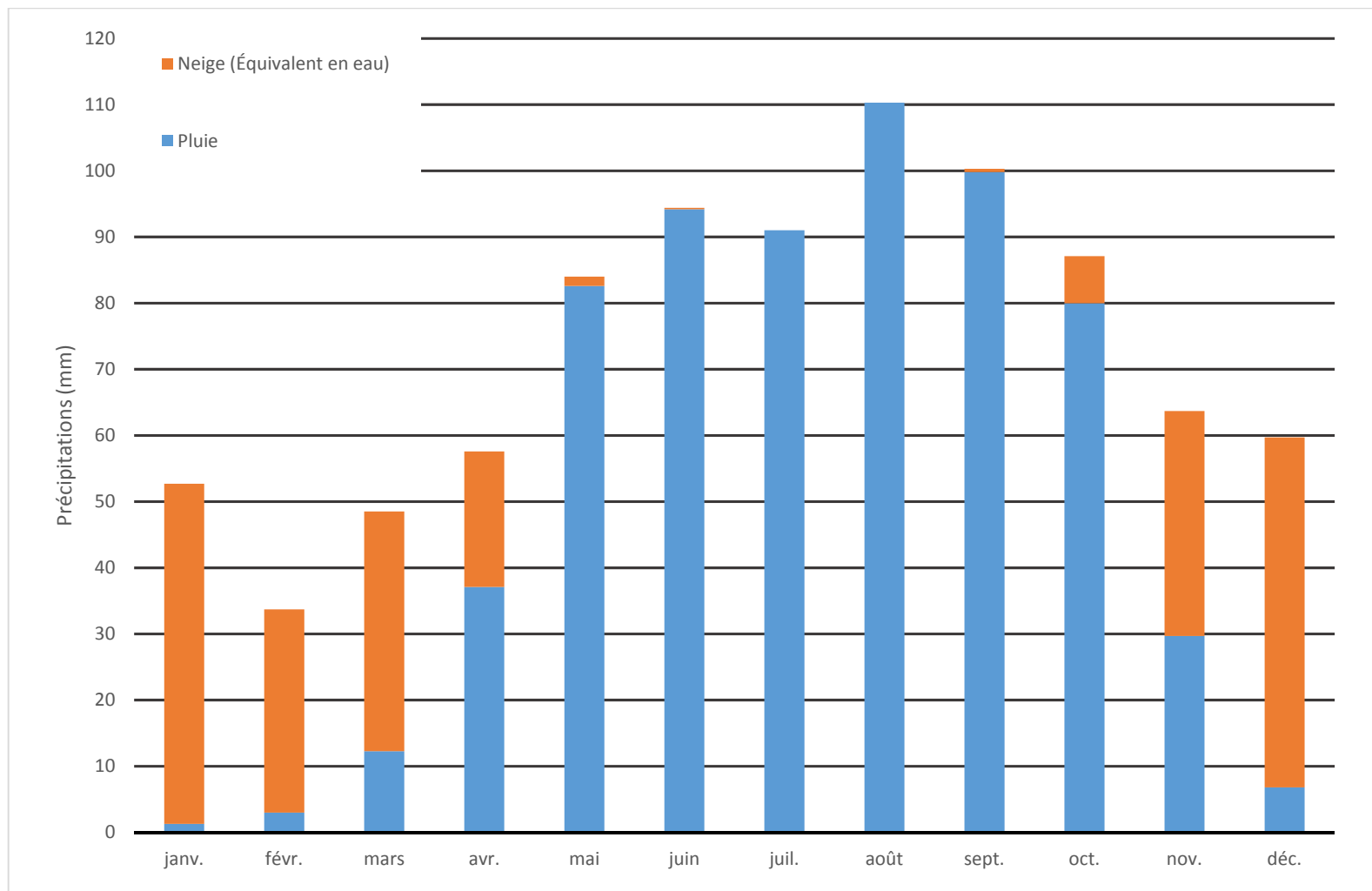
**Tableau 2-8 Précipitations extrêmes enregistrées quotidiennement à la station météorologique Rivière Kinojévis (période de 1971 à 2000)**

| MOIS      | PLUIE<br>(mm) | DATE<br>(aaaa/jj) | NEIGE<br>(cm) | DATE<br>(aaaa/jj) | PRÉCIPITATION<br>S TOTALES<br>(mm) | DATE<br>(aaaa/jj) | COUVERTURE<br>DE NEIGE<br>MAXIMALE<br>(cm) | DATE<br>(aaaa/jj) |
|-----------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|
| Janvier   | 7,2           | 1982/03           | 22,0          | 1982/04           | 22,0                               | 1982/04           | 75                                         | 1990/26           |
| Février   | 17,0          | 1984/12           | 18,8          | 1976/15           | 18,8                               | 1976/15           | 97                                         | 1990/19           |
| Mars      | 30,0          | 1996/26           | 37,8          | 1989/14           | 37,8                               | 1989/14           | 92                                         | 1989/17           |
| Avril     | 29,5          | 1979/26           | 27,4          | 1990/16           | 29,5                               | 1979/26           | 72                                         | 1985/02           |
| Mai       | 30,4          | 1993/03           | 9,9           | 1989/08           | 30,4                               | 1993/03           | 10                                         | 1989/01           |
| Juin      | 47,8          | 1989/09           | 1,3           | 1980/07           | 47,8                               | 1989/09           | 0                                          | 1981/01           |
| Juillet   | 89,7          | 1979/25           | 0,0           | 1974/17           | 89,7                               | 1979/25           | 0                                          | 1981/01           |
| Août      | 44,6          | 1988/14           | 0,0           | 1974/01           | 44,6                               | 1988/14           | 0                                          | 1980/01           |
| Septembre | 52,8          | 1979/02           | 4,2           | 1992/29           | 52,8                               | 1979/02           | 4                                          | 1992/30           |
| Octobre   | 33,5          | 1979/03           | 19,3          | 1993/08           | 33,5                               | 1979/03           | 20                                         | 1993/10           |
| Novembre  | 26,7          | 1977/03           | 27,7          | 1989/02           | 27,7                               | 1989/02           | 41                                         | 1989/28           |
| Décembre  | 27,0          | 1982/23           | 20,4          | 1990/03           | 27,0                               | 1982/23           | 58                                         | 1983/29           |

Source : Environnement Canada, 2016.

Les précipitations extrêmes quotidiennes de pluie et de neige pour la période comprise entre 1971 et 2010 sont respectivement de 89,7 mm de pluie, enregistrée le 25 juillet 1979, et de 37,8 cm de neige, enregistrée le 14 mars 1989. Le couvert de neige au sol a atteint un record de 97 cm le 19 février 1990. En ce qui concerne les pluies, les statistiques de 1971 à 2000 ont permis d'estimer la fréquence moyenne annuelle des journées ayant une pluviométrie au-dessus d'un seuil donné. Ainsi, le nombre de journées avec une pluie significativement supérieure ou égale à 0,2 mm, 5 mm, 10 mm et 25 mm

est en moyenne respectivement de 112 jours, 43 jours, 21 jours et 3 jours. Quant aux précipitations de neige, le nombre de journées avec une chute d'eau moins 0,2 cm, 5 cm, 10 cm et 25 cm est en moyenne respectivement de 69 jours, 17 jours, 6 jours et 0,2 jour.



**Figure 2-1 Normales mensuelles des précipitations, en équivalent en eau, à la station Rivière Kinojévis (période de 1971 à 2000)**

### 2.2.2.3 Intensité des précipitations

Les données sur l'intensité, la durée et la fréquence (IDF) des chutes de pluie de courte durée ont été produites à l'aide du logiciel AquaIDF version 3.1 (Aquapaxis), à partir des données de pluie de la station Kirkland Lake CS, pour la période de 1980 à 2006. Ces données ont été utilisées dans le cadre de l'analyse hydrologique pour le calcul du débit de pointe par la méthode rationnelle. Elles sont présentées au Tableau 2-9. La Figure 2-2 présente les courbes IDF qui décrivent la pluviométrie de la région.

**Tableau 2-9 Intensité des pluies de courte durée (mm/h) selon la durée et la fréquence à la station météorologique Kirkland Lake CS (période de 1980 à 2006)**

|        | PÉRIODE DE RETOUR (ans) |       |       |       |       |       |
|--------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | 2                       | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   |
| 5 min  | 95,9                    | 135,0 | 160,9 | 193,5 | 217,8 | 241,8 |
| 10 min | 72,4                    | 96,2  | 112,0 | 132,0 | 146,8 | 161,5 |
| 15 min | 61,3                    | 81,8  | 95,3  | 112,5 | 125,2 | 137,8 |
| 30 min | 36,9                    | 49,0  | 57,0  | 67,2  | 74,7  | 82,1  |
| 60 min | 21,4                    | 29,3  | 34,6  | 41,3  | 46,2  | 51,1  |
| 2 h    | 12,9                    | 17,9  | 21,3  | 25,5  | 28,7  | 31,8  |
| 6 h    | 5,6                     | 7,4   | 8,6   | 10,1  | 11,3  | 12,4  |
| 12 h   | 3,2                     | 4,0   | 4,6   | 5,3   | 5,9   | 6,4   |
| 24 h   | 1,9                     | 2,4   | 2,7   | 3,2   | 3,5   | 3,8   |

Les données IDF permettent d'établir une équation de régression dont la relation générale est de forme :

$$i = \frac{a}{(t + b)^c}$$

où :

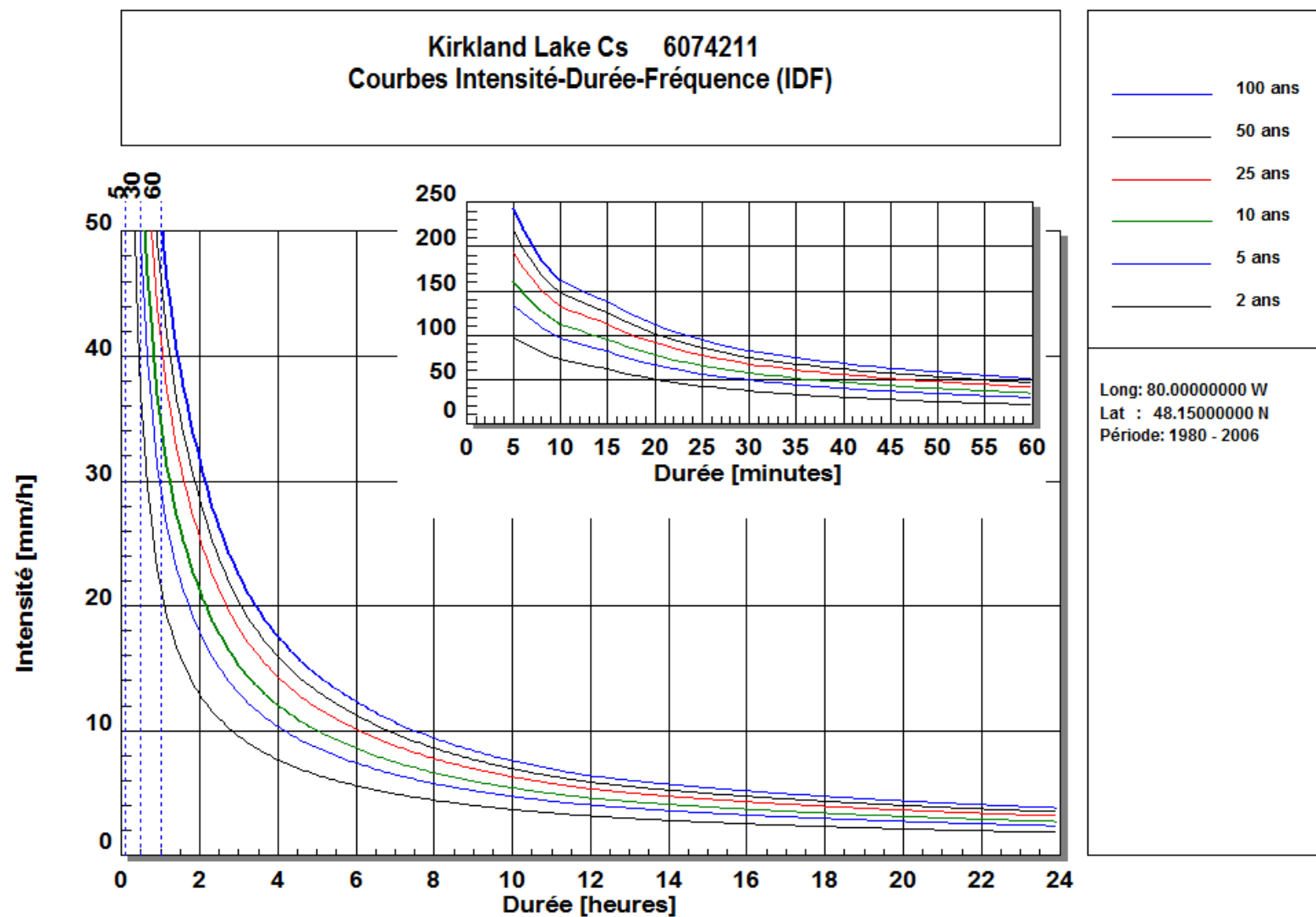
$i$  : est l'intensité pluviométrique (mm/h)

$t$  : est le temps (minutes)

$a$ ,  $b$  et  $c$  : sont des coefficients empiriques ajustés en fonction de la période de récurrence. Ceux-ci sont présentés au Tableau 2-10. La courbe IDF est présentée à la Figure 2-2.

**Tableau 2-10 Coefficients de régression ajustés aux courbes IDF de la station météorologique Kirkland Lake CS (période de 1980 à 2006) (pour des durées de 5 min à 24 h)**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | a        | b   | c     |
|-------------------------------|----------|-----|-------|
| 2                             | 725,51   | 6,6 | 0,824 |
| 5                             | 957,24   | 5,8 | 0,826 |
| 10                            | 1 111,15 | 5,4 | 0,827 |
| 25                            | 1 317,35 | 5,2 | 0,829 |
| 50                            | 1 472,27 | 5,1 | 0,830 |
| 100                           | 1 597,05 | 4,8 | 0,829 |



**Figure 2-2 Courbe IDF de la station météorologique de Kirkland Lake CS (période de 1980 à 2006)**

#### 2.2.2.4 Précipitations dans la zone d'étude à l'été 2016

Les données pluviométriques enregistrées par le pluviomètre de WSP ont été comparées aux données pluviométriques enregistrées par la station d'Environnement Canada no 7086716 (Rouyn). Le pluviomètre de WSP a bien fonctionné durant la première moitié de l'été (les intensités de pluie concordent avec les intensités du pluviomètre d'Environnement Canada), par contre, à partir de la fin du mois de juillet 2016, l'intensité des précipitations enregistrées par le pluviomètre de WSP est plus faible. Ce phénomène peut être expliqué par le fait que le mécanisme d'un pluviomètre à bascule, tel qu'utilisé par WSP, peut parfois s'encrasser et le nombre des bascules enregistrées est donc inférieur, ce qui se reflète par une moins grande intensité de pluie enregistrée. Les données de la station d'Environnement Canada ont donc été retenues pour comparaison avec les niveaux enregistrés par les sondes à niveaux sur chacun des cours d'eau qui est présentée à l'annexe A. La Figure 2-3 présente l'hyétochrome de pluie pour l'été 2016 pour la ville de Rouyn-Noranda.

Un total de 480,7 mm de pluie a été enregistré sur le site entre le 25 avril et le 27 octobre 2016. La somme des normales mensuelles des précipitations moyennes à la station Rivière Kinojévis (Tableau 2-7) pour cette période est de 567,1 mm. La pluviométrie de l'été 2016 est ainsi inférieure aux normales climatiques établies par Environnement Canada de 1971 à 2000.

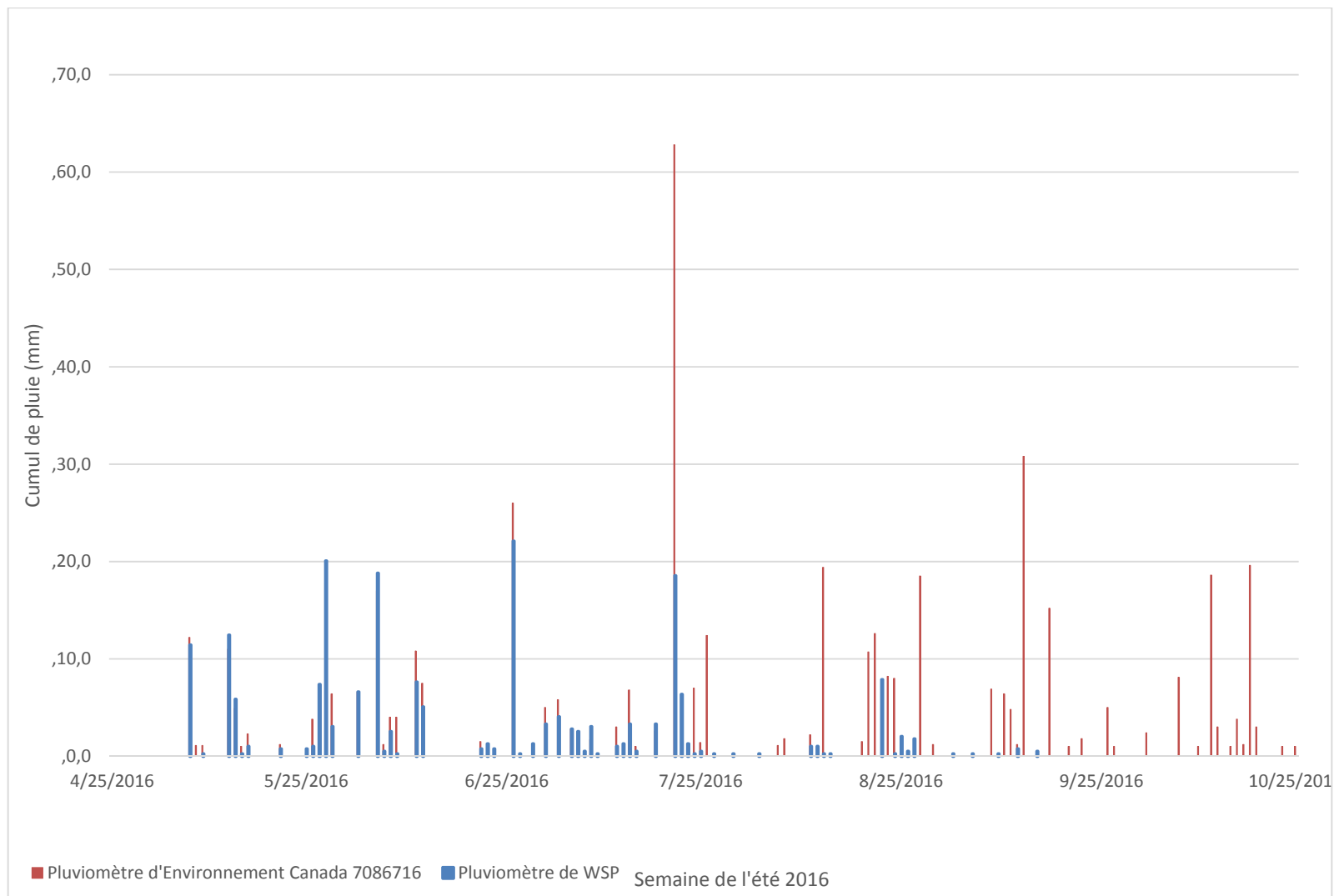
#### 2.2.3 INSOLATION

Les normales d'insolation effectives proviennent du document *Normales climatiques au Canada 1981-2010* et ont été compilées à partir des données de la station Amos. Le Tableau 2-11 fournit les valeurs extrêmes quotidiennes d'insolation, en heures. Le maximum d'insolation effective observée est de 15,5 h, le 30 juin 1978.

**Tableau 2-11 Valeurs extrêmes quotidiennes d'insolation effective à la station Amos (période de 1977 à 2000)**

| MOIS      | INSOLATION MAXIMALE<br>MESURÉE<br>(h) | DATES<br>(aaaa/jj) |
|-----------|---------------------------------------|--------------------|
| Janvier   | 8,7                                   | 1973/29            |
| Février   | 10,1                                  | 1969/28            |
| Mars      | 11,2                                  | 1984/31            |
| Avril     | 13,7                                  | 1982/30            |
| Mai       | 14,9                                  | 1980/28            |
| Juin      | <b>15,5</b>                           | <b>1978/30</b>     |
| Juillet   | 15,3                                  | 1978/02            |
| Août      | 14,3                                  | 1976/06            |
| Septembre | 12,4                                  | 1969/04            |
| Octobre   | 10,2                                  | 1973/01            |
| Novembre  | 9,4                                   | 1977/04            |
| Décembre  | 8,1                                   | 1989/28            |

Source : Environnement Canada, 2016.



**Figure 2-3 Cumuls de pluie de l'été 2016 pour la ville de Rouyn-Noranda**

## 2.2.4 VENT

Les données de vent ont été enregistrées à la station n° 7080452 Barrage Angliers, par Environnement Canada, de 1981 à 2010. La vitesse et la direction du vent peuvent varier énormément en fonction de la proximité du sol et de la présence d'obstacles tels que des collines, des immeubles et des arbres. Le vent à proximité du sol a tendance à augmenter de vitesse et à tourner avec la hauteur. À des fins météorologiques, l'emplacement standard des coupelles de l'anémomètre se situe à une hauteur de 10 m du sol (Environnement Canada, 2016). Le Tableau 2-12 présente les vitesses extrêmes du vent ainsi que la provenance dominante. Les vents extrêmes (Tableau 2-12) atteignent des vitesses de l'ordre de 56 km/h. Ces vents proviennent le plus souvent du nord, mais ils peuvent provenir des 4 directions.

**Tableau 2-12 Vitesses extrêmes des vents enregistrés à la station météorologique Barrage Angliers (période de 1981 à 2010)**

| MOIS      | VITESSE<br>(km/h) | DATE<br>(aaaa/jj) | DIRECTION DE LA<br>VITESSE EXTRÊME DU<br>VENT |
|-----------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| Janvier   | 56,0              | 1997/22           | N                                             |
| Février   | 41,0              | 2006/05           | N                                             |
| Mars      | 44,0              | 2002/09           | S                                             |
| Avril     | 44,0              | 2001/22           | NO                                            |
| Mai       | 46,0              | 1998/19           | O                                             |
| Juin      | 43,0              | 1998/30           | N                                             |
| Juillet   | 43,0              | 1996/19           | N                                             |
| Août      | 39,0              | 1996/25           | NO                                            |
| Septembre | 54,0              | 1998/12           | NE                                            |
| Octobre   | 46,0              | 2001/17           | N                                             |
| Novembre  | 46,0              | 1998/11           | S                                             |
| Décembre  | 46,0              | 2006/01           | NE                                            |

Source : Environnement Canada, 2016.



## 3 HYDROLOGIE

L'hydrologie est la science qui étudie les eaux terrestres, leur origine, leur mouvement et leur répartition, leurs propriétés physiques et chimiques, leurs interactions avec l'environnement physique et biologique et leur influence sur les activités humaines. Elle permet de déterminer la quantité d'eau disponible dans le temps et dans l'espace sur un territoire donné. L'objectif de cette section est de présenter la méthodologie utilisée pour calculer les débits d'étiage, moyens et de crues pour les cours d'eau susceptibles d'être affectés par le projet minier Horne 5, de présenter les données des campagnes de terrain et de les comparer aux résultats des calculs hydrologiques.

### Secteur sud (CMH5 et conduite d'eau fraîche) - 2016

Au nord de ce secteur, à proximité du club de Golf Noranda, se trouve un ruisseau sans nom (ruisseau 1) qui, à l'époque, se jetait directement dans une baie du lac Osisko. Depuis la déposition des résidus miniers dans cette baie lors de l'exploitation de la mine Quémont, l'eau qui s'écoulait sur le parc a été canalisée via un fossé creusé à même les résidus. Cette intervention a permis de contrôler le ruissellement de surface.

Au sud de ce secteur se trouve un ruisseau qui prend sa source dans une partie du site minier. Ce cours d'eau, dont l'écoulement est diffus, est adjacent au ruisseau « Horne Creek » (ruisseau 2) et en période de crue, il est possible qu'il y ait interconnexion entre les deux ruisseaux.

À l'est du bassin Nord-Osisko, le cours d'eau Dallaire est l'un des sites initialement envisagés comme milieu récepteur pour le rejet de l'effluent du projet Horne 5. Il prend sa source au lac Drolet et va rejoindre le lac Rouyn, avant d'atteindre la rivière Kinojévis.

### Secteur nord (IGRM de surface) - 2017

Suite à l'évolution du projet, il est prévu de transporter les résidus miniers dans l'ancien site d'entreposage Norbec situé à une dizaine de kilomètres au nord du CMH5. La réouverture de cet ancien parc à résidu impliquera la construction de digues et fossés de drainage et de dérivation. Ainsi, il pourrait y avoir des impacts sur l'hydrologie de la zone, et notamment sur deux cours d'eau, soient le ruisseau Vauze, en aval du lac du même nom, ainsi que sur le ruisseau Waite, à l'exutoire du lac Waite.

### Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers - 2017

L'ancien parc à résidus Norbec est situé à une dizaine de kilomètres du CMH5 projeté. Des conduites d'eau et de résidus miniers d'une longueur approximative de 17 km sont donc planifiées afin de transporter les résidus vers le site d'entreposage et l'eau de procédé vers le CMH5. Le tracé de ces conduites traverse de nombreux cours d'eau ; au total, treize traverses ont été identifiées. L'impact du projet sur l'hydrologie de ces cours d'eau paraît minime, cependant un bris des conduites pourrait avoir des impacts importants. En effet, tous ces cours d'eau se drainent vers le lac Dufault, dans lequel se situe la prise d'eau de la ville de Rouyn-Noranda.

---

## 3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE

---

### 3.1.1 SECTEUR SUD – CMH5 ET CONDUITE D'EAU FRAÎCHE

Les sous-bassins versants à l'étude dans le secteur sud sont ceux des quatre cours d'eau potentiellement impactés par le projet, délimités au droit (i.e. à l'emplacement) des sondes à niveaux installées. Les bassins sont présentés sur la Carte 3-1 et les caractéristiques des bassins versants à l'étude sont présentées au Tableau 3-1.

**Tableau 3-1 Caractéristiques des bassins versants à l'étude – secteur sud**

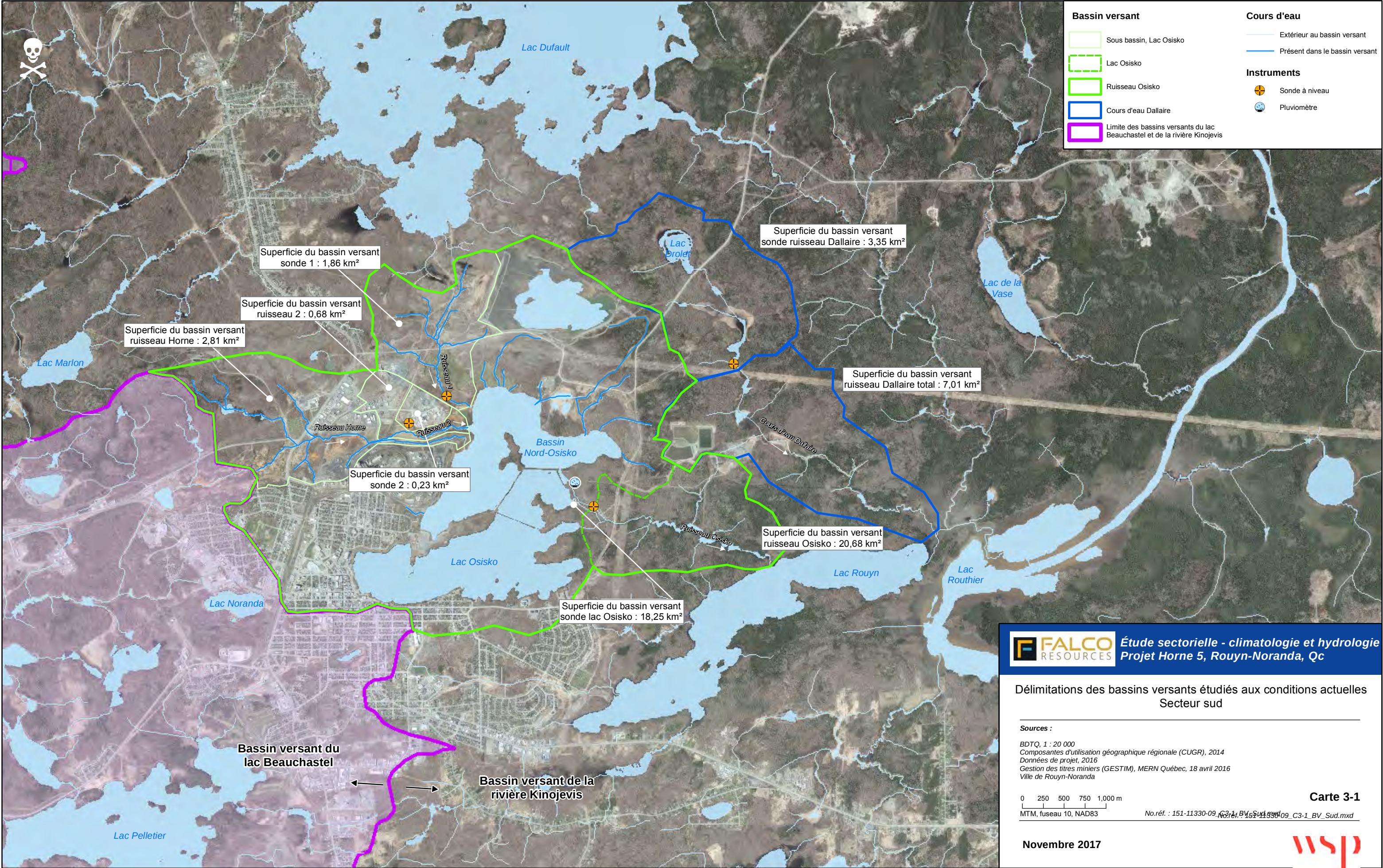
| CARACTÉRISTIQUES                    | RUISSEAU 1 | SONDE 2<br>(SOUS BASSIN<br>VERSANT DU<br>RUISSEAU 2) | RUISSEAU<br>OSISKO | COURS D'EAU<br>DALLAIRE |
|-------------------------------------|------------|------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Superficie (km <sup>2</sup> )       | 1,86       | 0,23                                                 | 18,25              | 3,35                    |
| Coefficient de ruissellement (-)    | 0,31       | 0,6                                                  | 0,32               | 0,27                    |
| Nature des sols                     |            | Industriel                                           |                    |                         |
| Longueur du cours d'eau (km)        | 2,4        | 0,8                                                  | 5,9                | 3,3                     |
| Pente moyenne du bassin versant (%) | 2,5        | 8,0                                                  | 2,0                | 1,9                     |
| Pente du cours d'eau 85-10 (%)      | 1,1        | 1,1                                                  | 0,7                | 0,8                     |
| Temps de concentration (min.)       | 123        | 34                                                   | 216                | 167                     |

La partie supérieure du bassin versant du ruisseau 1 est caractérisée par un mélange de zones de végétation peu dense et d'affleurements rocheux ainsi que de plusieurs amoncellements de matériaux granulaires. Le cours d'eau s'écoule au travers du Club de Golf Noranda dans sa partie inférieure et son exutoire se situe dans le bassin Nord-Osisko. Le ruisseau 2 draine le site de la fonderie, via le fossé où la sonde 2 a été installée, qui constitue un milieu industriel caractérisé par beaucoup de surfaces imperméables (bâtiments, chemins pavés, etc.). Le ruisseau Osisko prend sa source dans le lac Osisko qui draine un bassin versant où les utilisations du sol sont diversifiées. Il draine une partie du secteur urbain de la ville de Rouyn-Noranda, le site de la fonderie Horne, le Club de Golf Noranda et plusieurs secteurs affectés par les activités minières. La section du bassin versant en aval du lac Osisko est caractérisée par un secteur boisé. Le bassin versant du cours d'eau Dallaire est caractérisé par un milieu naturel boisé et le faciès d'écoulement du cours d'eau est influencé par une série de barrages de castors.

### 3.1.2 SECTEUR NORD – IGRM DE SURFACE

Les sous-bassins versants à l'étude pour le secteur nord sont celui du lac Vauze, à l'exutoire du lac du même nom situé au nord du parc à résidus, celui du ruisseau Vauze aval, à l'exutoire de l'ancien parc à résidus à l'est du site, et celui du ruisseau Waite situé à l'ouest, à l'exutoire du lac Waite. Ces trois sous-bassins sont illustrés sur la Carte 3-2 et leurs caractéristiques sont présentées au Tableau 3-2.

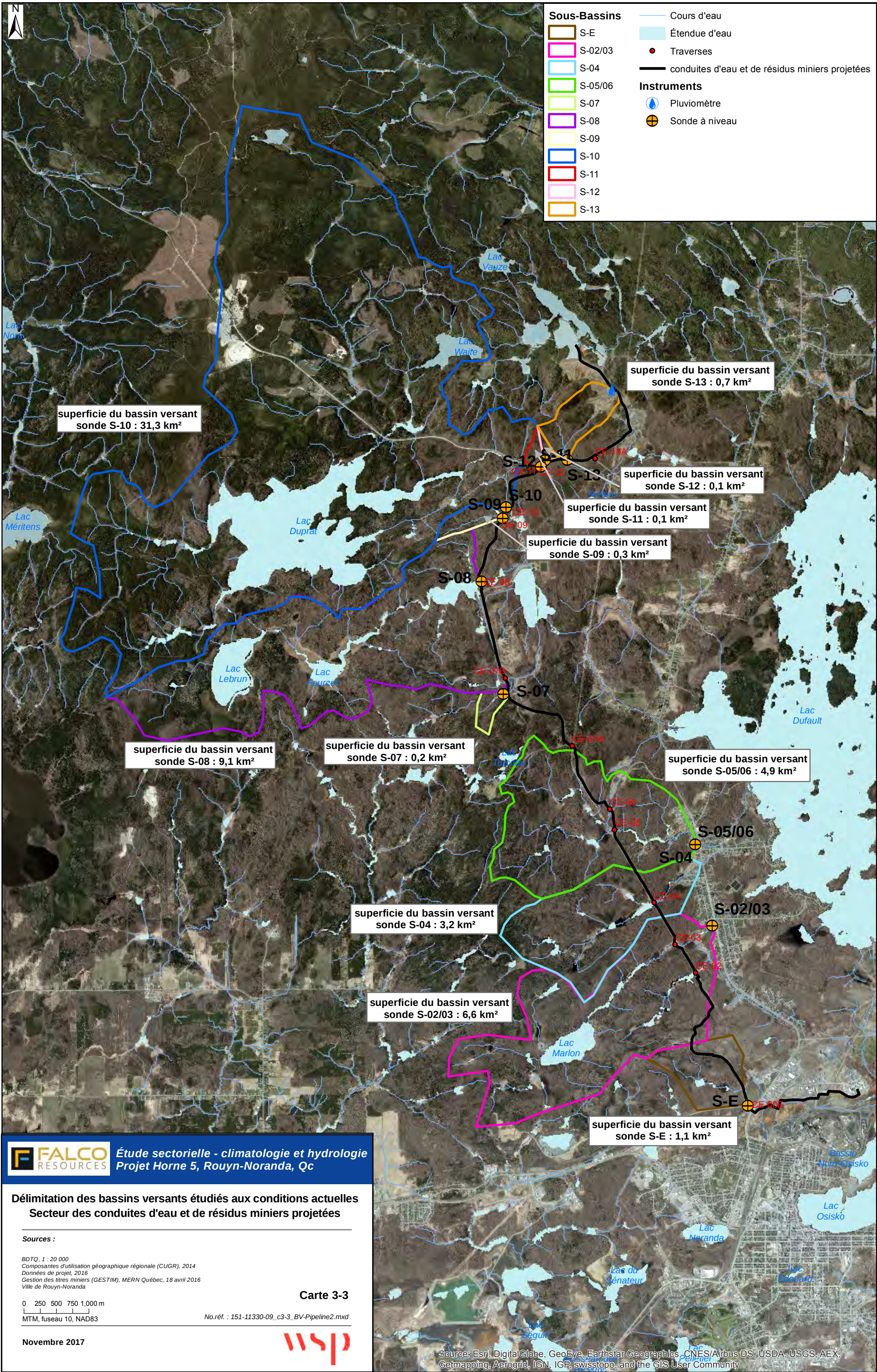
Les sous-bassins versants du secteur nord sont majoritairement boisés. Le bassin du ruisseau Vauze aval comporte sur son territoire une bonne partie de l'ancien site d'entrepôt de résidus miniers. La présence du site dans le bassin versant implique qu'une partie du bassin est plus imperméable en raison des résidus occasionnant un ruissellement plus important. Cependant, l'ancien site minier comporte aussi des lacs qui amoindrissent l'effet des débits de pointe. Les bassins versants du lac Vauze et du lac Waite ont aussi une bonne superficie de lac et marécages couvrant leurs territoires respectifs.













**Tableau 3-2 Caractéristiques des bassins versants à l'étude – secteur nord**

| CARACTÉRISTIQUES                    | RUISSEAU VAUZE<br>(AMONT) | RUISSEAU VAUZE<br>(AVAL) | RUISSEAU WAITE |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|
| Superficie (km <sup>2</sup> )       | 1,03                      | 7,20                     | 0,96           |
| Coefficient de ruissellement (-)    | 0,19                      | 0,2                      | 0,17           |
| Nature principale des sols          | Boisé                     | Boisé & Industriel       | Boisé          |
| Longueur du cours d'eau (km)        | 1,63                      | 4,50                     | 1,36           |
| Pente moyenne du bassin versant (%) | 1,3                       | 1,6                      | 1,1            |
| Pente du cours d'eau 85-10 (%)      | 1,6                       | 0,6                      | 0,7            |
| Temps de concentration (min.)       | 102                       | 232                      | 127            |

### 3.1.3 SECTEUR DES CONDUITES D'EAU ET DE RÉSIDUS MINIERES

Les sous-bassins versants présentés dans cette section sont liés au tracé des conduites. La Carte 3-3 présente le tracé prévu pour la conduite ainsi que les bassins versants des divers cours d'eau traversés, au droit des sondes à niveau installées. Étant donné que la majorité des cours d'eau ne possèdent pas de nom, les noms des sondes à niveaux installées en 2017 sont utilisés pour identifier les bassins versants. Les caractéristiques des bassins versants au droit des sondes à niveaux installées sont présentées au Tableau 3-3.

De manière analogue aux bassins versants situés dans le secteur nord, ceux situés sur le tracé des conduites projetées sont majoritairement boisés. Il y a présence de lacs et de marécages dans tous les bassins versants, à l'exception des sondes S-07, S-09, S-11 et S-12. Il s'agit de bassins de petites envergures relativement escarpés. Les exutoires des bassins des sondes S-E jusqu'à S-05/06 sont situés dans des zones résidentielles. Il est à noter que la superficie du bassin S-10 est plus grande que 25 km<sup>2</sup>. Le bassin de la sonde S-13 est le seul à être influencé par la présence de l'ancien parc à résidus miniers Norbec dans les conditions actuelles.

**Tableau 3-3 Caractéristiques des bassins versants à l'étude – secteur des conduites d'eau et de résidus miniers**

| SONDE   | SUPERFI-<br>CIE    | COEFFICIENT DE<br>RUISSELLEMENT | NATURE DES<br>SOLS | LONGUEUR<br>DU COURS<br>D'EAU | PENTE<br>MOYENNE<br>DU BASSIN<br>VERSANT | PENTE DU<br>COURS<br>D'EAU 85-10 | TEMPS DE<br>CONCENTRA-<br>TION |
|---------|--------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| (Unité) | (km <sup>2</sup> ) | (-)                             |                    | (km)                          | (%)                                      | (%)                              | (min.)                         |
| S-E     | 1,1                | 0,23                            | Boisé              | 2                             | 2,9                                      | 2,3                              | 96                             |
| S-03/02 | 6,6                | 0,19                            | Boisé              | 6                             | 0,4                                      | 0,2                              | 423                            |
| S-04    | 3,2                | 0,19                            | Boisé              | 3,4                           | 0,7                                      | 0,4                              | 243                            |
| S-05/06 | 4,9                | 0,2                             | Boisé              | 4,6                           | 1,1                                      | 0,6                              | 242                            |
| S-07    | 0,2                | 0,26                            | Boisé              | 1,0                           | 6,9                                      | 7,2                              | 44                             |
| S-08    | 9,1                | 0,18                            | Boisé              | 7,7                           | 0,4                                      | 0,4                              | 366                            |
| S-09    | 0,3                | 0,26                            | Boisé              | 1,1                           | 4,0                                      | 4,7                              | 56                             |
| S-10    | 31,3               | 0,19                            | Boisé              | 12,9                          | 0,3                                      | 0,3                              | 490                            |
| S-11    | 0,1                | 0,34                            | Boisé              | 0,7                           | 10,2                                     | 11                               | 30                             |

| SONDE | SUPERFICIE | COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT | NATURE DES SOLS    | LONGUEUR DU COURS D'EAU | PENTE MOYENNE DU BASSIN VERSANT | PENTE DU COURS D'EAU 85-10 | TEMPS DE CONCENTRATION |
|-------|------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------|
| S-12  | 0,1        | 0,34                         | Boisé              | 0,6                     | 12,4                            | 12,4                       | 27                     |
| S-13  | 0,7        | 0,34                         | Boisé & Industriel | 1,4                     | 6,6                             | 5,3                        | 54                     |

## 3.2 MÉTHODOLOGIE

### 3.2.1 DONNÉES DISPONIBLES

#### 3.2.1.1 Campagne de relevés

##### 2016

Une campagne de relevés de terrain a été réalisée à l'été 2016 afin de caractériser les cours d'eau susceptibles d'être impactés par le projet minier Horne 5 dans le secteur sud (ruisseau 1 et sous bassin versant du ruisseau 2, ruisseau Osisko et cours d'eau Dallaire). L'équipe d'hydrométrie/bathymétrie de WSP s'est mobilisée une première fois les 25 et 26 avril 2016. Les travaux suivants ont été réalisés au cours de cette visite :

- installation d'une sonde à niveau dans chacun des sites et jaugeage du débit;
- installation d'une sonde barométrique et d'un pluviomètre à l'exutoire du lac Osisko;
- relevés topographiques et bathymétriques sur les quatre sites.

La seconde mobilisation a été réalisée le 27 octobre 2016 afin d'effectuer des jaugeages supplémentaires et de récupérer les équipements. Plus spécifiquement, les travaux suivants ont été réalisés lors de cette campagne :

- relevé de niveaux d'eau et jaugeage du débit pour chaque site;
- démantèlement des sondes, du pluviomètre et du baromètre.

De plus, des jaugeages du débit des cours d'eau ont été réalisés par WSP le 26 mai, le 22 juin, le 28 juillet et le 22 août 2016.

##### 2017

Suite aux changements planifiés au présent projet, une nouvelle campagne de relevés terrain a été réalisée par WSP durant l'été et l'automne 2017. La campagne visait à caractériser le secteur nord de l'ancien site d'entreposage de résidu Norbec ainsi que les traverses de cours d'eau liées aux conduites d'eau et de résidus miniers.

Une première mobilisation a eu lieu du 19 au 23 mai 2017. Les travaux suivants ont été réalisés au cours de cette visite :

- installation d'un pluviomètre et de deux baromètres (un dans le secteur nord, un au sud du secteur des conduites d'eau et de résidus miniers);
- installation d'une sonde à niveau, relevé d'une section topographique et bathymétrique et jaugeage du débit dans chacun des sites;
- relevés topographiques et bathymétriques aux exutoires du lac Vauze et du lac Waite.

La seconde mobilisation a été réalisée le 16 octobre 2017 afin d'effectuer des jaugeages supplémentaires et de récupérer les équipements. Plus spécifiquement, les travaux suivants ont été réalisés lors de cette campagne :

- relevé de niveaux d'eau et jaugeage du débit pour chaque site;
- démantèlement des sondes, du pluviomètre et des baromètres.

De plus, des jaugeages du débit des cours d'eau et une vérification des instruments ont été réalisés par WSP le 29 juillet et le 3 septembre. Certaines sondes, exondées, ont été remplacées. Et il est à noter que le pluviomètre était bouché par du pollen lors de la visite du 3 septembre, et donc non opérationnel depuis un certain temps avant ce constat.

### 3.2.1.2 Topographie et pédologie des bassins versants

Les cartes topographiques utilisées proviennent des données cartographiques numériques publiées par le ministère des Ressources naturelles du Canada. La classification hydrologique des sols a été déterminée à l'aide des cartes écoforestières publiées par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Le Tableau 3-4 précise le numéro des cartes utilisées pour caractériser les bassins versants à l'étude. Afin de raffiner l'analyse, un relevé Lidar et des orthophotographies ont été utilisés dans la délimitation et la caractérisation des bassins versants.

**Tableau 3-4 Feuilles cartographiques utilisés pour caractériser les bassins versants à l'étude**

| NUMÉRO DES CARTES TOPOGRAPHIQUES<br>NUMÉRIQUES | NUMÉRO DES CARTES DES DÉPÔTS DE SURFACE |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 32D02-200-0201                                 | 32D02NO                                 |
| 32D03-200-0202                                 | 32D03NE                                 |
| 32D06-200-0102                                 | 32D06SE                                 |
| 32D07-200-0101                                 | 32D07SO                                 |

### 3.2.1.3 Données hydrométriques

Les stations hydrométriques 043012 (rivière Kinojévis), 042103 (rivière Maganasipi) et 040212 (rivière Saint-Louis) du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) ont été évaluées afin d'être utilisées pour le calcul des débits de pointe par analyse fréquentielle. La station 040212 a été retenue, bien qu'elle soit la plus éloignée, puisque la superficie de son bassin versant est la plus petite; elle est donc susceptible de produire des résultats plus représentatifs pour les cours d'eau à l'étude. Le Tableau 3-5 présente les caractéristiques des stations hydrométriques évaluées. L'emplacement des stations hydrométriques est présenté à la Carte 2-1.

**Tableau 3-5 Stations hydrométriques**

| NUMÉRO DE LA<br>STATION | RIVIÈRE            | SÉRIE DE DONNÉES<br>ENREGISTRÉES | BASSIN VERSANT<br>(km <sup>2</sup> ) | LOCALISATION (DEGRÉ) |                  |
|-------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------|
|                         |                    |                                  |                                      | Latitude             | Longitude        |
| 043012                  | Kinojévis          | 1965 - en activité               | 2 590                                | 48° 22' N            | 78° 51' O        |
| 042103                  | Maganasipi         | 1970 - 2003                      | 575                                  | 46° 19' N            | 78° 20' O        |
| <b>040212</b>           | <b>Saint-Louis</b> | <b>1968 - en activité</b>        | <b>40</b>                            | <b>46° 22' N</b>     | <b>74° 30' O</b> |

### 3.2.1.4 Données pluviométriques

Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) sont issues des données d'Environnement Canada (mises à jour en 2014) traitées à l'aide du logiciel AqualIDF (Aquapaxis, 2013). L'emplacement des stations météorologiques est présenté à la Carte 2-1. Quatre stations météorologiques ont été comparées (Tableau 3-6) et les données IDF de la station de Kirkland Lake CS ont été retenues pour les raisons suivantes :

- la durée d'enregistrement analysée pour les stations météorologiques Rivière Héva et La Sarre est trop courte pour être utilisée;
- les stations météorologiques Amos et Kirkland Lake Cs sont presque équidistantes du site à l'étude;
- les intensités enregistrées par la station de Kirkland Lake CS Lake sont plus conservatrices que les intensités enregistrées par la station Amos.

**Tableau 3-6 Stations météorologiques à proximité du site à l'étude**

| NUMÉRO DE LA STATION | NOM DE LA STATION       | DURÉE D'ENREGISTREMENT | DISTANCE DU SITE À L'ÉTUDE (km) | LOCALISATION (degré) |                  |
|----------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|
|                      |                         |                        |                                 | Latitude             | Longitude        |
| 7094120              | La Sarre                | 1983 - 1999            | 63                              | 48° 47' N            | 79° 13' O        |
| 7090120              | Amos                    | 1969 - 1998            | 74                              | 48° 34' N            | 78° 08' O        |
| 7096621              | Rivière-Héva            | 1981 - 1999            | 64                              | 48° 12' N            | 78° 08' O        |
| <b>6074211</b>       | <b>Kirkland Lake CS</b> | <b>1980 - 2006</b>     | <b>75</b>                       | <b>48° 09' N</b>     | <b>80° 00' O</b> |

### 3.2.2 ESTIMATION DES DÉBITS DE CRUE

#### 3.2.2.1 Méthode rationnelle

La méthode rationnelle, telle que décrite dans le Manuel de conception des ponceaux (MTQ, 2014), a été utilisée pour calculer les débits de pointe des bassins versants des ruisseaux à l'étude. Afin de tenir compte de l'effet des changements climatiques sur l'intensité des événements extrêmes de précipitations, les débits calculés ont été majorés de 18 % étant donné que le secteur du projet n'est pas situé dans la région du sud du Québec. La méthode rationnelle est normalement utilisée pour des bassins versants plus petits que 25 km<sup>2</sup>. Un des bassins de la zone étudiée a une superficie légèrement supérieure à 25 km<sup>2</sup>, cependant la méthode rationnelle lui a également été appliquée, pour comparer aux autres méthodes appliquées à ce bassin. L'équation à la base de cette méthode a la forme suivante :

$$Q = 0,278 * C * F_L * I * A$$

Où :

- Q : est le débit de pointe (m<sup>3</sup>/s) ;
- C : est le coefficient de ruissellement de pointe ;
- F<sub>L</sub> : est un coefficient de laminage ;
- I : est l'intensité des précipitations (mm/h) ;
- A : est la superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>).

Le coefficient de ruissellement est déterminé à partir de la pente moyenne du bassin versant, du type de sol et de la couverture végétale. La classification hydrologique des sols est déterminée selon les cartes écoforestières ou pédologiques, et les valeurs correspondantes publiées dans le Manuel de conception des ponceaux (MTQ, 2014). La pente moyenne du bassin versant est déterminée à partir des cartes topographiques numériques. Le coefficient de laminage reproduit l'effet de laminage des crues (intensité amoindrie, mais durée augmentée) par les milieux humides. Il atténue la pointe de l'hydrogramme de ruissellement en tenant compte de la proportion de lacs et de marécages présents sur le bassin versant, ainsi que de leur localisation par rapport au cours d'eau. La durée et l'intensité des précipitations à utiliser dans la méthode rationnelle dépendent du temps de concentration du bassin versant.

#### 3.2.2.2 Analyse fréquentielle

Les cours d'eau du site à l'étude n'étant pas continuellement jaugés, les débits de pointe de crue peuvent être calculés par une analyse de fréquence sur les débits de pointe d'une rivière jaugée à proximité. Une transposition de bassin versant est

ensuite effectuée pour ajuster les débits calculés au site à l'étude et l'application d'un facteur de pointe est effectuée sur les débits calculés afin d'obtenir les valeurs de débits maximaux instantanés associés à différentes périodes de retour.

Le logiciel HYFRAN, développé par l'Institut national de recherche scientifique (INRS, 2002), est utilisé pour effectuer l'analyse fréquentielle à partir d'une série hydrologique (crue et étiage). Les lois de distribution les plus couramment utilisées pour l'analyse de fréquence d'événements de crue extrêmes, d'après le Conseil national de recherches du Canada (CNRC, 1990), sont : Pearson de type III, Gumbel, Normale et la loi générale des valeurs extrêmes (GEV). Parmi toutes ces distributions, celle présentant le meilleur ajustement à l'échantillon est retenue pour établir les caractéristiques des crues et des étiages.

Un coefficient de pondération variant de 0,6 à 0,9 est généralement utilisé dans les calculs par transfert de bassin versant afin de tenir compte de la non-linéarité de la relation superficie – débit. Ce coefficient est plus élevé pour des crues de fonte de neige que pour des crues de pluie. Un coefficient de 0,8 peut être utilisé à défaut de bons indices sur le comportement hydrologique du bassin versant à l'étude en comparaison avec celui du bassin versant sur lequel il y a une station hydrométrique (Ancil, 2005).

Le facteur de pointe permet de calculer un débit maximal instantané à partir d'un débit moyen journalier d'une crue reliée à une période de retour. Le facteur de pointe utilisé dans cette étude est de 1,18, soit celui associé à la station 040212 (rivière Saint-Louis). Ce facteur a été obtenu à partir de la moyenne des facteurs de pointe calculée en période de crue (MDDELCC, 2015).

---

### 3.2.3 ESTIMATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE

La connaissance des débits d'étiage est fort utile pour évaluer un débit à prélever, pour maintenir un débit minimal ou pour estimer les charges de contaminants qui peuvent être déversées sans compromettre l'intégrité du milieu aquatique et les usages qui y sont liés. Les étiages des cours d'eau québécois surviennent durant deux périodes, la première étant l'hiver, alors que les précipitations tombent sous forme solide et n'alimentent pas les cours d'eau, la seconde étant l'été, alors que surviennent des périodes de sécheresse plus ou moins longues.

Afin d'offrir un portrait des débits d'étiage à un endroit quelconque de l'ensemble du territoire québécois, le CEHQ a calculé et cartographié les débits d'étiage de plusieurs cours d'eau du Québec (CEHQ, 2005). Trois valeurs de débits d'étiage spécifiques ont été estimées aux stations hydrométriques québécoises pour les périodes annuelle (pour inclure les étiages hivernaux) et estivale (du 1<sup>er</sup> juin au 31 octobre) :

- $Q_{2,7}$  et  $Q_{10,7}$  : débits d'étiage de récurrence 2 ans et 10 ans calculés sur une plage de 7 jours consécutifs;
- $Q_{5,30}$  : débit d'étiage de récurrence 5 ans calculé sur une plage de 30 jours consécutifs.

Les cours d'eau de la zone à l'étude n'étant pas jaugés, les débits d'étiage sont déterminés par transfert de bassin versant à partir des débits d'étiage publiés par le CEHQ pour les stations hydrométriques 043012 (rivière Kinojévis) et 040212 (rivière Saint-Louis). Les valeurs sont présentées sous forme de débit spécifique (c.-à-d. par unité de surface). Les débits spécifiques d'étiage ( $Q_{2,7}$ ) de ces deux stations ont été utilisés afin d'estimer une plage de valeur pour le débit d'étiage pour le site à l'étude. Le bassin versant de la rivière Kinojévis est beaucoup plus grand que ceux des cours d'eau à l'étude alors que celui de la rivière Saint-Louis est plus représentatif, mais la distance entre la station hydrométrique et le site à l'étude est plus grande (368 km contre 12 km pour celle de la Kinojévis).

---

### 3.2.4 ESTIMATION DES DÉBITS MOYENS MENSUELS

Les débits moyens mensuels sont calculés par transfert de bassin versant à partir des débits jaugés d'une rivière à proximité. Les stations hydrométriques évaluées sont présentées au Tableau 3-3 et les données de la station 040212 de la rivière Saint-Louis ont été retenues étant donné la superficie de son bassin versant qui est plus près de celles des bassins versants des cours d'eau à l'étude, bien que son éloignement soit plus important.

## 3.3 RÉSULTATS – SECTEUR SUD (CMH5 ET CONDUITE D’EAU FRAÎCHE)

Cette section présente les résultats de la caractérisation hydrologique effectuée pour les sous-bassins versants du secteur sud potentiellement impactés par le projet. Les données de la campagne de terrain, les débits de crue et d’étiage et moyens mensuels y sont présentés.

### 3.3.1 HYDROMÉTRIE

Le Tableau 3-7 présente les résultats des jaugeages réalisés lors de la campagne de terrain de l’été 2016. Certains des débits jaugés sont trop petits et ne sont donc pas présentés.

**Tableau 3-7 Jaugeages réalisés lors de l’été 2016 (débits en m<sup>3</sup>/s)**

| DATE       | RUISSEAU 1 |      | RUISSEAU OSISKO |      | COURS D’EAU DALLAIRE |      |
|------------|------------|------|-----------------|------|----------------------|------|
| 2016-04-26 | 0,06       | 0,07 | 0,86            | 0,79 | 0,17                 | 0,15 |
| 2016-05-26 | 0,0        | 0,0  | 0,22            | 0,26 | 0,03                 | 0,02 |
| 2016-06-22 | 0,02       | 0,02 | 0,23            | 0,18 | 0,0                  | 0,0  |
| 2016-07-28 | 0,04       | 0,04 | 0,43            | 0,44 | 0,07                 | 0,07 |
| 2016-08-22 | 0,03       | 0,02 | 0,32            | 0,26 | 0,0                  | 0,0  |
| 2016-10-27 | 0,03       | 0,02 | 0,30            | 0,30 | 0,03                 | 0,04 |

*Note : Il y a deux valeurs par date par ruisseau puisque les jaugeages sont effectués deux fois par site.*

Tous les jaugeages réalisés sur le fossé tributaire du ruisseau 2 l’ont été dans des conditions où la vitesse de l’eau dans les cours d’eau à l’étude était inférieure à la limite de détection du courantomètre utilisé. Le résultat du jaugeage était alors nul, alors qu’en réalité il y avait un léger écoulement. En conditions d’étiage, les barrages de castors et la faible pente des chenaux d’écoulement contribuent à générer des vitesses d’écoulement qui sont faibles. Les sondes à niveaux ont fonctionné pour toute la période de la campagne de relevés de terrain et les résultats sont présentés sous forme graphique en annexe A. Les données de précipitations sont également présentées sur ces graphiques afin de mettre en évidence le phénomène de ruissellement. Les relations niveau-débit ont pu être établies pour le ruisseau 1 et pour le ruisseau Osisko. Ces relations sont présentées en annexe B. Des photos des ruisseaux sont disponibles dans l’annexe photographique de l’annexe C.

### 3.3.2 DÉBITS DE CRUE

Les Tableaux 3-8 à 3-11 présentent les débits de pointe de crue obtenus par la méthode rationnelle ainsi que par l’analyse fréquentielle. Les débits unitaires sont également présentés à titre informatif. Les débits de pointe retenus sont ceux calculés par la méthode rationnelle, car la méthode par transfert de bassin versant est hors de sa limite d’application et ne sert qu’en tant que base de comparaison pour les débits calculés par la méthode rationnelle. De plus, l’usage du territoire est très spécifique pour certains bassins versants étudiés, ce qui n’est pas le cas pour la rivière Saint-Louis (station hydrométrique 040212) dont la majorité du bassin versant est boisée. En période de crue, les débits de pointe du tributaire du ruisseau 2 peuvent être affectés par une interconnexion avec le ruisseau « Horne Creek ». Les photographies aériennes du secteur montrent que l’écoulement est diffus dans une plaine inondable, dont certains canaux semblent connecter avec le ruisseau « Horne Creek ».

Plusieurs lacs ou étangs créés par des barrages de castors sont présents dans la zone à l'étude. Les étendues d'eau sur un territoire laminent les pointes des hydrogrammes de crue des différents ruisseaux sur le territoire, amoindissant l'intensité, mais augmentant la durée de la crue. Les débits de crue des ruisseaux Osisko et Dallaire sont affectés d'un coefficient de laminage pour représenter cet effet.

**Tableau 3-8 Débits de pointe du ruisseau 1**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 2,2                                                      | 11,9                       | 1,2                                    | 6,7                        |
| 10                            | 2,9                                                      | 16,0                       | 2,1                                    | 11,1                       |
| 25                            | 4,0                                                      | 22,0                       | 2,5                                    | 13,2                       |
| 50                            | 4,5                                                      | 24,6                       | 2,8                                    | 14,8                       |
| 100                           | 4,9                                                      | 27,2                       | 3,0                                    | 16,3                       |

**Tableau 3-9 Débits de pointe de l'affluent du ruisseau 2**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 1,7                                                      | 72,6                       | 0,2                                    | 10,2                       |
| 10                            | 2,6                                                      | 111,3                      | 0,4                                    | 16,8                       |
| 25                            | 3,0                                                      | 131,4                      | 0,46                                   | 20,1                       |
| 50                            | 3,4                                                      | 146,0                      | 0,52                                   | 22,5                       |
| 100                           | 3,7                                                      | 160,5                      | 0,6                                    | 24,7                       |

**Tableau 3-10 Débits de pointe du ruisseau Osisko**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 9,1                                                      | 5,0                        | 7,72                                   | 4,26                       |
| 10                            | 12,4                                                     | 6,8                        | 12,74                                  | 7,03                       |
| 25                            | 17,2                                                     | 9,5                        | 15,19                                  | 8,38                       |
| 50                            | 19,3                                                     | 10,6                       | 17,01                                  | 9,39                       |
| 100                           | 21,3                                                     | 11,8                       | 18,70                                  | 10,32                      |

**Tableau 3-11 Débits de pointe du cours d'eau Dallaire**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                         |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE     |                            |
|-------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m³/s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m³/s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 2,2                                         | 6,5                        | 2,0                       | 6,0                        |
| 10                            | 3,0                                         | 8,8                        | 3,3                       | 9,9                        |
| 25                            | 4,1                                         | 12,2                       | 3,9                       | 11,7                       |
| 50                            | 4,6                                         | 13,7                       | 4,4                       | 13,2                       |
| 100                           | 5,1                                         | 15,1                       | 4,8                       | 14,5                       |

### 3.3.3 DÉBITS D'ÉTIAGE

Les Tableaux 3-12 à 3-15 présentent les débits d'étiage pour les ruisseaux à l'étude dans le secteur sud.

**Tableau 3-12 Débits d'étiage du ruisseau 1**

| RÉCURRENCE        | ESTIVAL (l/s) | ANNUEL (l/s) |
|-------------------|---------------|--------------|
| Q <sub>2,7</sub>  | [4,0 – 9,3]   | [3,6 – 6,8]  |
| Q <sub>10,7</sub> | [2,0 – 5,6]   | [2,1 – 5,8]  |
| Q <sub>5,30</sub> | [4,1 – 7,9]   | [3,8 – 6,4]  |

**Tableau 3-13 Débits d'étiage de l'affluent du ruisseau 2**

| RÉCURRENCE        | ESTIVAL (l/s) | ANNUEL (l/s) |
|-------------------|---------------|--------------|
| Q <sub>2,7</sub>  | [0,5 – 1,2]   | [0,4 – 0,8]  |
| Q <sub>10,7</sub> | [0,3 – 0,7]   | [0,3 – 0,7]  |
| Q <sub>5,30</sub> | [0,5 – 1,0]   | [0,5 – 0,8]  |

**Tableau 3-14 Débits d'étiage du ruisseau Osisko**

| RÉCURRENCE        | ESTIVAL (l/s) | ANNUEL (l/s) |
|-------------------|---------------|--------------|
| Q <sub>2,7</sub>  | [39 – 91]     | [35 – 66]    |
| Q <sub>10,7</sub> | [20 – 55]     | [20 – 56]    |
| Q <sub>5,30</sub> | [40 – 77]     | [37 – 63]    |

**Tableau 3-15 Débits d'étiage du cours d'eau Dallaire**

| RÉCURRENCE        | ESTIVAL (l/s) | ANNUEL (l/s) |
|-------------------|---------------|--------------|
| Q <sub>2,7</sub>  | [7,3 – 17,1]  | [6,6 – 12,4] |
| Q <sub>10,7</sub> | [3,7 – 10,3]  | [3,8 – 10,6] |
| Q <sub>5,30</sub> | [7,4 – 14,5]  | [7,0 – 11,7] |

### 3.3.4 DÉBITS MOYENS MENSUELS

Le Tableau 3-16 présente les débits moyens mensuels pour les 4 cours d'eau à l'étude et pour la station hydrométrique 040212 du CEHQ, à partir de laquelle ils ont été calculés.

Le débit moyen annuel spécifique des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à 25,4 l/s/km<sup>2</sup> selon les données enregistrées à la station hydrométrique 040212 du CEHQ. Les mois d'avril et de mai sont les mois ayant les valeurs de débits moyens les plus élevés en raison des crues printanières auxquelles contribuent les processus de fonte du couvert nival. Les mois d'octobre et de novembre comportent également des valeurs plus élevées en raison des phénomènes orageux qui se déroulent durant l'automne. Les plus faibles débits sont rencontrés durant l'hiver (étiage annuel) et durant le mois d'août (étiage estival).

**Tableau 3-16 Débits moyens mensuels pour les ruisseaux à l'étude**

| DÉBIT MOYEN<br>MENSUEL<br>(l/s) | STATION<br>HYDROMÉTRIQUE<br>040212 | RUISSEAU 1 | SONDE 2<br>(SOUS BV DU<br>RUISSEAU 2) | RUISSEAU<br>OSISKO | COURS D'EAU<br>DALLAIRE |
|---------------------------------|------------------------------------|------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Janvier                         | 455                                | 21         | 3                                     | 207                | 39                      |
| Février                         | 403                                | 19         | 2                                     | 183                | 34                      |
| Mars                            | 633                                | 30         | 4                                     | 287                | 54                      |
| Avril                           | 2748                               | 128        | 16                                    | 1248               | 234                     |
| Mai                             | 2528                               | 118        | 15                                    | 1148               | 215                     |
| Juin                            | 835                                | 39         | 5                                     | 379                | 71                      |
| Juillet                         | 646                                | 30         | 4                                     | 293                | 55                      |
| Août                            | 420                                | 20         | 2                                     | 191                | 36                      |
| Septembre                       | 610                                | 28         | 4                                     | 277                | 52                      |
| Octobre                         | 1053                               | 49         | 6                                     | 478                | 90                      |
| Novembre                        | 1097                               | 51         | 6                                     | 498                | 93                      |
| Décembre                        | 723                                | 34         | 4                                     | 328                | 62                      |

## 3.4 RÉSULTATS – SECTEUR NORD (IGRM DE SURFACE)

Cette section présente les résultats de la caractérisation hydrologique effectuée pour les trois bassins versants potentiellement impactés par le projet dans le secteur nord. Les caractéristiques des bassins versants, les données de la campagne de terrain, les débits de crue et d'étiage et les débits moyens mensuels y sont présentés.

### 3.4.1 HYDROMÉTRIE

Le Tableau 3-17 présente les résultats des jaugeages réalisés lors de la campagne de terrain de 2017. Il est à noter que lors de la première mobilisation au mois de mai, aucun jaugeage n'a pu être effectué au lac Vauze (S14). En effet, aucun écoulement n'était mesurable à l'exutoire du lac, qui consiste en un barrage de castor qui percole. L'utilisation d'un équipement spécial (River Ray), non disponible lors de cette visite, a rendu possible un jaugeage en amont du barrage dans la partie plus profonde du lac lors des visites suivantes et, pour compenser, deux jaugeages ont été effectués lors de la visite d'octobre. Plus en aval sur le ruisseau Vauze (S15), le premier jaugeage a été réalisé dans des conditions où la vitesse de l'eau était inférieure à la limite de détection du courantomètre utilisé, en partie en raison de la présence de barrages de castor. Le résultat du jaugeage était alors nul, alors qu'en réalité il y avait un léger écoulement.

Les sondes à niveaux ont fonctionné pour toute la période de la campagne de relevés de terrain et les résultats sont présentés sous forme graphique en annexe A. Les données de précipitations sont également présentées sur ces graphiques afin de mettre en évidence le phénomène de ruissellement. Les relations niveau-débit ont été établies aux sondes S14 et S16 et sont présentées en annexe B. Des photos des ruisseaux sont disponibles à l'annexe C.

**Tableau 3-17 Jaugeages réalisés lors de l'été 2017 (débits en m<sup>3</sup>/s)**

| SONDE                     | 21/05/2017             | 03/09/2017 | 14/10/2017    |
|---------------------------|------------------------|------------|---------------|
| Lac Vauze (S14)           | /                      | 0,107      | 0,005<br>0,06 |
| Ruisseau Vauze aval (S15) | Écoulement trop faible | 0,08       | 0,03          |
| Lac Waite (S16)           | 0,03 / 0,02            | 0,002      | 0,003         |

### 3.4.2 DÉBITS DE CRUE

Les Tableaux 3-18 à 3-20 présentent les débits de pointe de crue obtenus par la méthode rationnelle ainsi que par l'analyse fréquentielle. Les débits unitaires sont également présentés à titre informatif. Les débits de pointe retenus sont ceux calculés par la méthode rationnelle, car la méthode par transfert de bassin versant est hors de sa limite d'application (rapport de superficie entre les bassins à l'étude et le bassin de référence trop important), et ne tient pas compte des caractéristiques physiques de chacun des sous-bassins. Les résultats obtenus par transfert de bassin servent donc en tant que base de comparaison pour les débits calculés par la méthode rationnelle.

**Tableau 3-18 Débits de pointe à la sonde S-14 (lac Vauze)**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 0,5                                                      | 5,1                        | 0,78                                   | 7,56                       |
| 10                            | 0,7                                                      | 6,8                        | 1,28                                   | 12,48                      |
| 25                            | 1,0                                                      | 9,4                        | 1,53                                   | 14,87                      |
| 50                            | 1,1                                                      | 10,5                       | 1,71                                   | 16,65                      |
| 100                           | 1,2                                                      | 11,6                       | 1,89                                   | 18,31                      |

**Tableau 3-19 Débits de pointe à la sonde S-15 (ruisseau Vauze)**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 2,2                                                      | 3,0                        | 3,69                                   | 5,12                       |
| 10                            | 2,9                                                      | 4,1                        | 6,08                                   | 8,46                       |
| 25                            | 4,1                                                      | 5,7                        | 7,25                                   | 10,08                      |
| 50                            | 4,6                                                      | 6,3                        | 8,12                                   | 11,29                      |
| 100                           | 5,1                                                      | 7,0                        | 8,93                                   | 12,41                      |

**Tableau 3-20 Débits de pointe à la sonde S-16 (lac Waite)**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 0,4                                                      | 3,7                        | 0,73                                   | 7,67                       |
| 10                            | 0,5                                                      | 4,9                        | 1,21                                   | 12,66                      |
| 25                            | 0,7                                                      | 6,8                        | 1,44                                   | 15,09                      |
| 50                            | 0,7                                                      | 7,6                        | 1,62                                   | 16,90                      |
| 100                           | 0,8                                                      | 8,4                        | 1,78                                   | 18,59                      |

### 3.4.3 DÉBITS D'ÉTIAGE

Les cours d'eau de la zone à l'étude ne sont pas jaugés. De manière analogue au secteur sud, les débits d'étiage sont déterminés par transfert de bassin versant à partir des débits d'étiage publiés par le CEHQ pour les stations hydrométriques 043012 (rivière Kinojévis) et 040212 (rivière Saint-Louis). Ces débits proviennent d'une analyse fréquentielle effectuée sur les données des stations hydrométriques du Québec.

Le Tableau 3-21 présente les débits d'étiage pour les ruisseaux à l'étude.

**Tableau 3-21 Débits d'étiage pour les cours d'eau à l'étude**

|                       | Q <sub>2,7, ESTIVAL</sub><br>(l/s) | Q <sub>10,7, ESTIVAL</sub><br>(l/s) | Q <sub>5,30, ESTIVAL</sub><br>(l/s) | Q <sub>2,7, ANNUEL</sub><br>(l/s) | Q <sub>10,7, ANNUEL</sub><br>(l/s) | Q <sub>5,30, ANNUEL</sub><br>(l/s) |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| S-14 – Lac Vauze      | [2,2 – 5,2]                        | [1,1 – 3,1]                         | [2,2 – 4,4]                         | [2,0 – 3,8]                       | [1,1 – 3,2]                        | [2,1 – 3,6]                        |
| S-15 – Ruisseau Vauze | [15,5 – 36,1]                      | [7,9 – 21,7]                        | [15,7 – 30,7]                       | [13,9 – 26,3]                     | [8,0 – 22,4]                       | [14,8 – 24,8]                      |
| S-16 – Lac Waite      | [2,1 – 4,8]                        | [1,1 – 2,9]                         | [2,1 – 4,1]                         | [1,8 – 3,5]                       | [1,1 – 3,0]                        | [2,0 – 3,3]                        |

### 3.4.4 DÉBITS MOYENS MENSUELS

Le Tableau 3-22 présente les débits moyens mensuels pour le secteur nord et pour la station hydrométrique 040212 du CEHQ, à partir de laquelle ils ont été calculés.

Le débit moyen annuel spécifique des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à 25,4 l/s/km<sup>2</sup> selon les données enregistrées à la station hydrométrique 040212 du CEHQ. Les mois d'avril et de mai sont les mois ayant les valeurs de débits moyens les plus élevés en raison des crues printanières auxquelles contribuent les processus de fonte du couvert nival. Les mois d'octobre et de novembre comportent également des valeurs plus élevées en raison des phénomènes orageux qui se déroulent durant l'automne. Les plus faibles débits sont rencontrés durant l'hiver (étiage annuel) et durant le mois d'août (étiage estival).

**Tableau 3-22 Débits moyens mensuels pour les cours d'eau à l'étude**

| MOIS      | STATION 040212<br>(l/s) | S-14<br>LAC VAUZE<br>(l/s) | S-15<br>RUISSEAU VAUZE AVAL<br>(l/s) | S-16<br>LAC WAITE<br>(l/s) |
|-----------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Janvier   | 455                     | 24                         | 116                                  | 23                         |
| Février   | 403                     | 22                         | 102                                  | 20                         |
| Mars      | 633                     | 34                         | 161                                  | 32                         |
| Avril     | 2748                    | 147                        | 698                                  | 139                        |
| Mai       | 2528                    | 136                        | 642                                  | 128                        |
| Juin      | 835                     | 45                         | 212                                  | 42                         |
| Juillet   | 646                     | 35                         | 164                                  | 33                         |
| Août      | 420                     | 23                         | 107                                  | 21                         |
| Septembre | 610                     | 33                         | 155                                  | 31                         |
| Octobre   | 1053                    | 56                         | 268                                  | 53                         |
| Novembre  | 1097                    | 59                         | 279                                  | 55                         |
| Décembre  | 723                     | 39                         | 184                                  | 37                         |

## 3.5 RÉSULTATS – SECTEUR DES CONDUITES D'EAU ET DE RÉSIDUS MINIERES

Cette section présente les résultats de la caractérisation hydrologique effectuée pour l'ensemble des bassins versants potentiellement impactés par le tracé des conduites d'eau et de résidus miniers. Les caractéristiques des bassins versants, les données de la campagne de terrain, les débits de crue et d'étiage et les débits moyens mensuels y sont présentés.

### 3.5.1 HYDROMÉTRIE

Le Tableau 3-23 présente les résultats des jaugeages réalisés lors de la campagne de terrain de 2017.

Il est à noter que lorsque cela a été possible, deux jaugeages ont été effectués à chaque site, et les deux valeurs sont présentées dans le tableau. À certains sites, des jaugeages ont été effectués lors de deux journées différentes, ce qui explique que trois ou quatre valeurs sont parfois présentées dans le tableau. Enfin, à certains emplacements, en particulier lors de la campagne du 29 juillet 2017, l'écoulement d'eau était tellement faible que les vitesses mesurées étaient presque nulles et à la limite de détection des appareils de mesure. Les débits calculés sont alors nuls, et donc non présentés dans le tableau.

Les sondes à niveaux ont fonctionné pour toute la période de la campagne de relevés de terrain et les résultats sont présentés sous forme graphique à l'annexe A. Les données de précipitations sont également présentées sur ces graphiques afin de mettre en évidence le phénomène de ruissellement. Les relations niveau-débit ont été établies à chaque sonde où au moins trois valeurs de jaugeages valides ont été récoltées, et sont présentées à l'annexe B. Des photos des ruisseaux sont disponibles à l'annexe C.

**Tableau 3-23 Jaugeages réalisés lors de l'été 2017 (débits en m³/s)**

| SONDE          | 19-23/05/2017              | 29/07/2017                                               | 01-03/09/2017          | 14-15/10/2017 |
|----------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| <b>S-E</b>     | 0,12 / 0,11<br>0,09 / 0,09 | 0,0019                                                   |                        | 0,11 / 0,12   |
| <b>S-03/02</b> | 0,28 / 0,28                | 0,0018                                                   |                        | 0,23 / 0,24   |
| <b>S-04</b>    | 0,17 / 0,17                | 0,0014                                                   |                        | 0,04 / 0,1    |
| <b>S-05/06</b> | 0,14 / 0,17                | 0,0003                                                   |                        | 0,12 / 0,11   |
| <b>S-07</b>    | 0,02 / 0,02                | Écoulement trop faible                                   |                        | 0,024         |
| <b>S-08</b>    | 0,15 / 0,18<br>0,2         | Aucun écoulement                                         |                        | 0,02          |
| <b>S-09</b>    | 0,02 / 0,01                | Écoulement trop faible                                   | Écoulement trop faible | 0,04          |
| <b>S-10</b>    | 1,33                       | Écoulement trop important<br>pour le matériel disponible | 0,1                    | 0,17 / 0,18   |
| <b>S-11</b>    | 0,01                       | Aucun écoulement                                         |                        | 0,0084        |
| <b>S-12</b>    | 0,00547<br>0,01 / 0,01     | Écoulement trop faible                                   |                        | 0,01          |
| <b>S-13</b>    | 0,02 / 0,02<br>0,06 / 0,06 | 0,00012                                                  |                        | 0,01          |

### 3.5.2 DÉBITS DE CRUE

Les Tableaux 3-24 à 3-34 présentent les débits de pointe de crue obtenus par la méthode rationnelle ainsi que par l'analyse fréquentielle. Les débits unitaires sont également présentés à titre informatif. Les débits de pointe retenus sont ceux calculés par la méthode rationnelle, car la méthode par transfert de bassin versant est hors de sa limite d'application (rapport de superficie entre les bassins à l'étude et le bassin de référence trop important), et ne tiens pas compte des caractéristiques physiques de chacun des sous-bassins. Les résultats obtenus par transfert de bassin servent donc en tant que base de comparaison pour les débits calculés par la méthode rationnelle.

Notons que le bassin versant S-10 a une superficie supérieure à 25 km<sup>2</sup>, qui est la limite d'application de la méthode rationnelle. Toutefois, les résultats obtenus avec cette méthode pour ce bassin semblent réalistes, et d'un ordre de grandeur proche de ceux obtenus par transfert de bassin. De plus, la superficie du bassin (31,3 km<sup>2</sup>) demeure près de la limite de 25 km<sup>2</sup>. Étant donné la meilleure précision de la méthode rationnelle, les résultats obtenus avec cette dernière seront donc retenus pour le sous-bassin S-10.

La méthode rationnelle est influencée notamment par la superficie et la pente du bassin. Les bassins de petites superficies dans la présente étude, tels que le S-07, S-09, S-11, S-12 et S13, ont des pentes élevées ainsi que des temps de concentration relativement faibles. Ces caractéristiques ont pour effet de créer des débits unitaires relativement élevés pour ces bassins, plus élevés que par la méthode de transfert de bassin.

**Tableau 3-24 Débits de pointe à la sonde S-E**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(M <sup>3</sup> /S) | Débit unitaire<br>(L/S/HA) | Débit de pointe<br>(M <sup>3</sup> /S) | Débit unitaire<br>(L/S/HA) |
| 2                             | 0,8                                                      | 7,2                        | 0,82                                   | 7,47                       |
| 10                            | 1,0                                                      | 9,6                        | 1,35                                   | 12,32                      |
| 25                            | 1,4                                                      | 13,2                       | 1,61                                   | 14,69                      |
| 50                            | 1,6                                                      | 14,7                       | 1,80                                   | 16,45                      |
| 100                           | 1,8                                                      | 16,2                       | 1,98                                   | 18,09                      |

**Tableau 3-25 Débits de pointe à la sonde S-02/03**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 1,3                                                      | 1,9                        | 3,4                                    | 5,2                        |
| 10                            | 1,7                                                      | 2,6                        | 5,7                                    | 8,6                        |
| 25                            | 2,5                                                      | 3,7                        | 6,8                                    | 10,3                       |
| 50                            | 2,8                                                      | 4,2                        | 7,6                                    | 11,5                       |
| 100                           | 3,1                                                      | 4,7                        | 8,3                                    | 12,6                       |

**Tableau 3-26 Débits de pointe à la sonde S-04**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 0,9                                                      | 2,8                        | 1,94                                   | 6,01                       |
| 10                            | 1,2                                                      | 3,8                        | 3,21                                   | 9,93                       |
| 25                            | 1,7                                                      | 5,2                        | 3,82                                   | 11,83                      |
| 50                            | 1,9                                                      | 5,9                        | 4,28                                   | 13,25                      |
| 100                           | 2,1                                                      | 6,5                        | 4,71                                   | 14,57                      |

**Tableau 3-27 Débits de pointe à la sonde S-05/06**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 1,7                                                      | 3,4                        | 2,7                                    | 5,5                        |
| 10                            | 2,2                                                      | 4,6                        | 4,5                                    | 9,1                        |
| 25                            | 3,1                                                      | 6,4                        | 5,3                                    | 10,9                       |
| 50                            | 3,5                                                      | 7,2                        | 5,9                                    | 12,2                       |
| 100                           | 3,9                                                      | 8,0                        | 6,5                                    | 13,4                       |

**Tableau 3-28 Débits de pointe à la sonde S-07**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 0,4                                                      | 22,6                       | 0,2                                    | 10,5                       |
| 10                            | 0,6                                                      | 30,0                       | 0,3                                    | 17,4                       |
| 25                            | 0,8                                                      | 40,9                       | 0,41                                   | 20,7                       |
| 50                            | 0,9                                                      | 45,6                       | 0,46                                   | 23,2                       |
| 100                           | 1,0                                                      | 50,1                       | 0,5                                    | 25,5                       |

**Tableau 3-29 Débits de pointe à la sonde S-08**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 1,7                                                      | 1,8                        | 4,4                                    | 4,9                        |
| 10                            | 2,3                                                      | 2,5                        | 7,3                                    | 8,1                        |
| 25                            | 3,2                                                      | 3,5                        | 8,7                                    | 9,6                        |
| 50                            | 3,6                                                      | 4,0                        | 9,8                                    | 10,8                       |
| 100                           | 4,0                                                      | 4,4                        | 10,8                                   | 11,9                       |

**Tableau 3-30 Débits de pointe à la sonde S-09**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 0,6                                                      | 20,6                       | 0,27                                   | 9,89                       |
| 10                            | 0,7                                                      | 27,3                       | 0,44                                   | 16,32                      |
| 25                            | 1,0                                                      | 37,3                       | 0,52                                   | 19,45                      |
| 50                            | 1,1                                                      | 41,7                       | 0,59                                   | 21,78                      |
| 100                           | 1,2                                                      | 45,8                       | 0,64                                   | 23,95                      |

**Tableau 3-31 Débits de pointe à la sonde S-10**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 5,0                                                      | 1,6                        | 11,94                                  | 3,82                       |
| 10                            | 6,9                                                      | 2,2                        | 19,71                                  | 6,30                       |
| 25                            | 9,8                                                      | 3,1                        | 23,49                                  | 7,51                       |
| 50                            | 11,0                                                     | 3,5                        | 26,31                                  | 8,42                       |
| 100                           | 12,3                                                     | 3,9                        | 28,93                                  | 9,25                       |

**Tableau 3-32 Débits de pointe à la sonde S-11**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 0,4                                                      | 41,8                       | 0,12                                   | 12,13                      |
| 10                            | 0,5                                                      | 55,4                       | 0,19                                   | 20,03                      |
| 25                            | 0,7                                                      | 75,7                       | 0,23                                   | 23,87                      |
| 50                            | 0,8                                                      | 84,5                       | 0,26                                   | 26,73                      |
| 100                           | 0,9                                                      | 92,7                       | 0,28                                   | 29,40                      |

**Tableau 3-33 Débits de pointe à la sonde S-12**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 0,3                                                      | 44,7                       | 0,09                                   | 13,06                      |
| 10                            | 0,4                                                      | 59,3                       | 0,14                                   | 21,55                      |
| 25                            | 0,5                                                      | 81,1                       | 0,17                                   | 25,69                      |
| 50                            | 0,6                                                      | 90,5                       | 0,19                                   | 28,77                      |
| 100                           | 0,6                                                      | 99,3                       | 0,21                                   | 31,63                      |

**Tableau 3-34 Débits de pointe à la sonde S-13**

| PÉRIODE DE RETOUR<br>(années) | MÉTHODE RATIONNELLE                                      |                            | ANALYSE FRÉQUENTIELLE                  |                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                               | Débit de pointe<br>majoré de 18 %<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) | Débit de pointe<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit unitaire<br>(l/s/ha) |
| 2                             | 1,8                                                      | 25,0                       | 0,58                                   | 8,13                       |
| 10                            | 2,4                                                      | 33,2                       | 0,96                                   | 13,41                      |
| 25                            | 3,2                                                      | 45,4                       | 1,15                                   | 15,99                      |
| 50                            | 3,6                                                      | 50,6                       | 1,28                                   | 17,91                      |
| 100                           | 4,0                                                      | 55,6                       | 1,41                                   | 19,69                      |

### 3.5.3 DÉBITS D'ÉTIAGE

Les cours d'eau de la zone à l'étude ne sont pas jaugés. De manière analogue au secteur sud, les débits d'étiage sont déterminés par transfert de bassin versant à partir des débits d'étiage publiés par le CEHQ pour les stations hydrométriques 043012 (rivière Kinojévis) et 040212 (rivière Saint-Louis). Ces débits proviennent d'une analyse fréquentielle effectuée sur les données des stations hydrométriques du Québec.

Le Tableau 3-35 présente les débits d'étiage pour les ruisseaux à l'étude.

**Tableau 3-35 Débits d'étiage pour les cours d'eau à l'étude**

|         | Q <sub>2,7, ESTIVAL</sub><br>(l/s) | Q <sub>10,7, ESTIVAL</sub><br>(l/s) | Q <sub>5,30, ESTIVAL</sub><br>(l/s) | Q <sub>2,7, ANNUEL</sub><br>(l/s) | Q <sub>10,7, ANNUEL</sub><br>(l/s) | Q <sub>5,30, ANNUEL</sub><br>(l/s) |
|---------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| S-E     | [2,4 – 5,5]                        | [1,2 – 3,3]                         | [2,4 – 4,7]                         | [2,1 – 4,0]                       | [1,2 – 3,4]                        | [2,3 – 3,8]                        |
| S-02/03 | [14,1 – 33,0]                      | [7,2 – 19,9]                        | [14,3 – 28,1]                       | [12,7 – 24,0]                     | [7,3 – 20,5]                       | [13,6 – 22,7]                      |
| S-04    | [6,9 – 16,2]                       | [3,6 – 9,8]                         | [7,0 – 13,8]                        | [6,2 – 11,8]                      | [3,6 – 10,0]                       | [6,7 – 11,1]                       |
| S-05/06 | [10,5 – 24,4]                      | [5,4 – 14,7]                        | [10,6 – 20,8]                       | [9,4 – 17,8]                      | [5,4 – 15,1]                       | [10,0 – 16,8]                      |
| S-07    | [0,4 – 1,0]                        | [0,2 – 0,6]                         | [0,4 – 0,8]                         | [0,4 – 0,7]                       | [0,2 – 0,6]                        | [0,4 – 0,7]                        |
| S-08    | [19,5 – 45,6]                      | [10,0 – 27,4]                       | [19,8 – 38,7]                       | [17,5 – 33,1]                     | [10,1 – 28,2]                      | [18,7 – 31,3]                      |

|      | Q <sub>2,7</sub> , ESTIVAL<br>(l/s) | Q <sub>10,7</sub> , ESTIVAL<br>(l/s) | Q <sub>5,30</sub> , ESTIVAL<br>(l/s) | Q <sub>2,7</sub> , ANNUEL<br>(l/s) | Q <sub>10,7</sub> , ANNUEL<br>(l/s) | Q <sub>5,30</sub> , ANNUEL<br>(l/s) |
|------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| S-09 | [0,6 – 1,4]                         | [0,3 – 0,8]                          | [0,6 – 1,1]                          | [0,5 – 1,0]                        | [0,3 – 0,8]                         | [0,6 – 0,9]                         |
| S-10 | [67,2 – 156,9]                      | [34,4 – 94,4]                        | [68,1 – 133,5]                       | [60,3 – 114,1]                     | [34,7 – 97,2]                       | [64,4 – 107,8]                      |
| S-11 | [0,2 – 0,5]                         | [0,1 – 0,3]                          | [0,2 – 0,4]                          | [0,2 – 0,4]                        | [0,1 – 0,3]                         | [0,2 – 0,3]                         |
| S-12 | [0,1 – 0,3]                         | [0,1 – 0,2]                          | [0,2 – 0,3]                          | [0,1 – 0,2]                        | [0,1 – 0,2]                         | [0,1 – 0,2]                         |
| S-13 | [1,5 – 3,6]                         | [0,8 – 2,2]                          | [1,6 – 3,1]                          | [1,4 – 2,6]                        | [0,8 – 2,2]                         | [1,5 – 2,5]                         |

### 3.5.4 DÉBITS MOYENS MENSUELS

Le Tableau 3-36 présente les débits moyens mensuels des cours d'eau du secteur des conduites d'eau et de résidus miniers et pour la station hydrométrique 040212 du CEHQ, à partir de laquelle ils ont été calculés.

Le débit moyen annuel spécifique des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à 25,4 l/s/km<sup>2</sup> selon les données enregistrées à la station hydrométrique 040212 du CEHQ. Les mois d'avril et de mai sont les mois ayant les valeurs de débits moyens les plus élevés en raison des crues printanières auxquelles contribuent les processus de fonte du couvert nival. Les mois d'octobre et de novembre comportent également des valeurs plus élevées en raison des phénomènes orageux qui se déroulent durant l'automne. Les plus faibles débits sont rencontrés durant l'hiver (étiage annuel) et durant le mois d'août (étiage estival).

**Tableau 3-36 Débits moyens mensuels pour les cours d'eau à l'étude du secteur des conduites d'eau et de résidus miniers**

| MOIS      | STATION<br>040212<br>(l/s) | S-E | S-<br>02/03 | S-04 | S-<br>05/06 | S-07 | S-08 | S-09 | S-10 | S-11 | S-12 | S-13 |
|-----------|----------------------------|-----|-------------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Janvier   | 455                        | 26  | 108         | 61   | 85          | 6    | 139  | 8    | 374  | 4    | 3    | 18   |
| Février   | 403                        | 23  | 95          | 54   | 75          | 6    | 123  | 7    | 331  | 3    | 2    | 16   |
| Mars      | 633                        | 36  | 150         | 85   | 118         | 9    | 194  | 12   | 521  | 5    | 4    | 25   |
| Avril     | 2748                       | 155 | 650         | 368  | 511         | 39   | 840  | 50   | 2261 | 22   | 17   | 110  |
| Mai       | 2528                       | 142 | 598         | 338  | 470         | 36   | 773  | 46   | 2080 | 20   | 15   | 101  |
| Juin      | 835                        | 47  | 197         | 112  | 155         | 12   | 255  | 15   | 687  | 7    | 5    | 33   |
| Juillet   | 646                        | 36  | 153         | 86   | 120         | 9    | 198  | 12   | 531  | 5    | 4    | 26   |
| Août      | 420                        | 24  | 99          | 56   | 78          | 6    | 128  | 8    | 345  | 3    | 3    | 17   |
| Septembre | 610                        | 34  | 144         | 82   | 113         | 9    | 187  | 11   | 502  | 5    | 4    | 24   |
| Octobre   | 1053                       | 59  | 249         | 141  | 196         | 15   | 322  | 19   | 866  | 9    | 6    | 42   |
| Novembre  | 1097                       | 62  | 260         | 147  | 204         | 16   | 336  | 20   | 903  | 9    | 7    | 44   |
| Décembre  | 723                        | 41  | 171         | 97   | 134         | 10   | 221  | 13   | 595  | 6    | 4    | 29   |

---

## 3.6 SOMMAIRE ET ANALYSE DES RÉSULTATS

### Secteur sud (CMH5 et conduite d'eau fraîche)

Le réseau hydrographique potentiellement impacté par le projet minier Horne 5 représente une petite portion du bassin versant de la rivière Kinojévis. Le ruisseau 1, l'affluent du ruisseau 2, le ruisseau Osisko et le cours d'eau Dallaire ont fait l'objet d'une caractérisation hydrologique. Le débit spécifique moyen annuel des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à 25,4 l/s/km<sup>2</sup>. Le  $Q_{10,7}$  annuel spécifique est estimé être entre 1,1 et 3,1 l/s/km<sup>2</sup> et le  $Q_{2,7}$  annuel, entre 1,9 et 3,6 l/s/km<sup>2</sup>. Ces dernières valeurs sont basées sur les débits d'étiage publiés par le CEHQ pour les stations hydrométriques de la rivière Kinojévis et de la rivière Saint-Louis. Les débits de pointe de crue évalués par la méthode rationnelle varient de 2,1 m<sup>3</sup>/s à 8,9 m<sup>3</sup>/s pour une période de retour de 2 ans. Le débit spécifique le plus élevé est de 70,8 l/s/ha pour une période de retour de 2 ans. Cette valeur élevée est liée à la nature industrielle du bassin versant dans le secteur de la fonderie Horne.

Les débits mesurés par jaugeage lors de l'été 2016 suggèrent que les valeurs de débits d'étiage évaluées par transposition de bassin versant sont dans le bon ordre de grandeur. Les résultats des sondes à niveaux sont présentés en annexe A et les relations niveaux-débits sont présentées en annexe B.

### Secteur nord (IGRM de surface)

La réouverture et la modification du parc à résidus miniers Norbec, situé au nord de Rouyn-Noranda, par le projet minier Horne 5 auront un impact potentiel sur le réseau hydrographique d'une très petite portion du bassin versant de la rivière Kinojévis, au nord du lac Duffault. Deux cours d'eau ont fait l'objet d'une caractérisation hydrologique : le ruisseau Waite à l'exutoire du lac Waite, ainsi que le ruisseau Vauze à l'exutoire du lac du même nom ainsi que quelques centaines de mètres en aval du projet prévu. Comme pour le secteur sud, le débit spécifique moyen annuel des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à 25,4 l/s/km<sup>2</sup>. Le  $Q_{10,7}$  annuel spécifique est estimé être entre 1,1 et 3,1 l/s/km<sup>2</sup> et le  $Q_{2,7}$  annuel spécifique, entre 1,9 et 3,6 l/s/km<sup>2</sup>. Ces dernières valeurs sont basées sur les débits d'étiage publiés par le CEHQ pour les stations hydrométriques de la rivière Kinojévis et de la rivière Saint-Louis. Les débits de pointe de crue évalués par la méthode rationnelle varient de 0,4 m<sup>3</sup>/s à 2,2 m<sup>3</sup>/s pour une période de retour de 2 ans. Les débits de pointes sont relativement plus faibles que ceux du secteur sud étant donné l'utilisation des terrains qui est industrielle pour le secteur sud et boisée pour le secteur nord.

Les débits mesurés par jaugeage lors de l'été 2017 suggèrent que les valeurs de débits d'étiage évaluées par transposition de bassin versant sont dans le bon ordre de grandeur. Les résultats des sondes à niveaux sont présentés en annexe A et les relations niveaux-débits sont présentées en annexe B.

### Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers

Les conduites d'eau et de résidus miniers projetées pour relier le CMH5 aux IGRM de surface ont une longueur approximative de 17 km et traversent de nombreux cours d'eau s'écoulant vers le Lac Dufault. Ainsi, treize (13) traverses ont été identifiées et leurs sous-bassins versants analysés. Comme précédemment, le débit moyen annuel spécifique des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à 25,4 l/s/km<sup>2</sup>. Le débit d'étiage spécifique annuel  $Q_{10,7}$  est estimé être entre 1,1 et 3,1 l/s/km<sup>2</sup> et le débit spécifique d'étiage annuel  $Q_{2,7}$ , entre 1,9 et 3,6 l/s/km<sup>2</sup>. Ces dernières valeurs sont basées sur les débits d'étiage publiés par le CEHQ pour les stations hydrométriques de la rivière Kinojévis et de la rivière Saint-Louis.

Les débits de crue évalués par la méthode rationnelle varient de 0,3 m<sup>3</sup>/s à 5 m<sup>3</sup>/s pour une période de retour de 2 ans. Le débit spécifique le plus élevé est de 44,7 l/s/ha pour une période de retour de 2 ans pour la sonde S-12. Cette valeur élevée est liée aux différentes caractéristiques du bassin versant (faible superficie, pente, etc.) qui engendre une réponse rapide de celui-ci. Le débit spécifique le plus faible est de 1,6 l/s/ha pour le bassin versant de la sonde S-10 dans le secteur des conduites d'eau et de résidus miniers, qui est un grand bassin versant avec une large proportion de lacs.

Les débits mesurés par jaugeage lors de l'été 2017 suggèrent que les valeurs de débits d'étiage évaluées par transposition de bassin versant sont dans le bon ordre de grandeur, en particulier celles de la station de référence de la rivière Saint-Louis (les plus faibles débits). Les résultats des sondes à niveaux sont présentés en annexe A et les relations niveaux-débits sont présentées en annexe B.



## 4 CONCLUSION

Le présent rapport présente un portrait climatique global de la zone d'étude, et caractérise les cours d'eau potentiellement affectés par le projet minier Horne 5.

Les données météorologiques des stations météorologiques d'Environnement Canada Rivière Kinojévis, Mont-Brun, Rémigny, Barrage Angliers et Amos ont été utilisées pour refléter les conditions prévalant au site à l'étude. Le choix de la station météorologique de laquelle les données sont récupérées pour effectuer l'analyse climatologique est effectué selon la disponibilité des données en priorité, puis selon la distance du site à l'étude.

Le climat de la zone d'étude est de type continental humide, donc caractérisé par un été chaud et légèrement humide ainsi qu'un hiver froid et long. La température y varie dans une large plage, les extrêmes observés à la station météorologique Rivière Kinojévis à 12 km à l'est du site à l'étude étant de  $-52,0^{\circ}\text{C}$  et de  $37,8^{\circ}\text{C}$ . Le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de  $-17,4^{\circ}\text{C}$  alors que juillet est le mois le plus chaud, avec une température moyenne de  $17,5^{\circ}\text{C}$ . Les précipitations totales annuelles atteignent en moyenne 704,4 mm et sont plus abondantes d'avril à octobre. Les chutes de neige s'échelonnent principalement d'octobre à avril et équivalent en moyenne à 266,8 mm d'eau.

Les débits caractéristiques (débits moyens, de crue et d'étiage) des cours d'eau potentiellement impactés par le projet dans les trois secteurs de la zone d'étude ont été estimés. Dans le secteur sud, le ruisseau 1, l'affluent du ruisseau 2, le ruisseau Osisko et le ruisseau Dallaire ont fait l'objet de caractérisations hydrologiques. Dans le secteur nord, le ruisseau Waite et le ruisseau Vauze ont été étudiés. Enfin dans le secteur des conduites d'eau et de résidus miniers, treize (13) traverses de cours d'eau ont été identifiées et analysées.

Le débit moyen annuel spécifique des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à  $25,4 \text{ l/s/km}^2$ . Le débit d'étiage annuel Q10,7 est estimé être entre 1,1 et  $3,1 \text{ l/s/km}^2$  et le débit d'étiage annuel Q2,7, entre 1,9 et  $3,6 \text{ l/s/km}^2$ . Ces dernières valeurs sont basées sur les débits d'étiage publiés par le CEHQ pour les stations hydrométriques de la rivière Kinojévis et de la rivière Saint-Louis.

Les débits de crue évalués par la méthode rationnelle varient de  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  à  $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$  pour une période de retour de 2 ans. Le débit spécifique le plus élevé est de  $70,8 \text{ l/s/ha}$  pour une période de retour de 2 ans pour l'affluent du ruisseau 2 dans le secteur sud. Cette valeur élevée est liée à la nature industrielle du bassin versant dans le secteur de la fonderie Horne. Le débit spécifique le plus faible est de  $1,6 \text{ l/s/ha}$  pour le bassin versant de la sonde S-10 dans le secteur des conduites d'eau et de résidus miniers, qui est un grand bassin versant avec une large proportion de lacs.



## 5 RÉFÉRENCES

- ANCTIL, F. 2005. *Hydrologie, cheminements de l'eau*. Presses internationales Polytechnique. 317 pages.
- AQUAPRAXIS INC. 2003. *AquaIDF, version 4.0.4. Logiciel d'analyse d'intensités de pluies*. Données mises à jour en 2013. [www.aquapraxis.com](http://www.aquapraxis.com).
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2016. *Portail Québec – Services Québec – Géographie*. Mise à jour en 2016. <https://www.gouv.qc.ca/FR/LeQuebec/Pages/G%C3%A9ographie.aspx>
- INRS-ETE. 2002. *Logiciel Hyfran, version 1.1*. Chaire en hydrologie statistique CRSNG/Hydro-Québec/Alcan.
- MDDELCC. 2015. *Calcul des facteurs de pointe à différentes stations hydrométriques du Québec*. Rapport technique du Service de l'hydrologie et de l'hydraulique, Direction de l'expertise hydrique, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Version d'août 2015.
- MTQ. 2014. *Manuel de conception des ponceaux*. Ministère des Transports du Québec. Bibliothèque nationale du Québec, Québec. 10 chap.
- MRN.2012. *Cartes des dépôts de surface à l'échelle 1 :50 000, feuillet 22B02*. [www.mern.gouv.qc.ca](http://www.mern.gouv.qc.ca)
- RESSOURCES NATURELLES CANADA. 2008. *Feuillet numérique 22B02 - Cartes topographiques numériques à l'échelle 1 :50 000*.

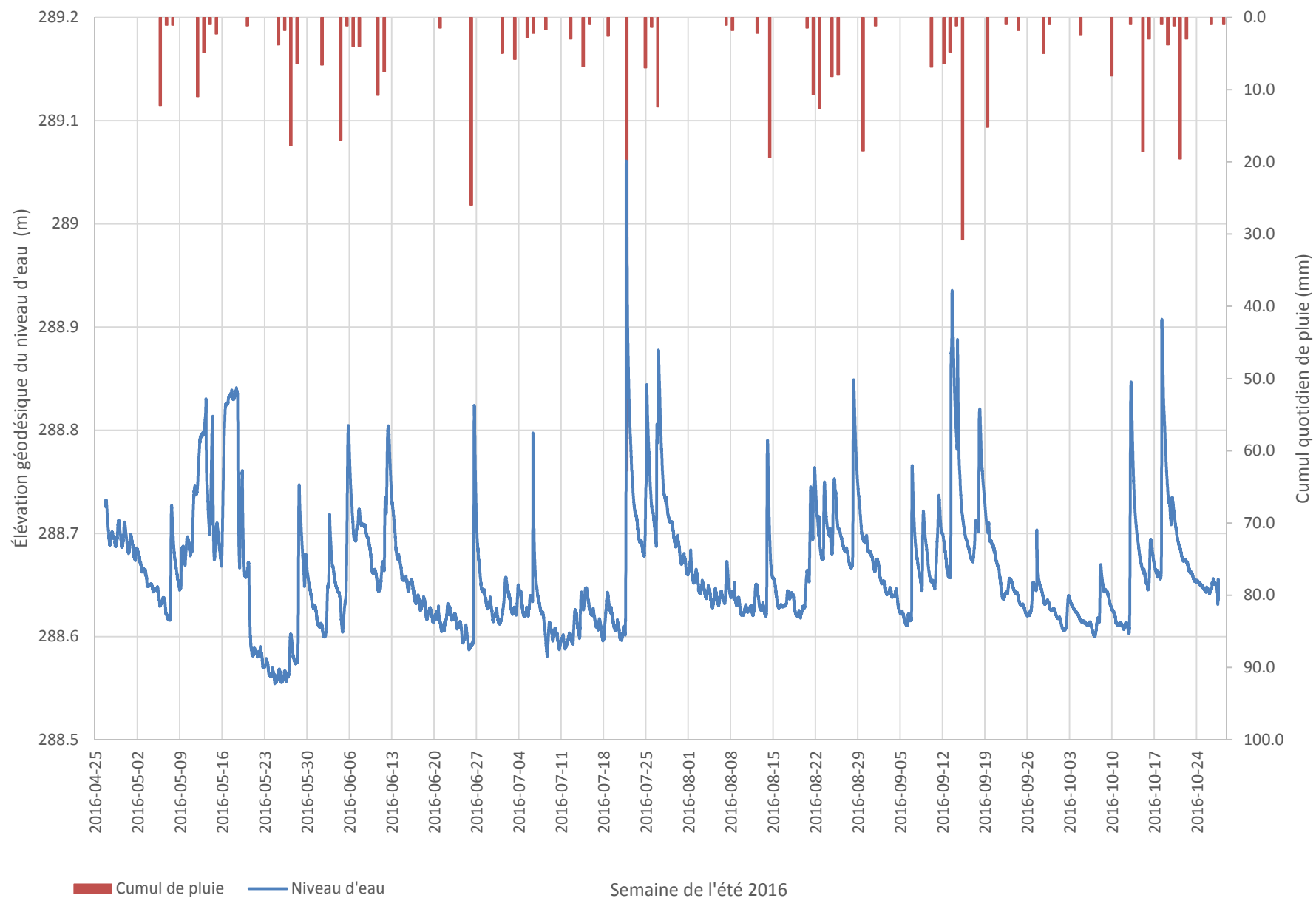




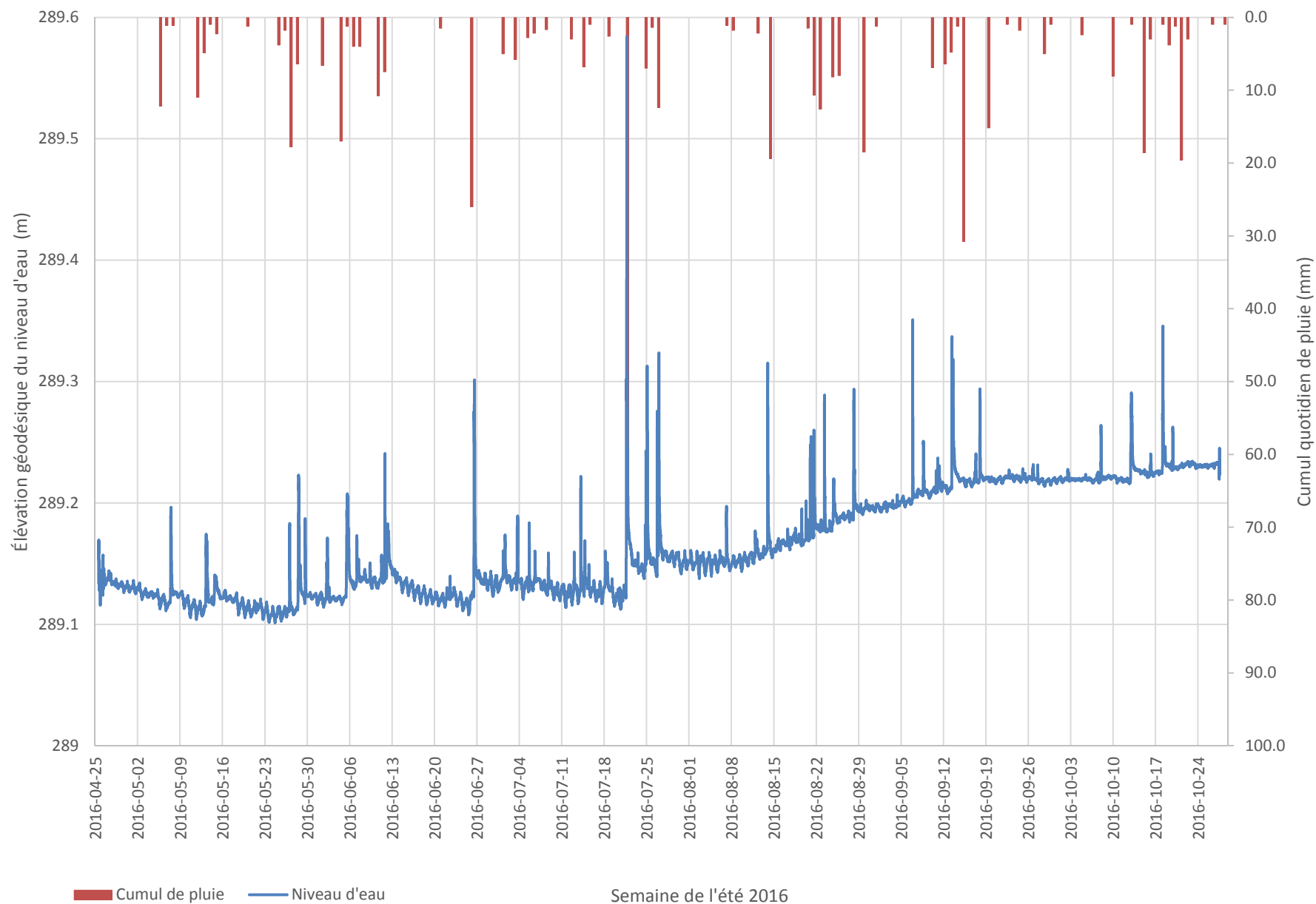
DONNÉES DE TERRAIN



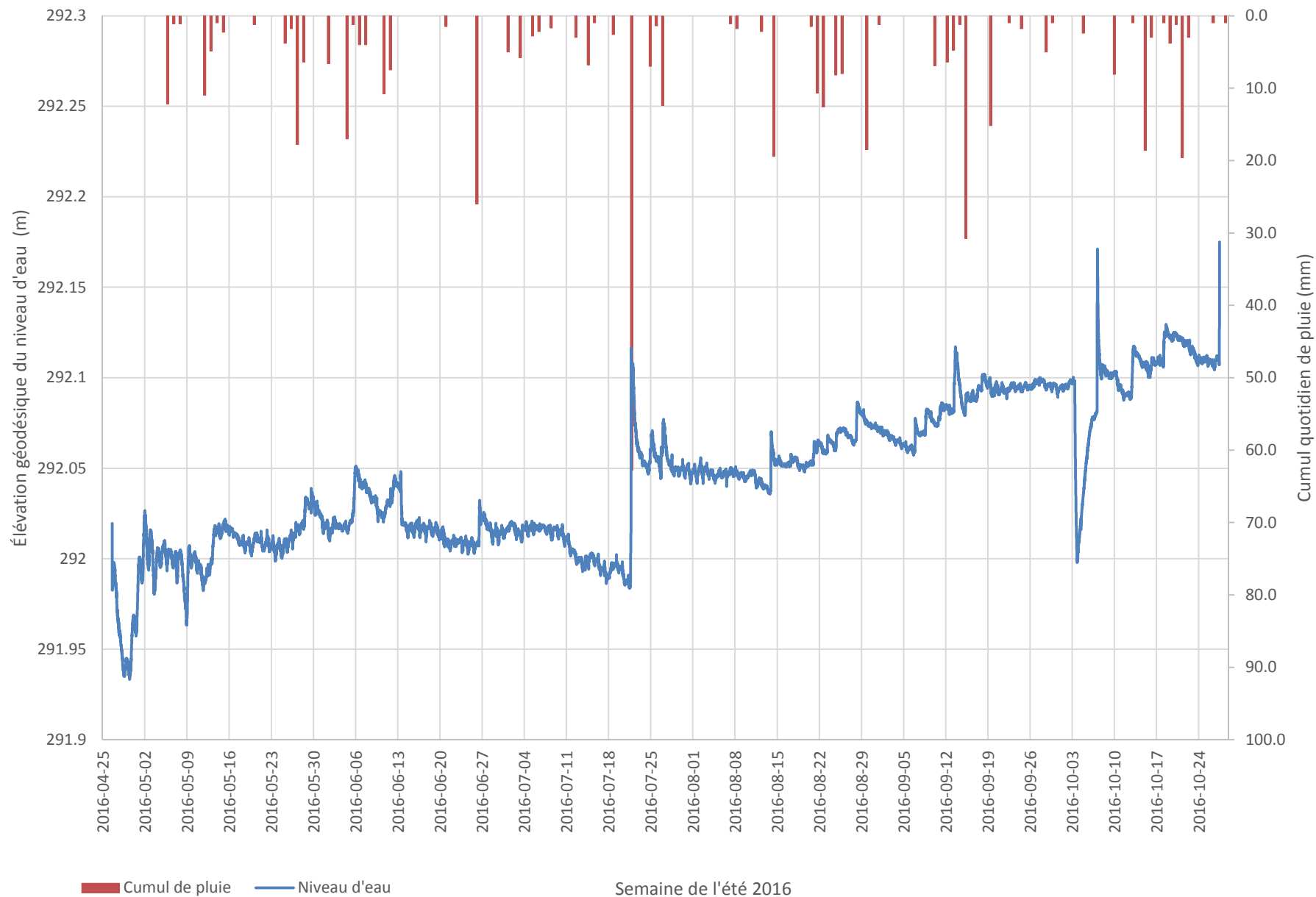
# Sonde du ruisseau 1 et pluviométrie de la station 7086716 d'Environnement Canada



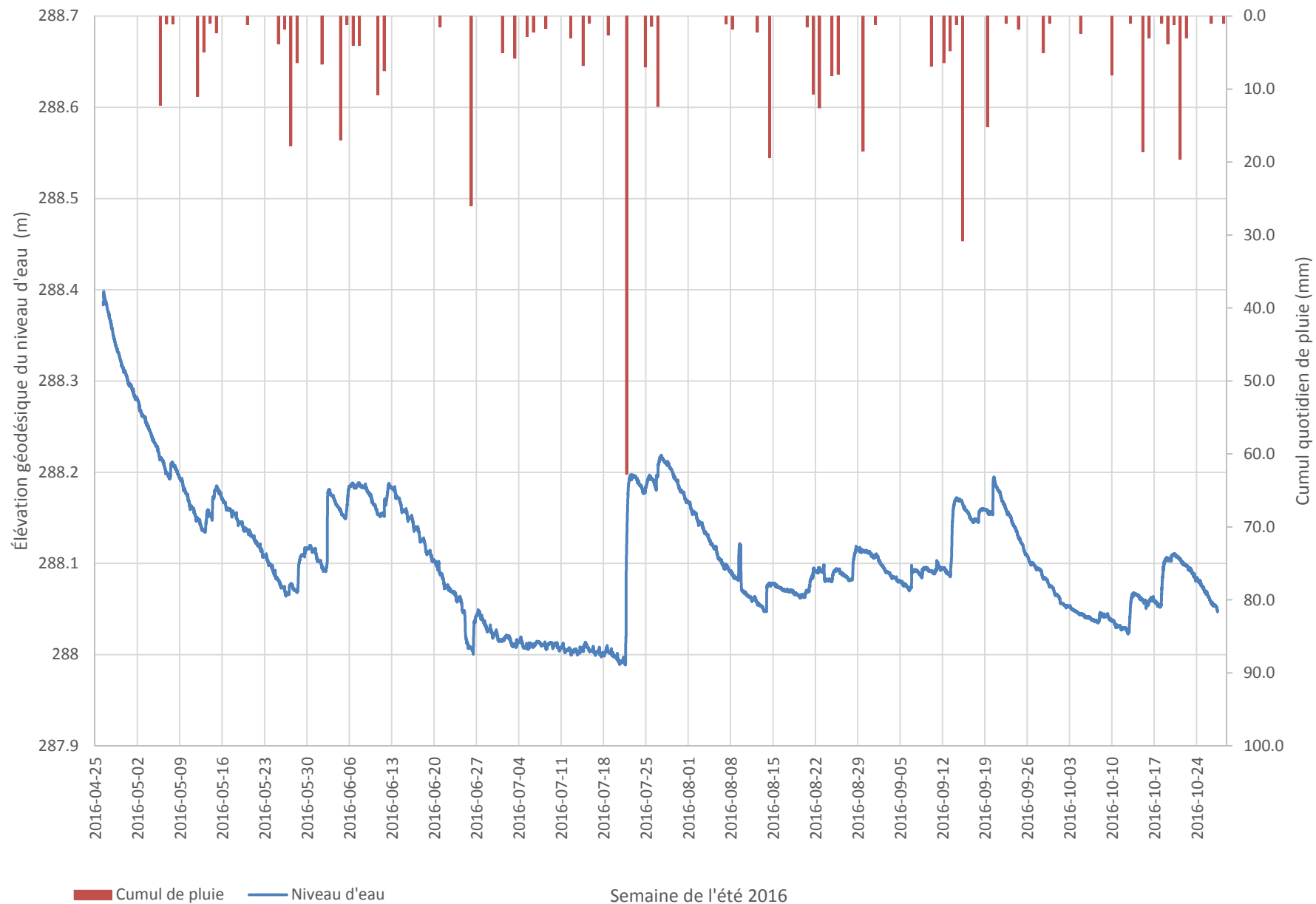
# Sonde du ruisseau 2 et pluviométrie de la station 7086716 d'Environnement Canada



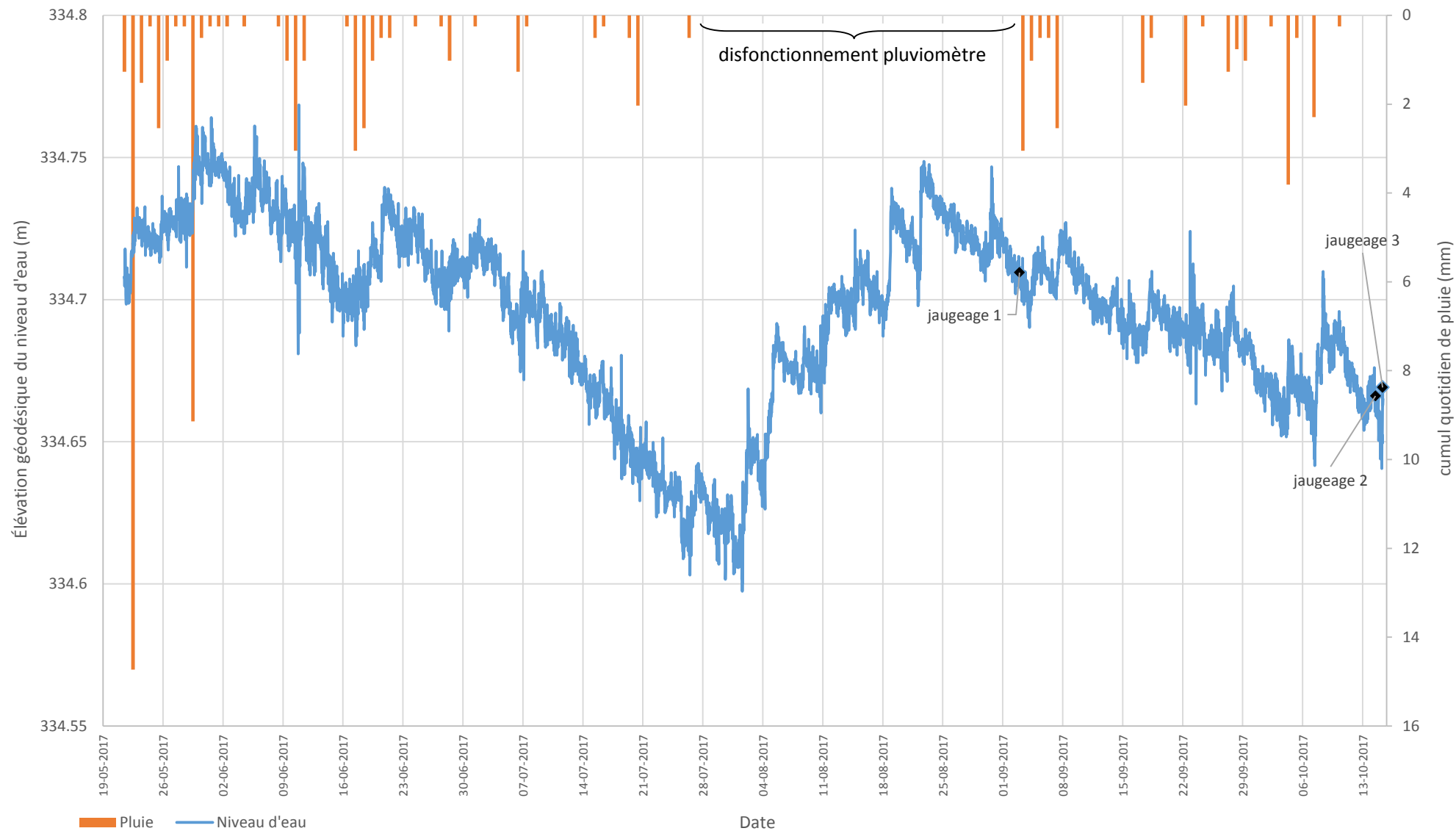
# Sonde du ruisseau Dallaire et pluviométrie de la station 7086716 d'Environnement Canada



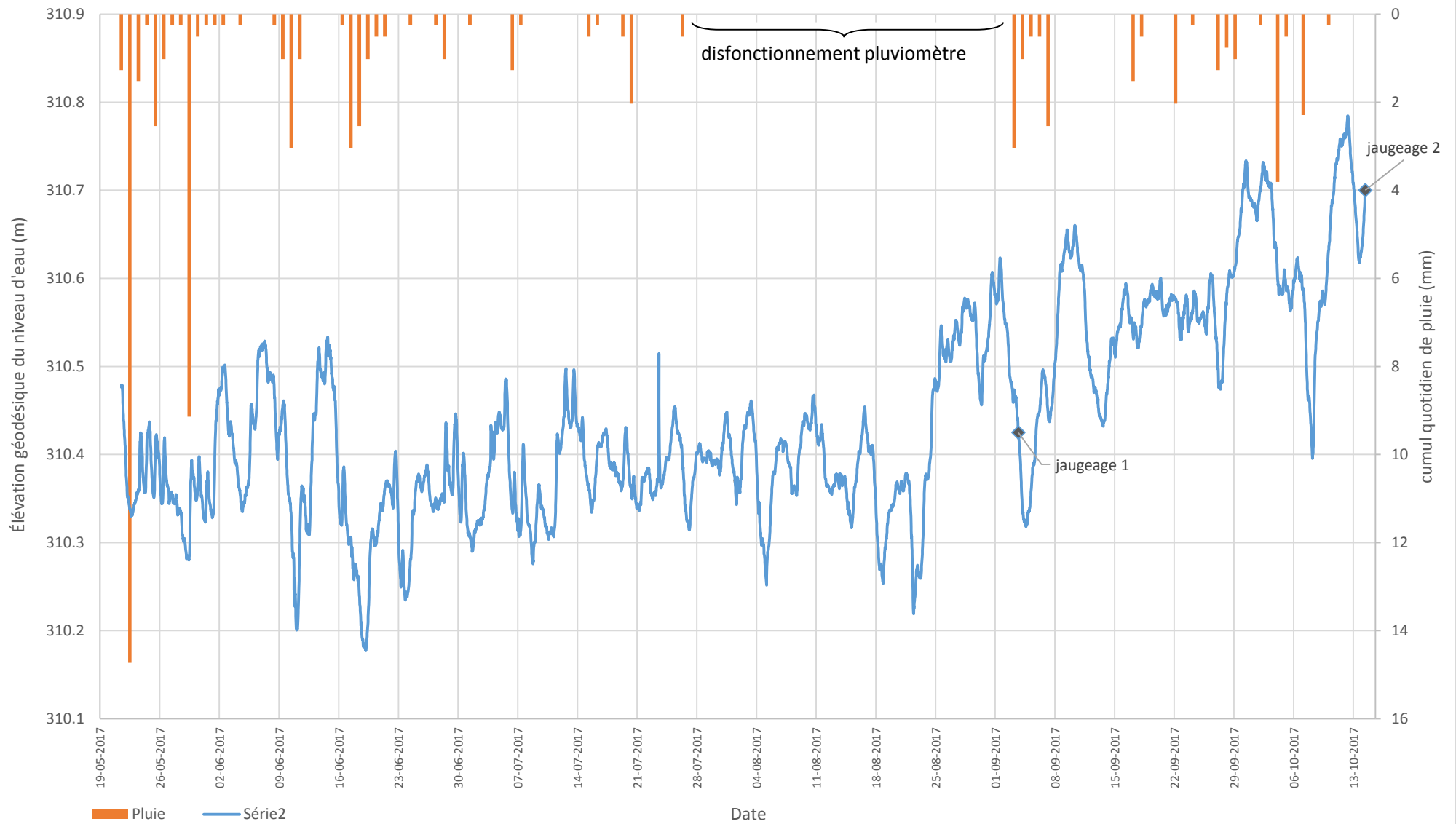
# Sonde du ruisseau Osisko et pluviométrie de la station 7086716 d'Environnement Canada



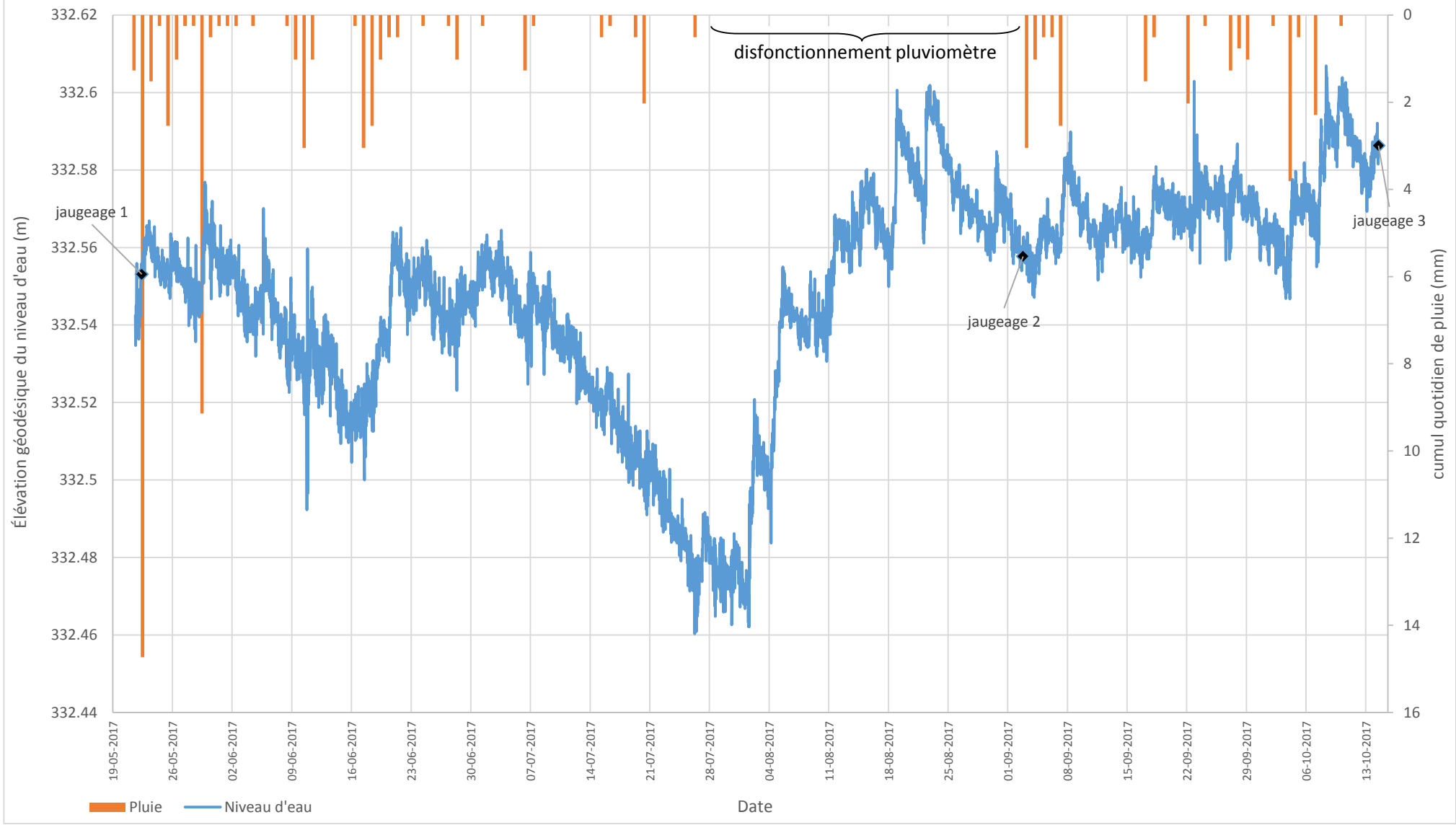
# Sonde S-14 Lac Vauze



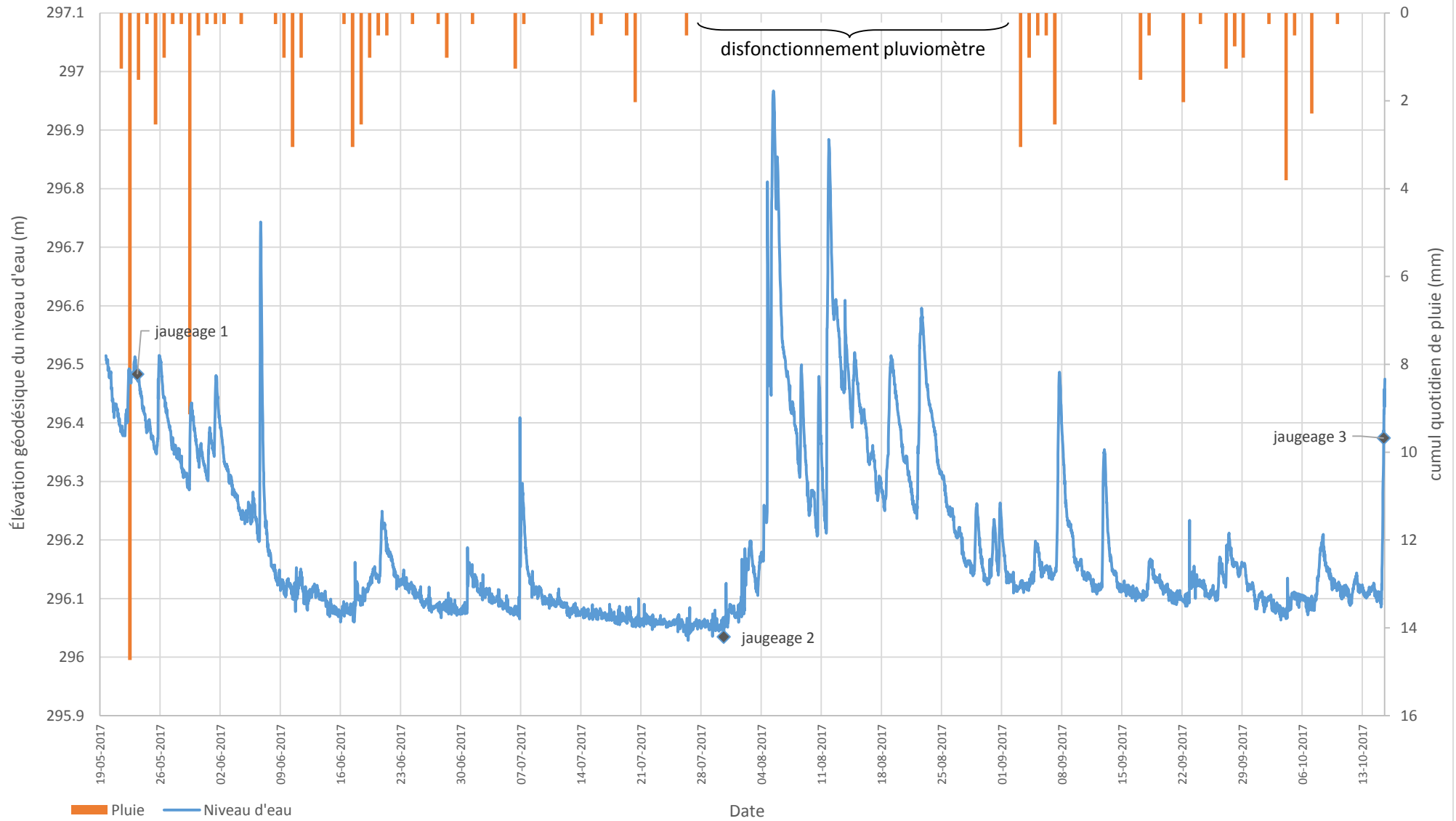
# Sonde S-15 Ruisseau Vauze



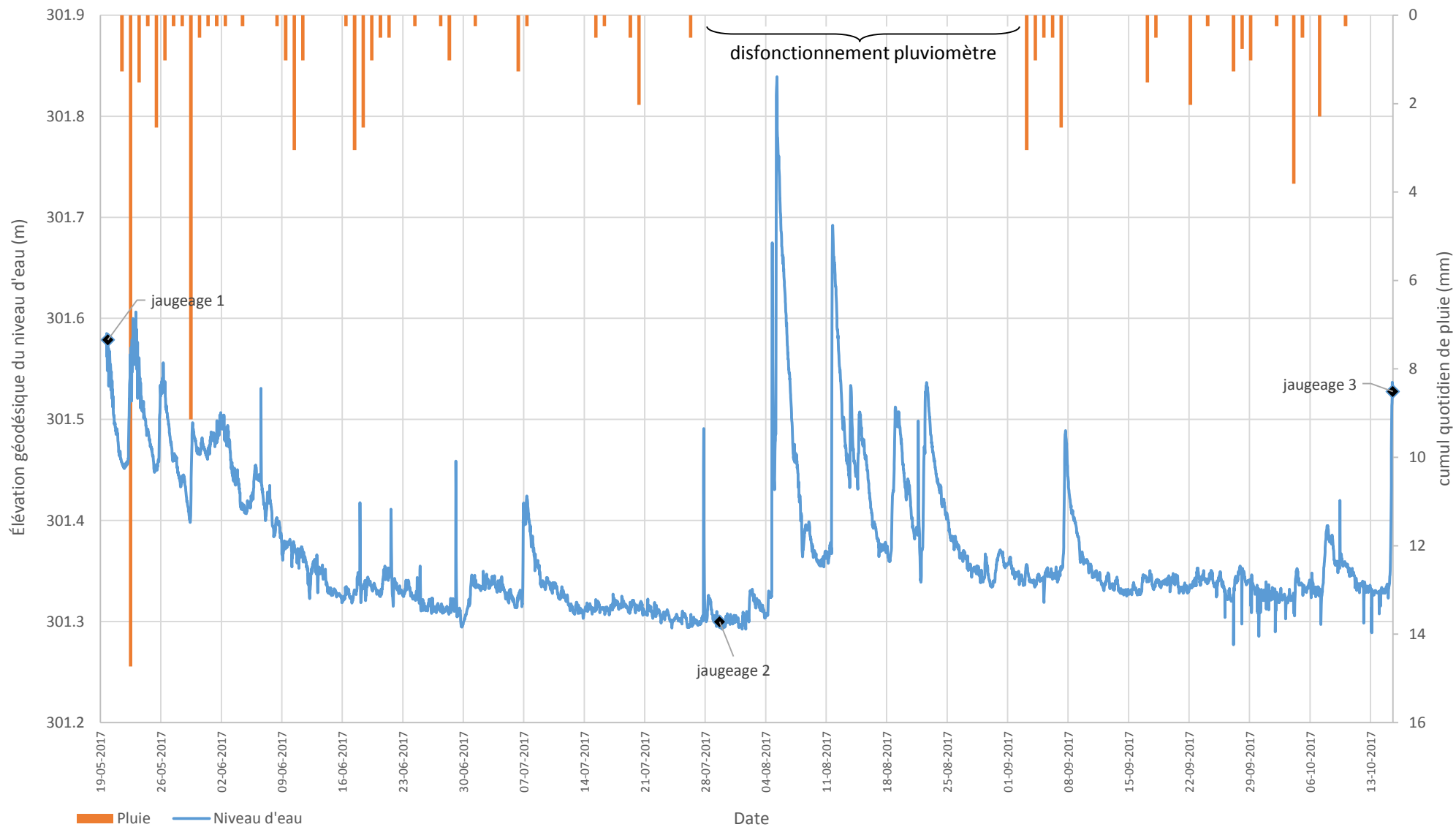
## Sonde S-16 Lac Waite



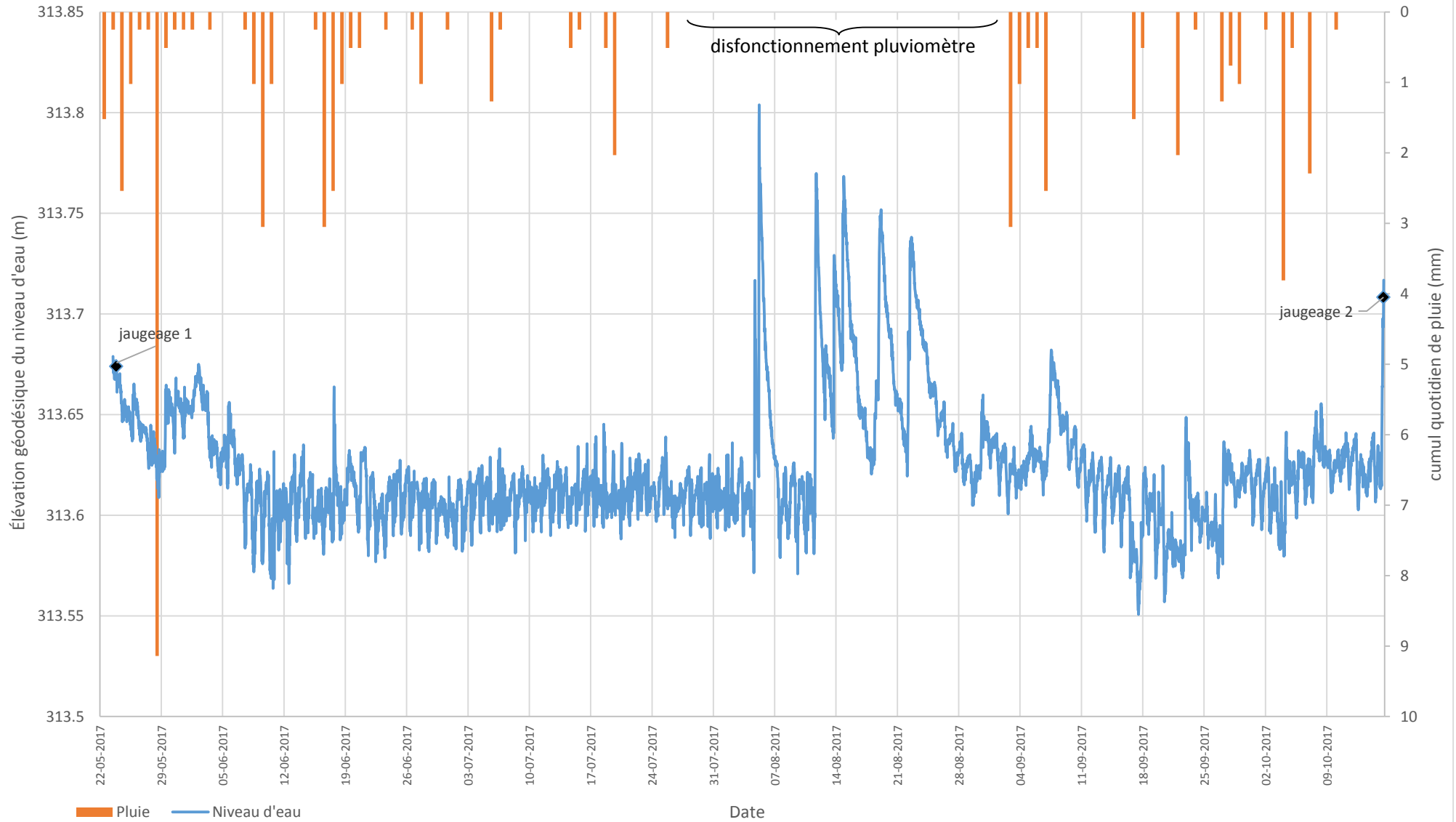
# Sonde S-2/3



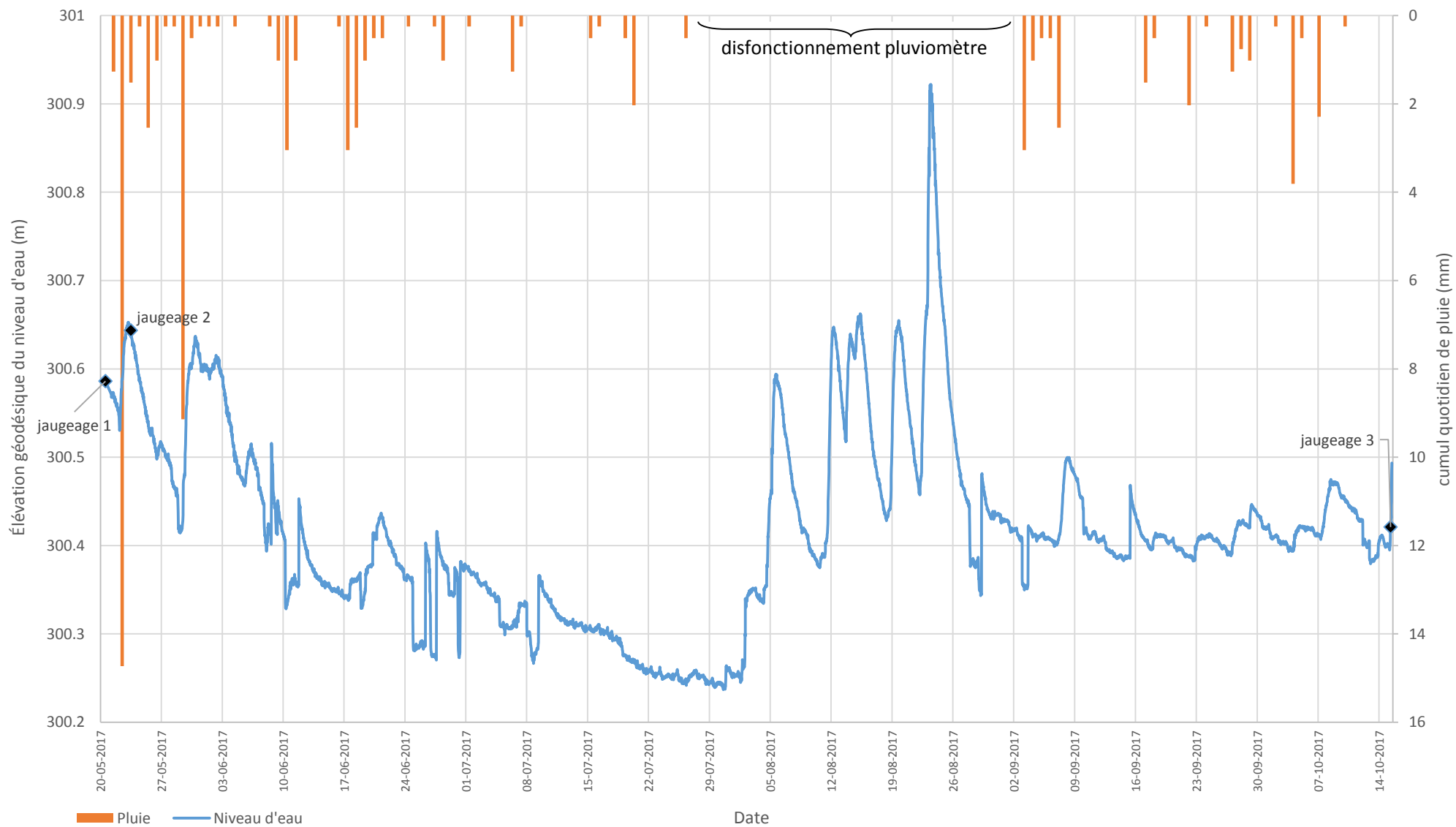
# Sonde S-4



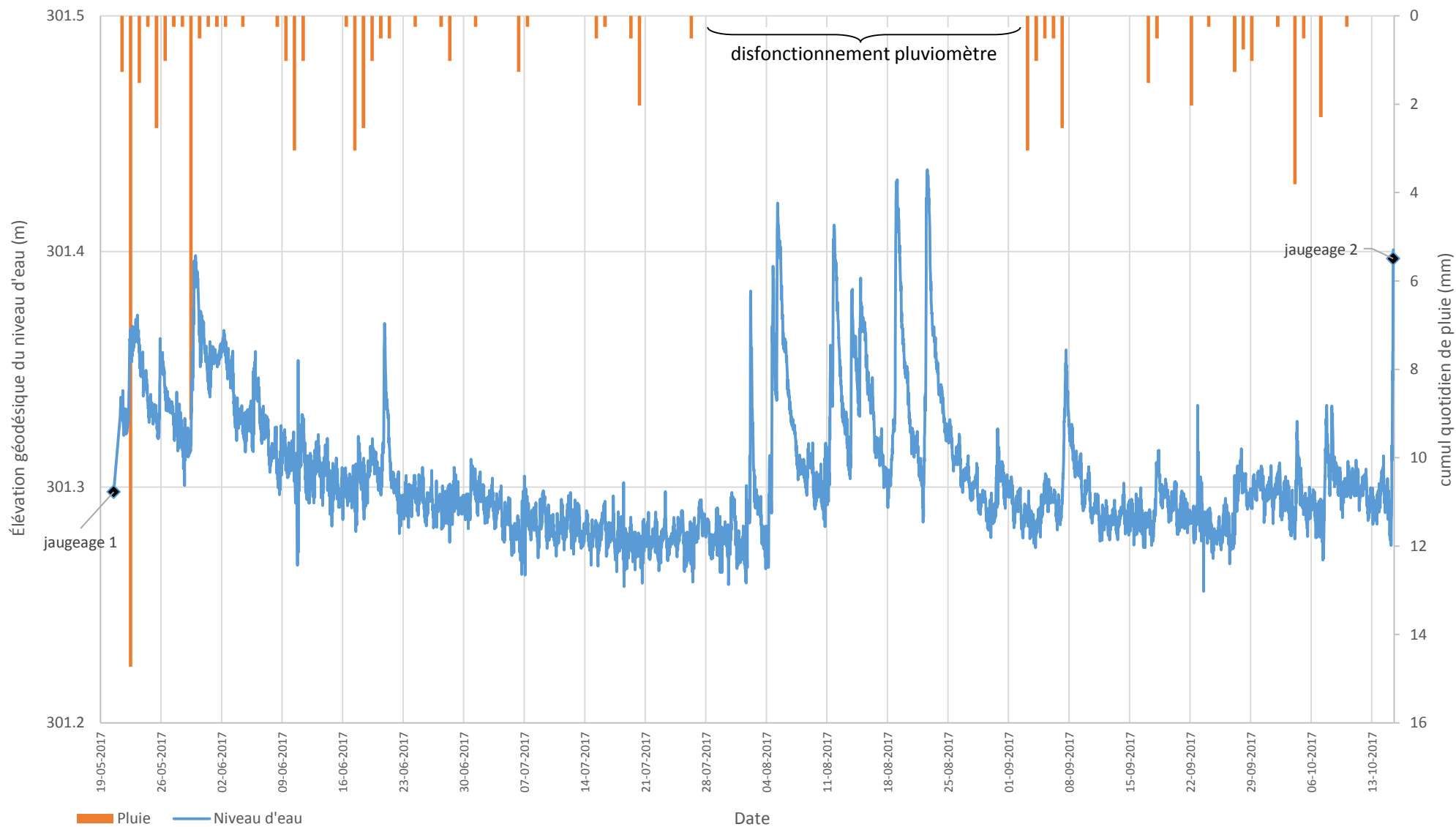
## Sonde S-7



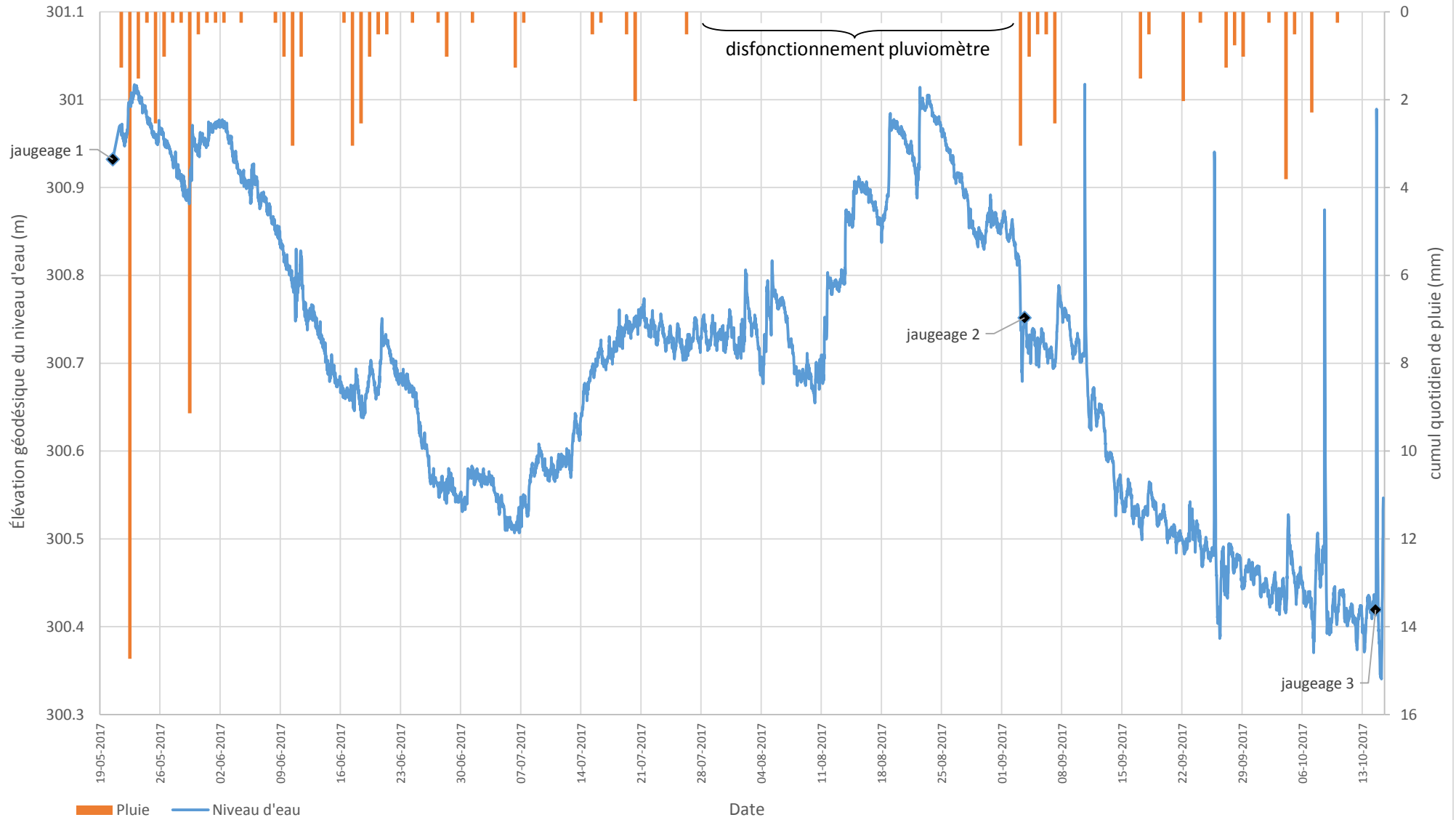
# Sonde S-8



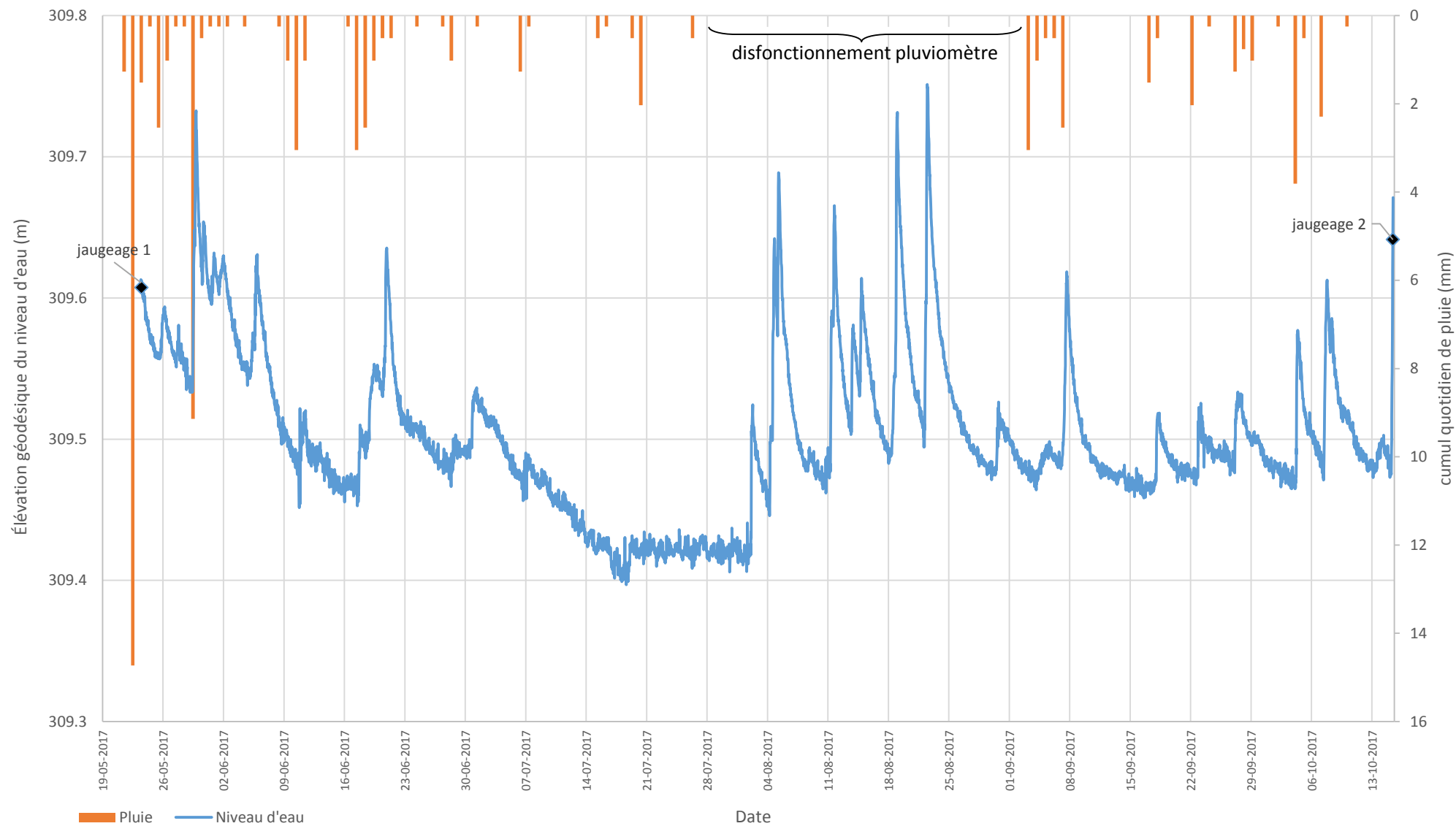
# Sonde S-9



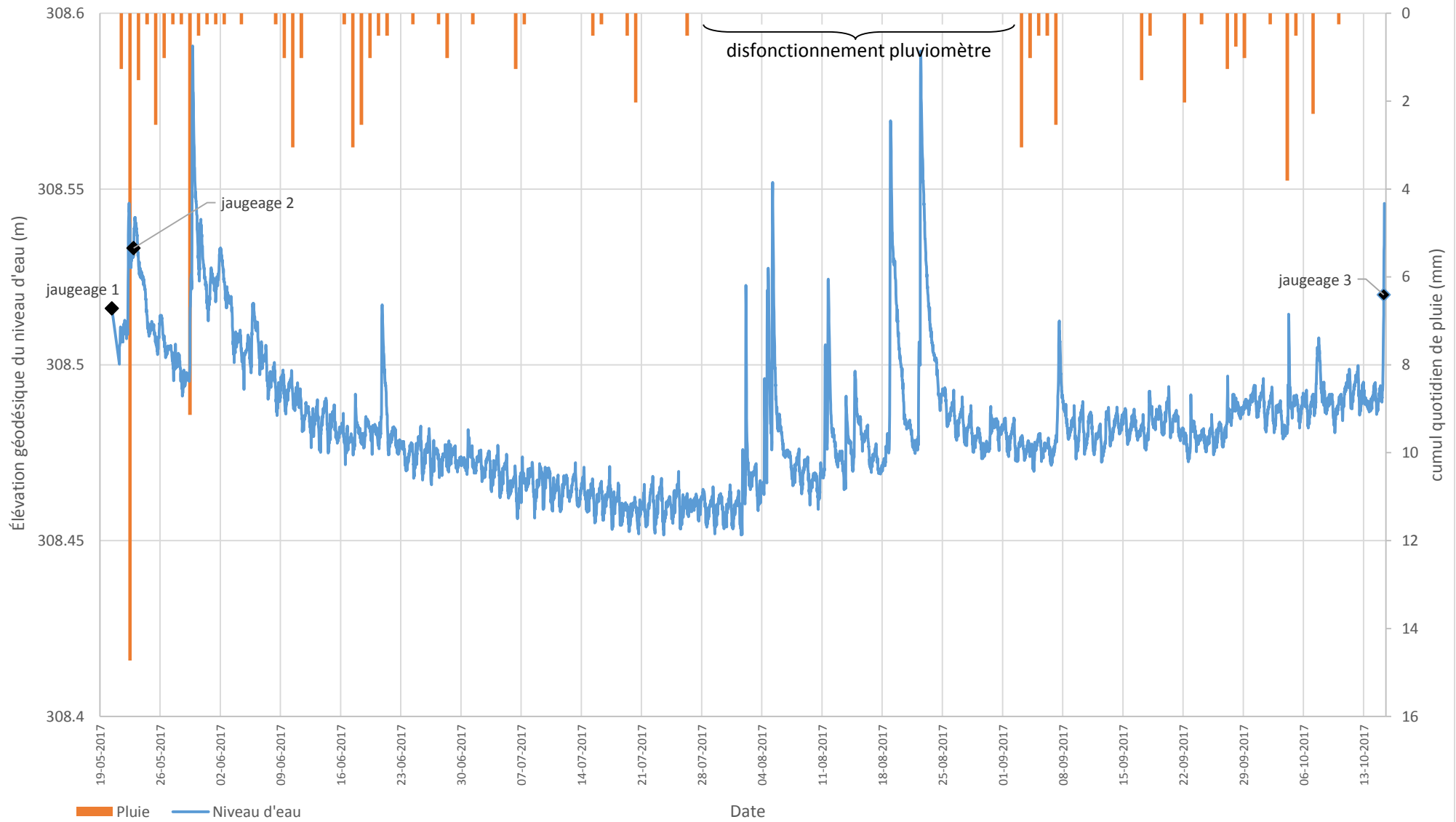
# Sonde S-10



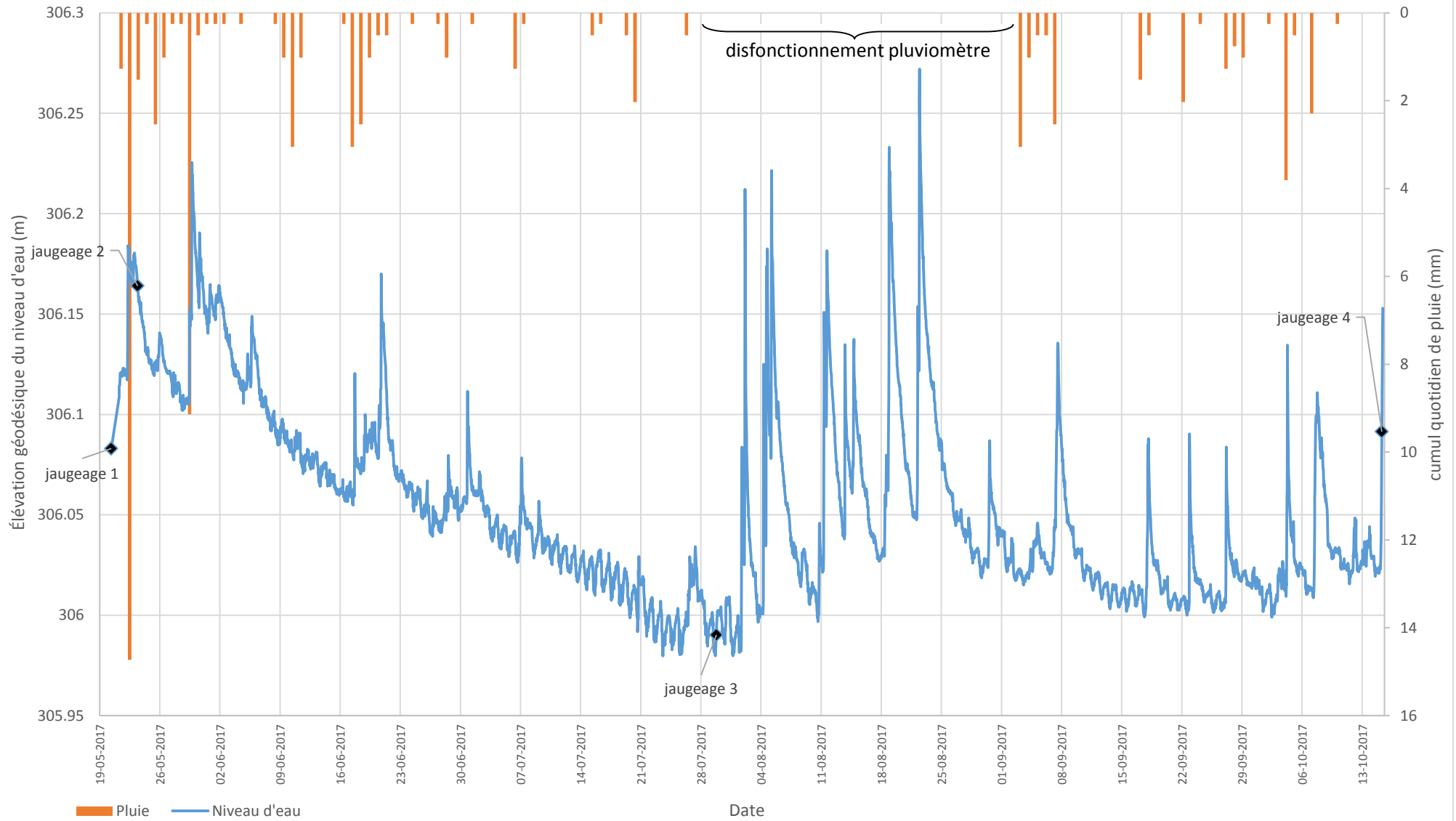
# Sonde S-11



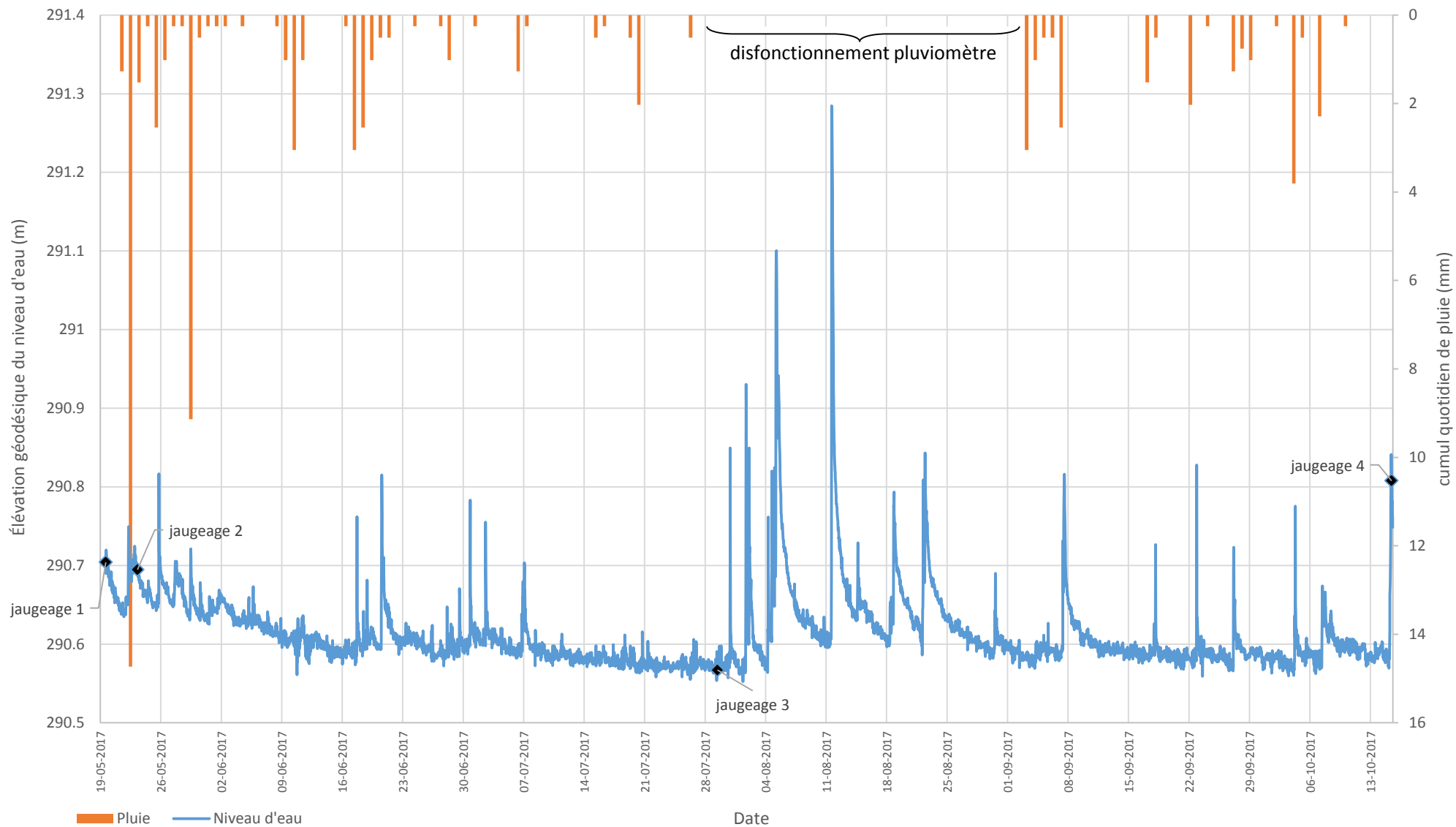
## Sonde S-12



# Sonde S-13



# Sonde S-E



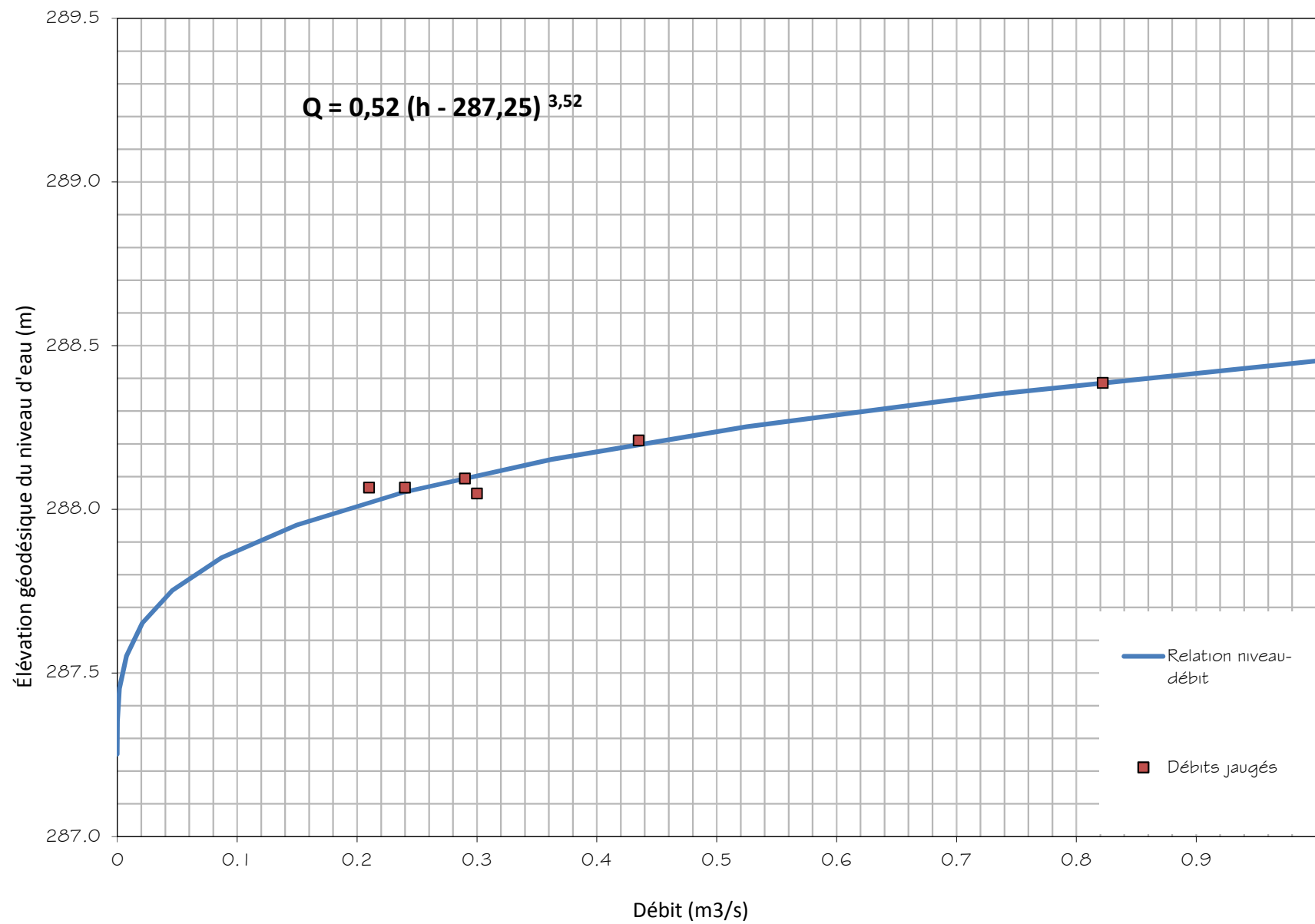


B

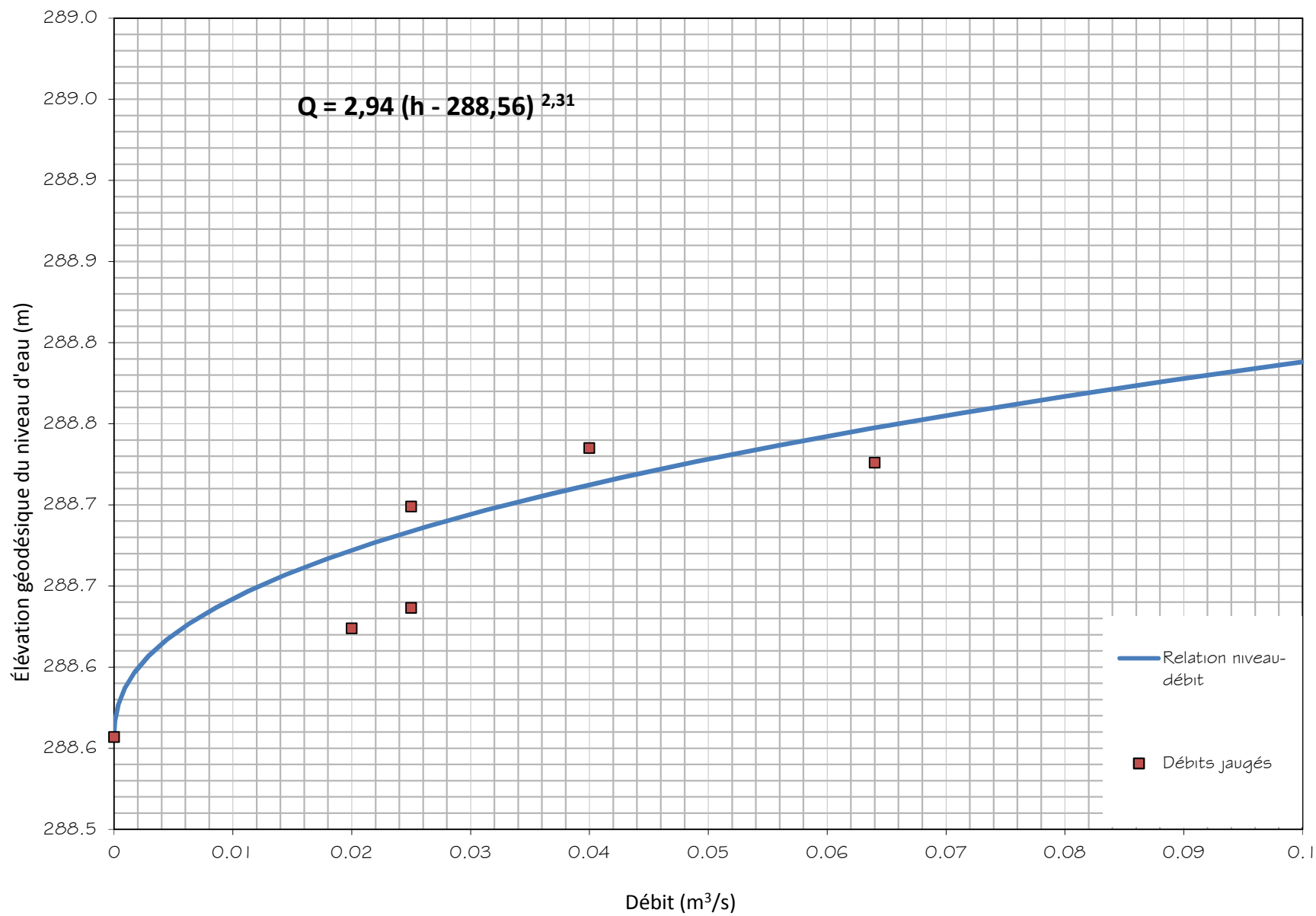
RELATIONS NIVEAU-DÉBIT



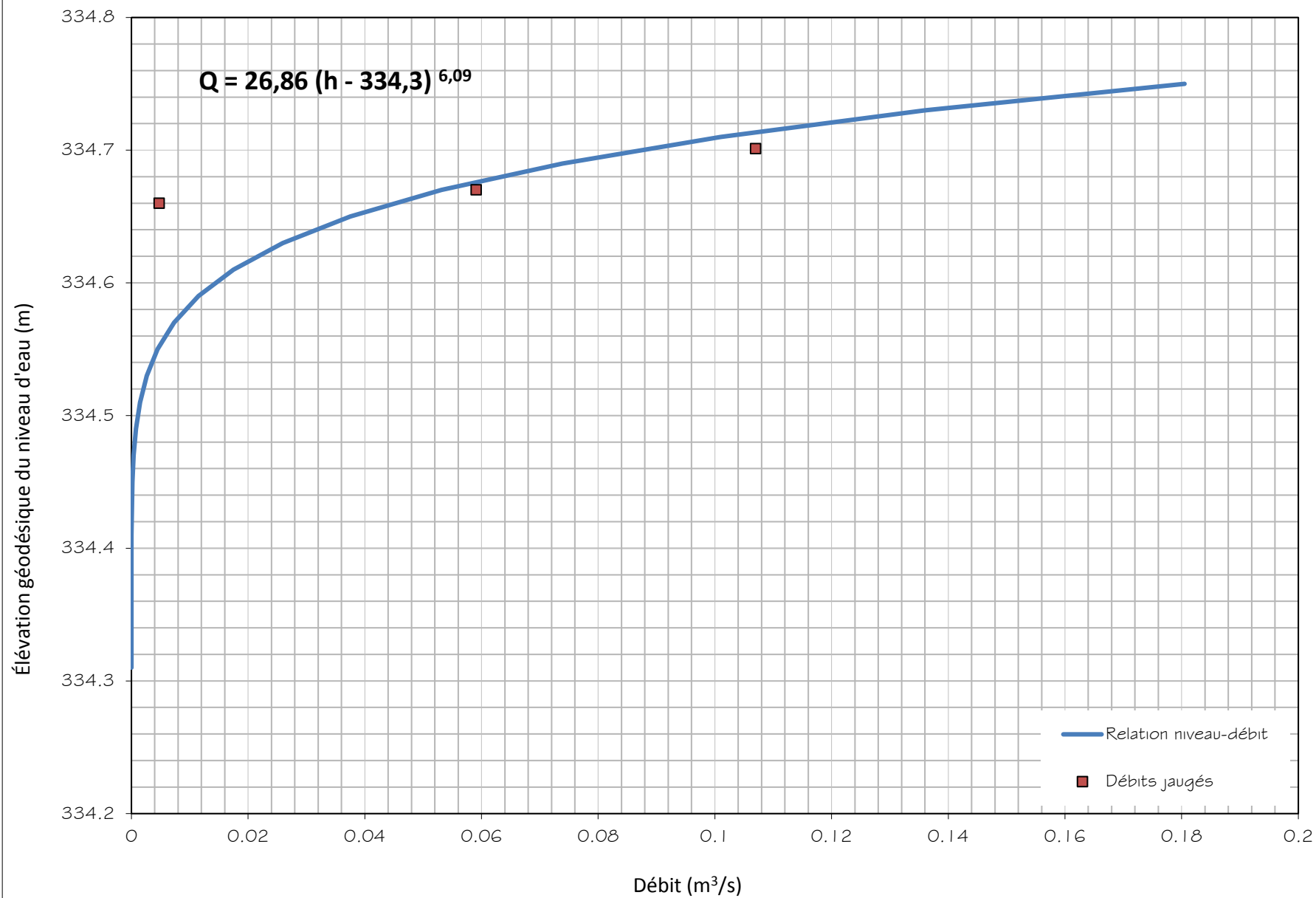
Relation niveau-débit du ruisseau Osisko au droit de la sonde à niveau



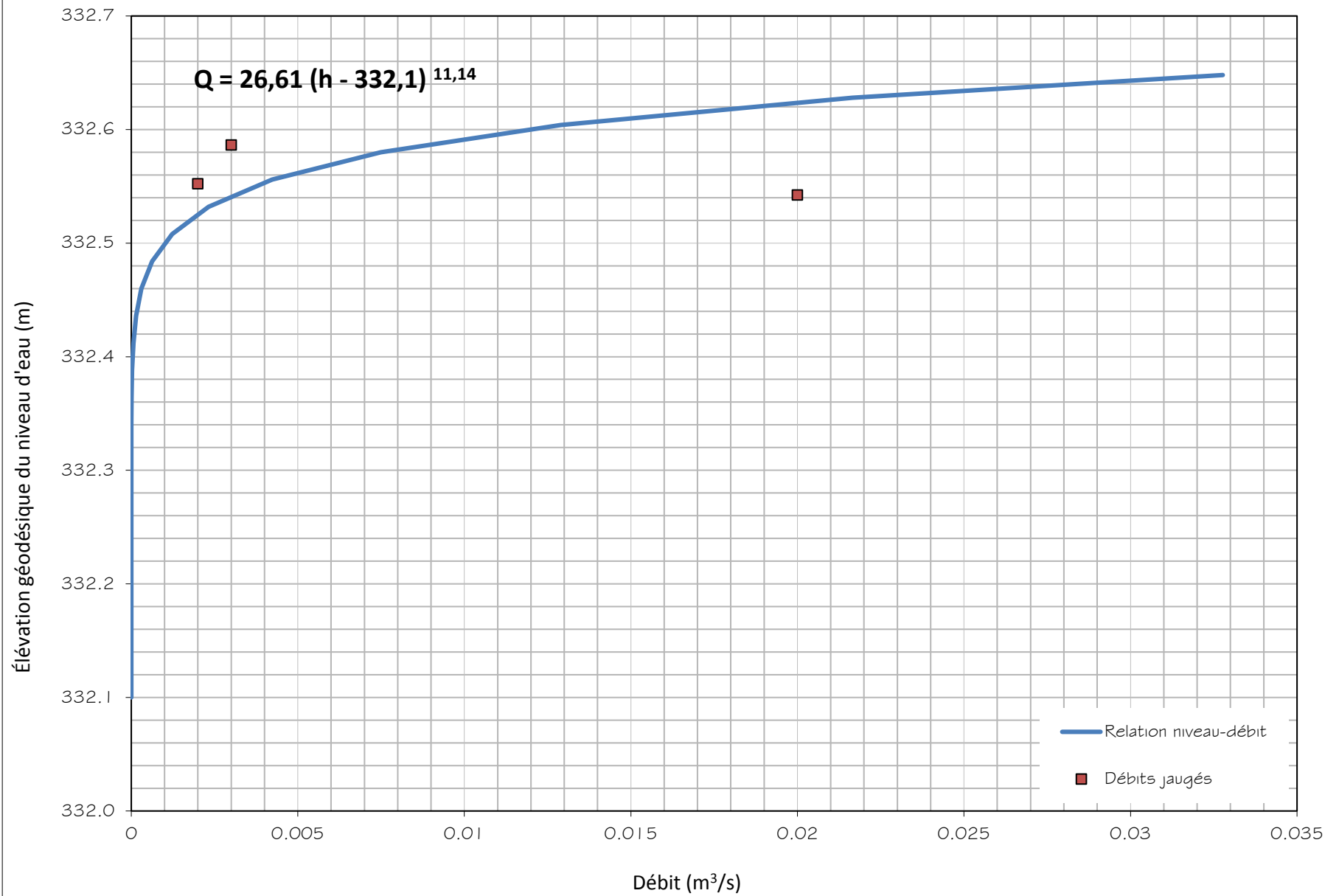
Relation niveau-débit du ruisseau 1 au droit de la sonde à niveau



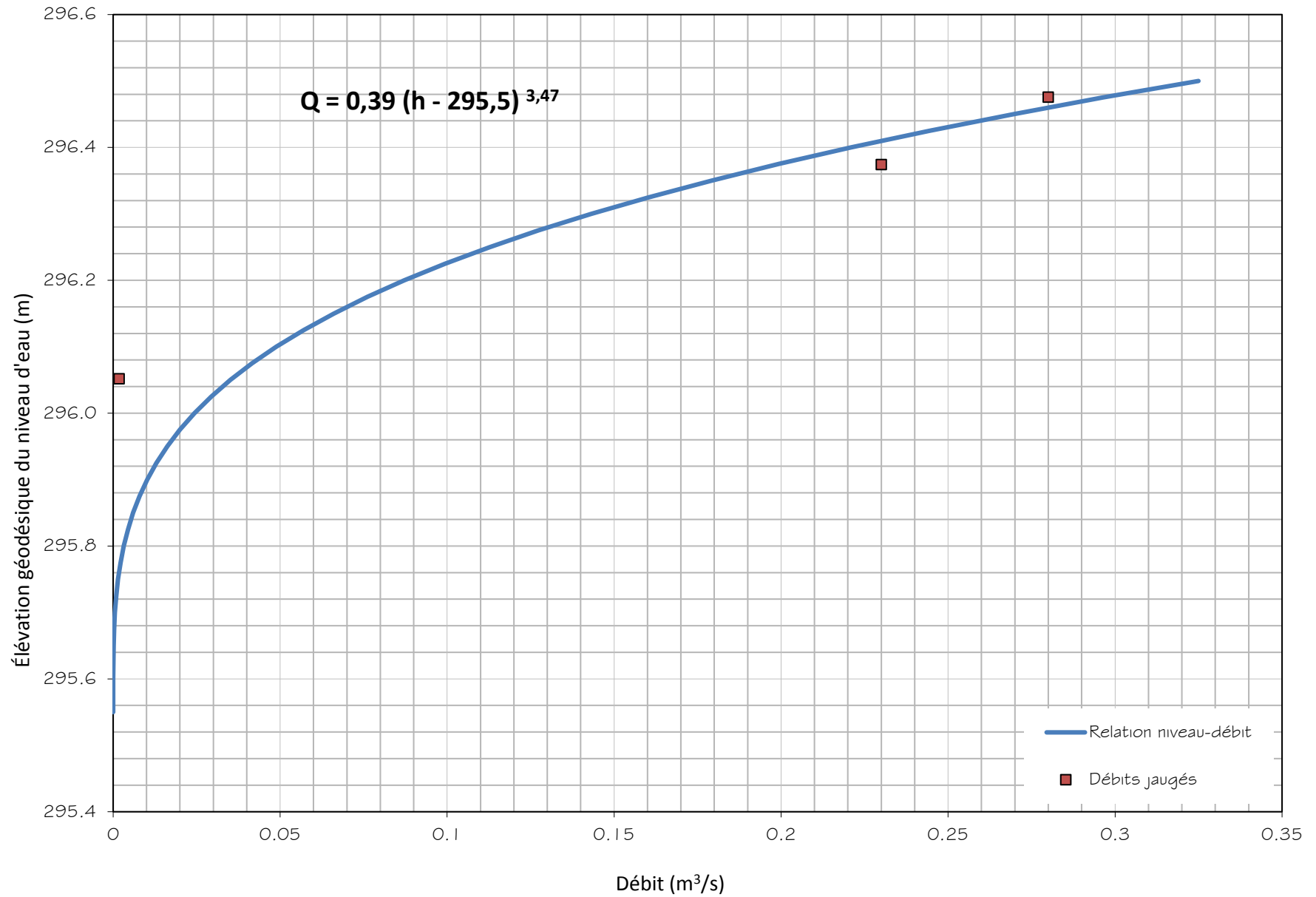
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-14 Lac Vauze



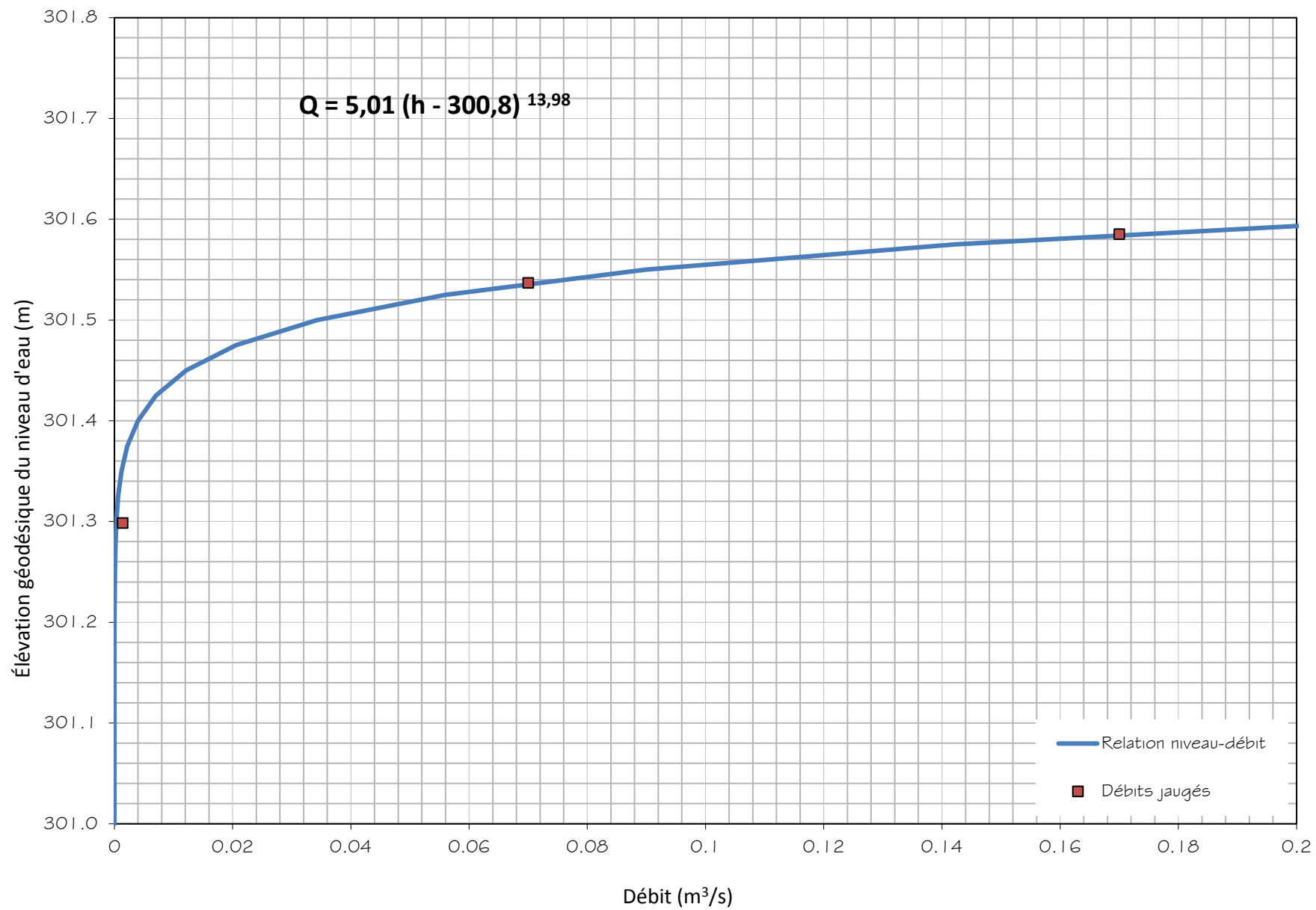
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-16 Lac Waite



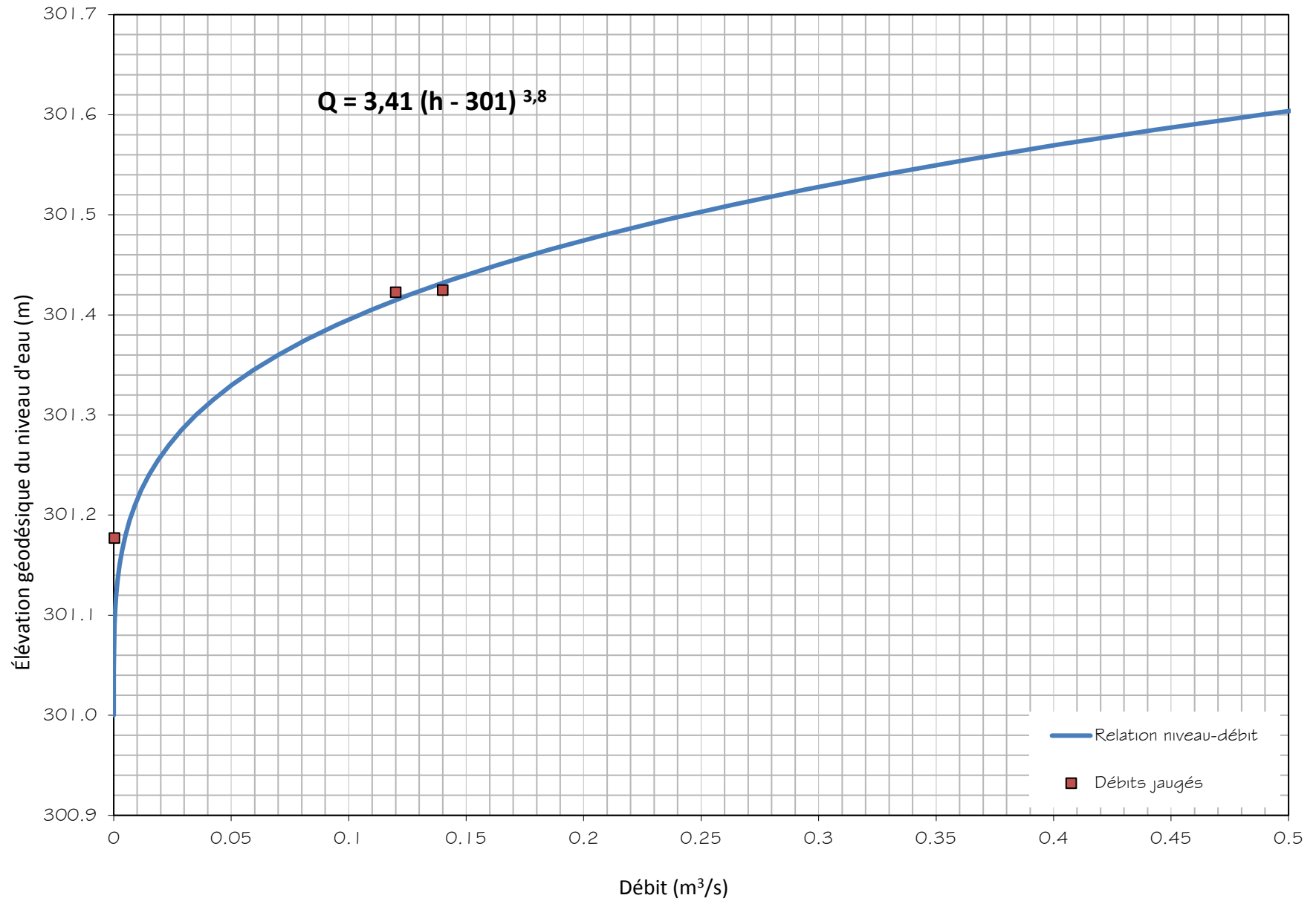
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-2/3



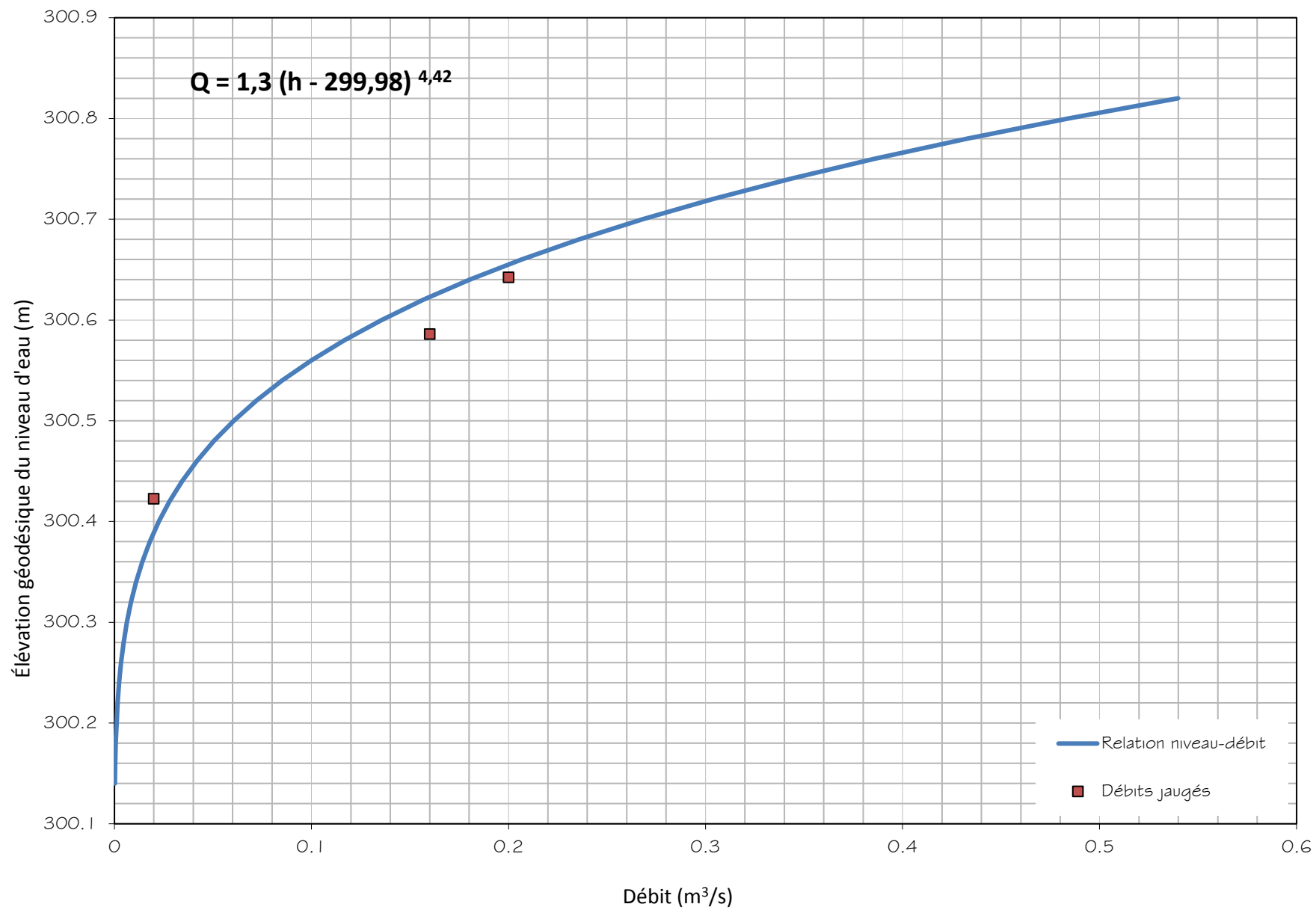
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-4



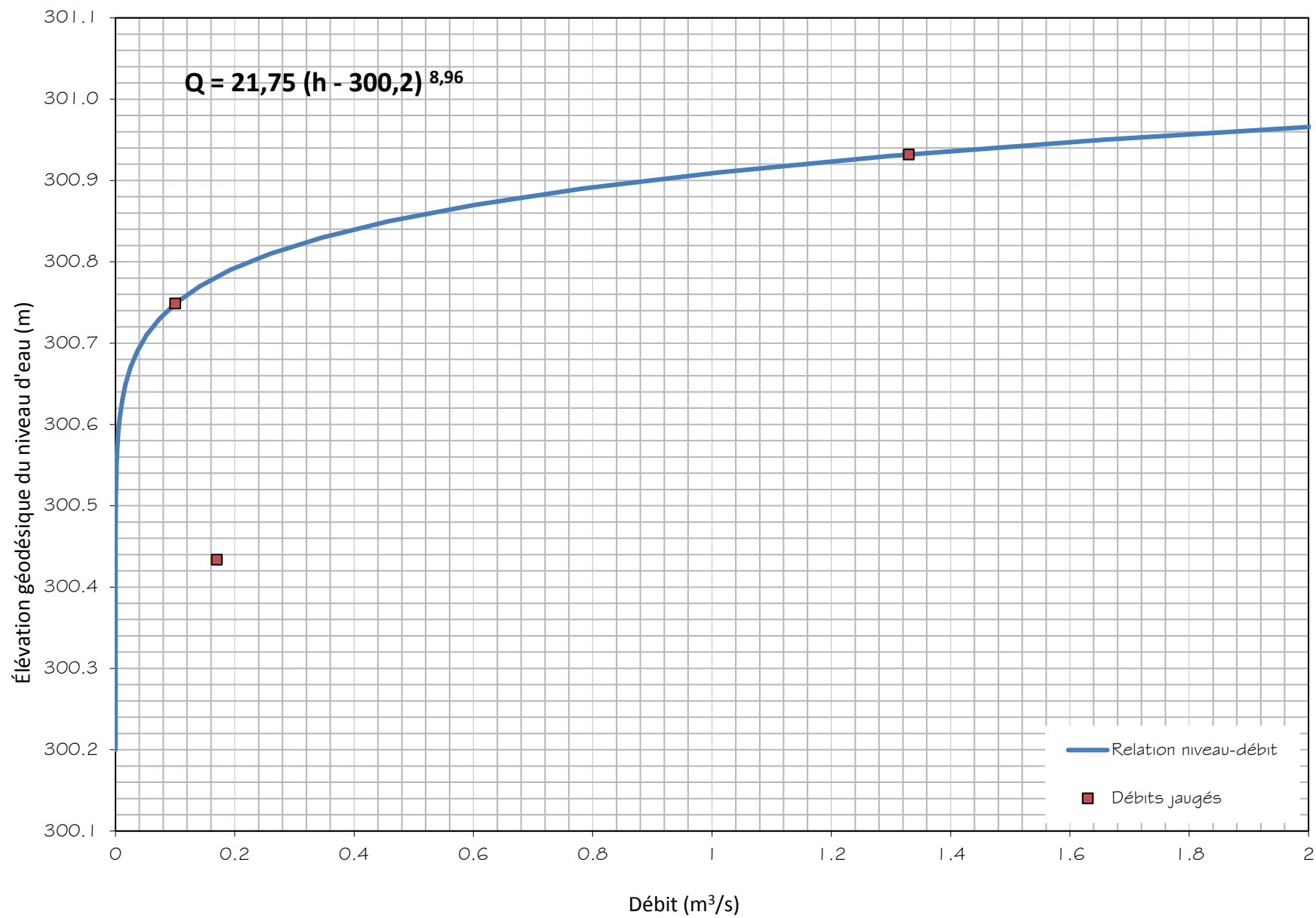
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-5/6



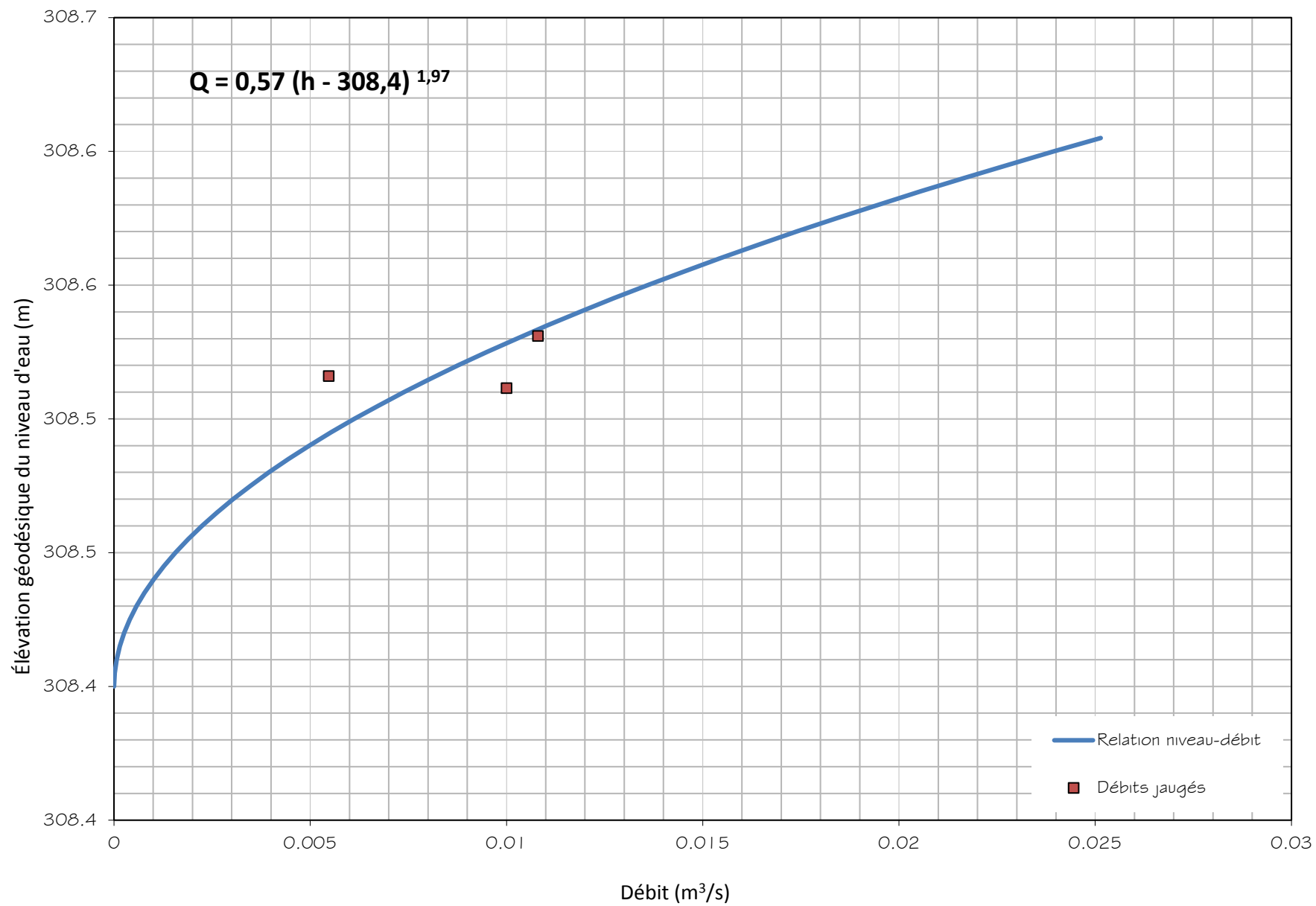
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-8



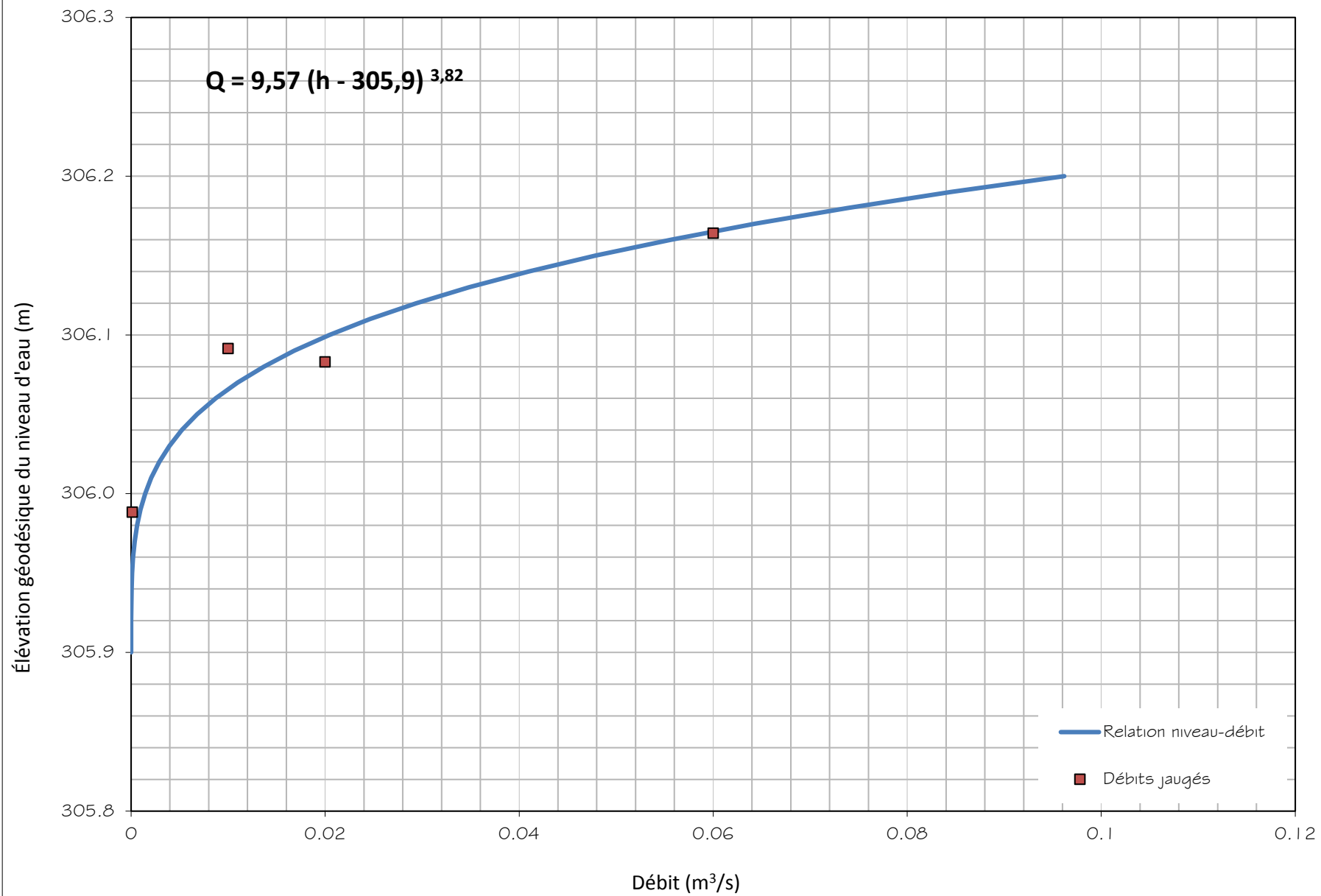
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-10



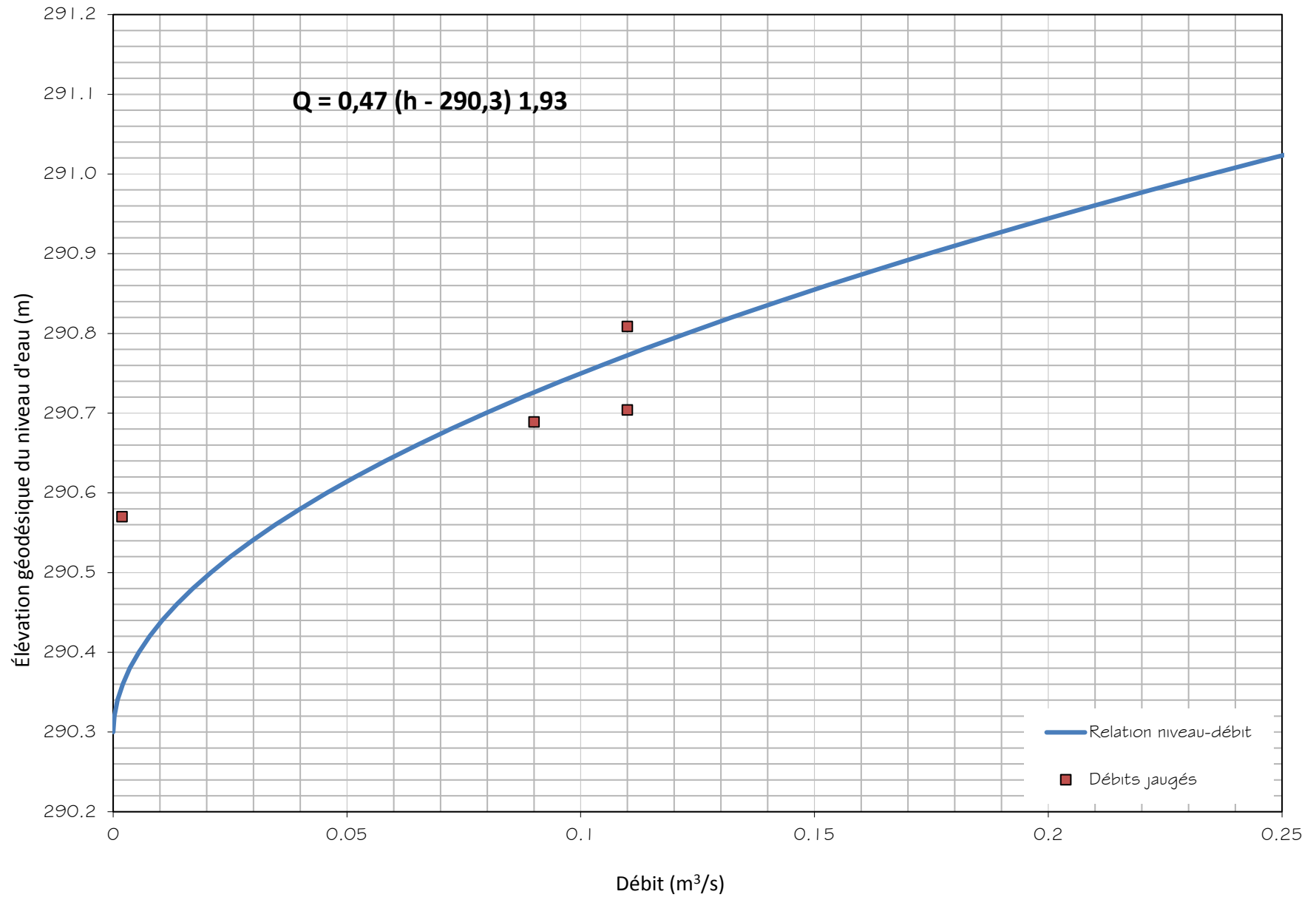
Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-12



Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-13



Relation niveau-débit au droit de la sonde à niveau S-E





## ANNEXE PHOTOGRAPHIQUE



Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



**Photo 1**

**Secteur Sud – avril 2016**  
Ruisseau 1 lors de l'installation de la sonde à niveau



**Photo 2**

**Secteur Sud – avril 2016**  
Affluent du ruisseau 2 lors de l'installation de la sonde à niveau



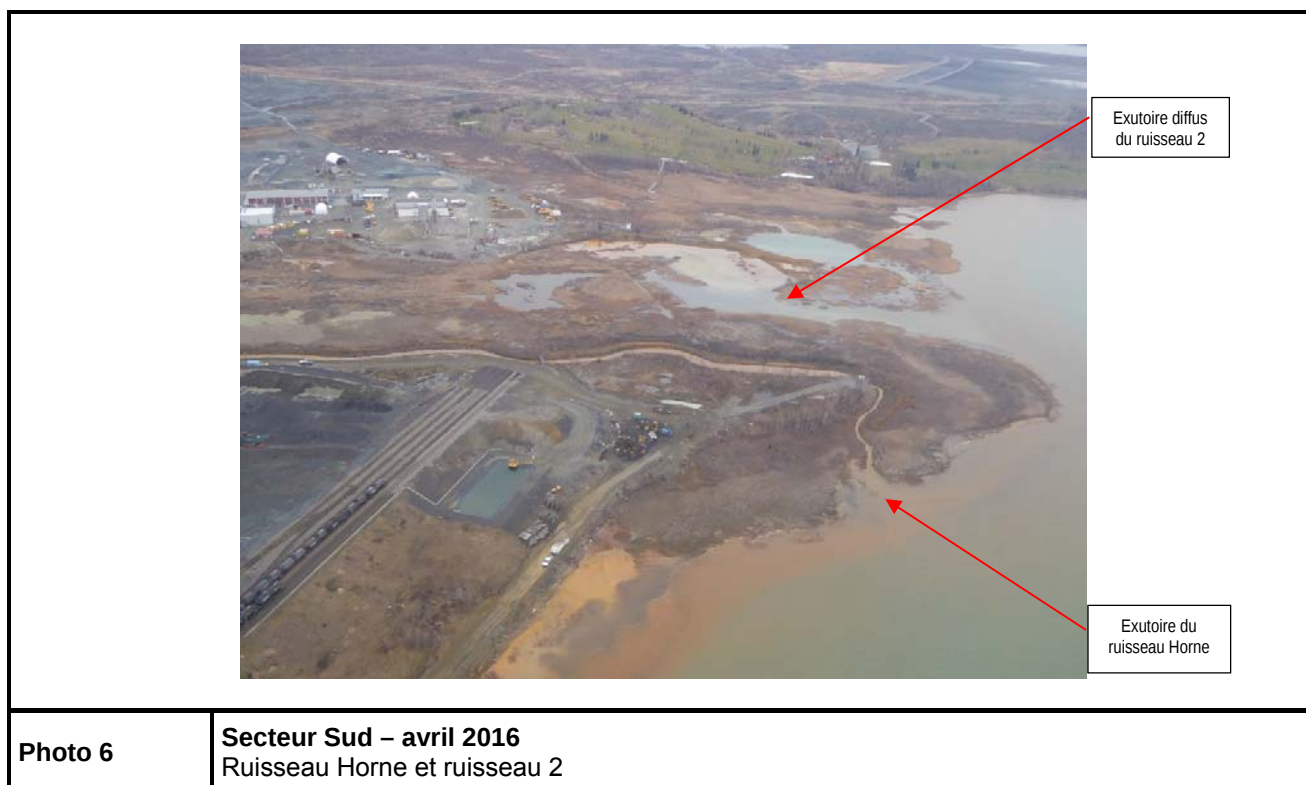
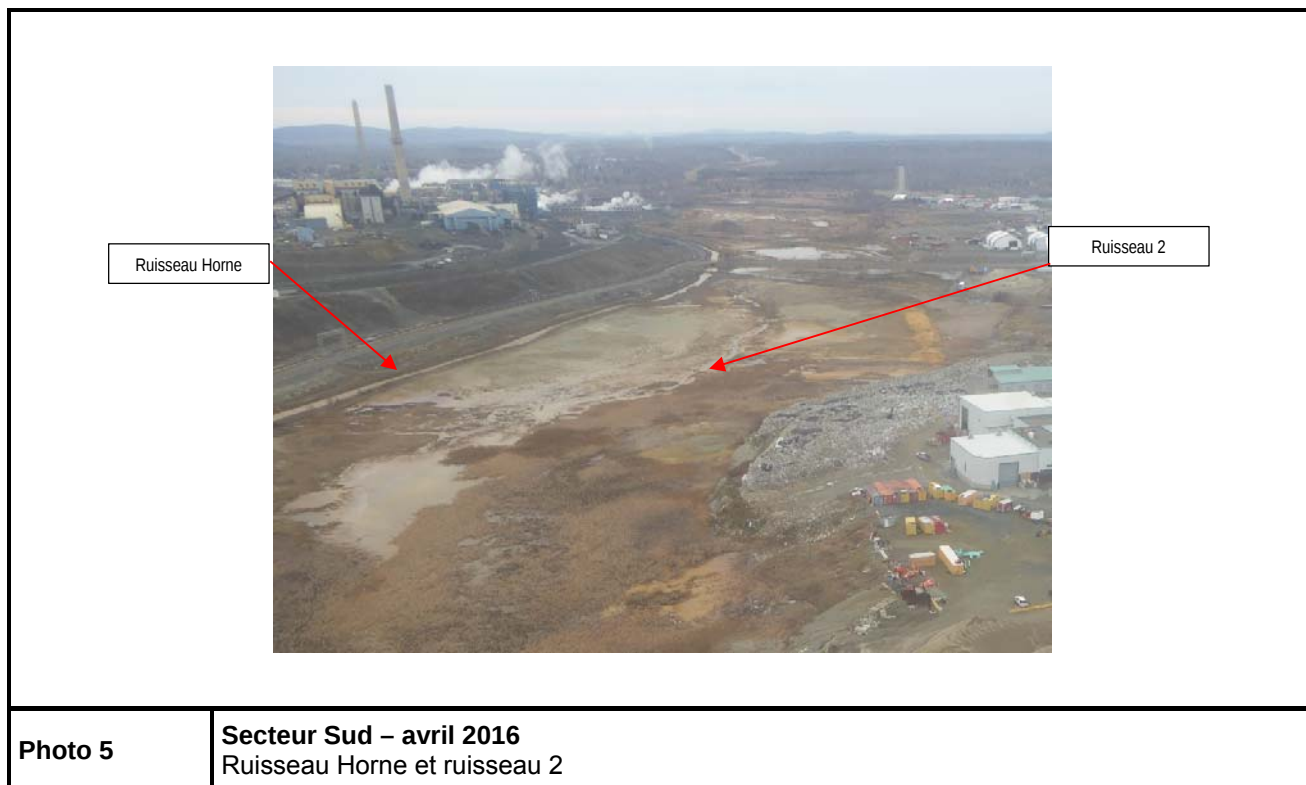
Photo 3

**Secteur Sud – avril 2016**  
Ruisseau Osisko lors de l'installation de la sonde à niveau



Photo 4

**Secteur Sud – avril 2016**  
Cours d'eau Dallaire lors de l'installation des sondes à niveau



Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 7

Secteur Sud – avril 2016  
Cours d'eau Dallaire – Vue aérienne



Photo 8

Secteur Sud – avril 2016  
Cours d'eau Dallaire – Vue aérienne



Photo 9

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-01 et du jaugeage



Photo 10

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-02/03 et du jaugeage



Photo 11

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-04 et du jaugeage



Photo 12

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-05/06 et du jaugeage

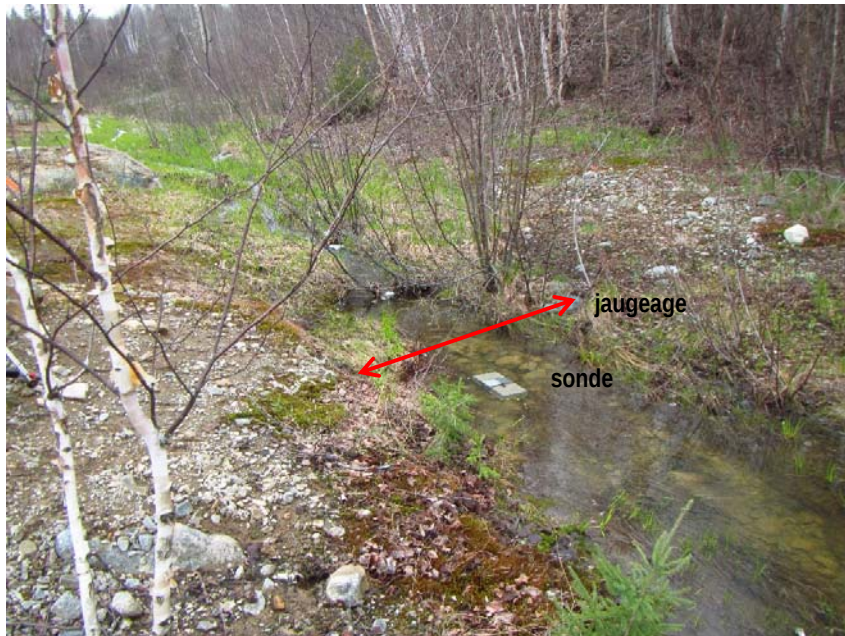


Photo 13

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-07 et du jaugeage

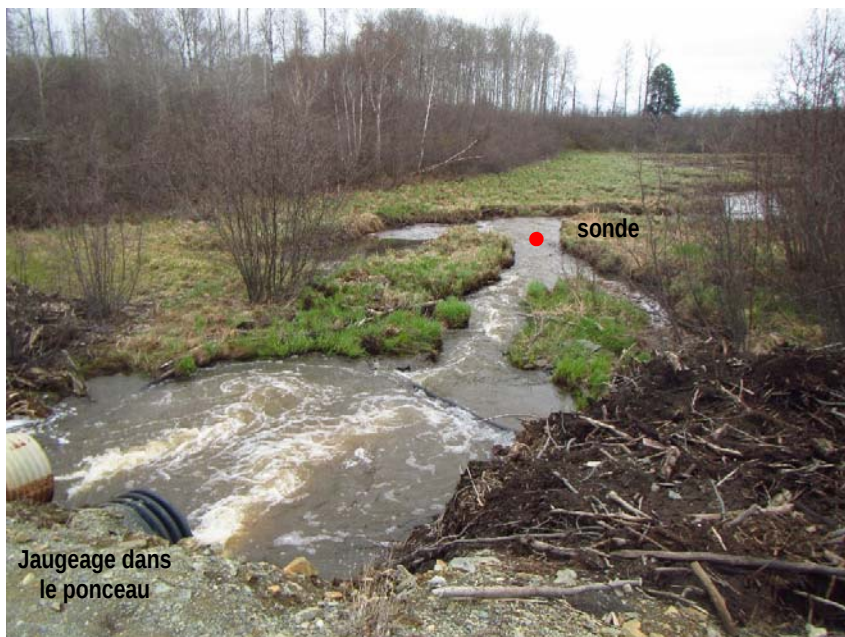


Photo 14

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-08 et du jaugeage



Photo 15

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-09 et du jaugeage



Photo 16

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-10 et du jaugeage

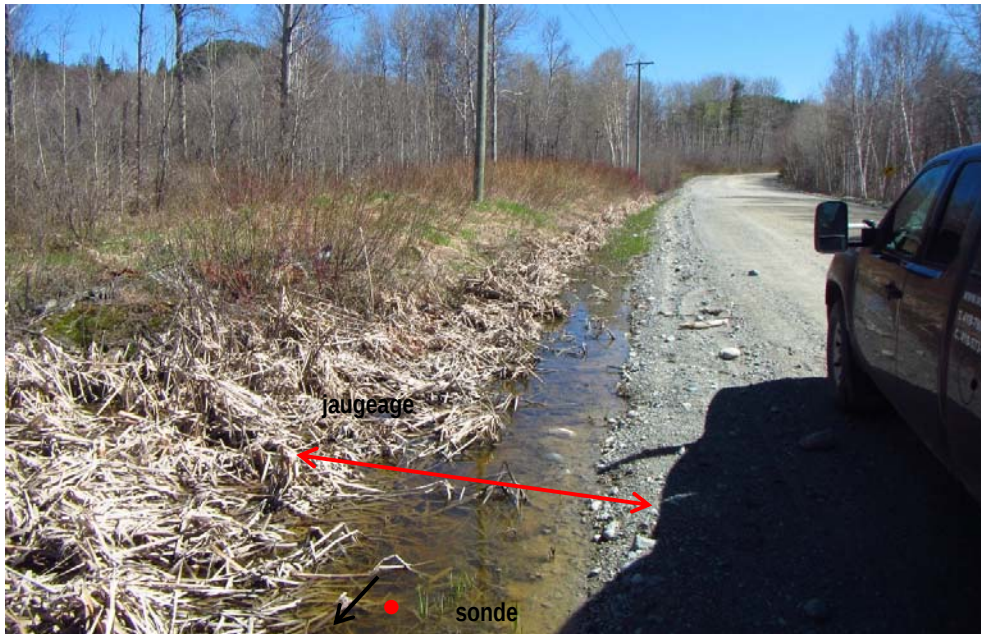


Photo 17

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-11 et du jaugeage



Photo 18

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-12 et du jaugeage



Photo 19

Secteur des conduites d'eau et de résidus miniers – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde S-13 et du jaugeage

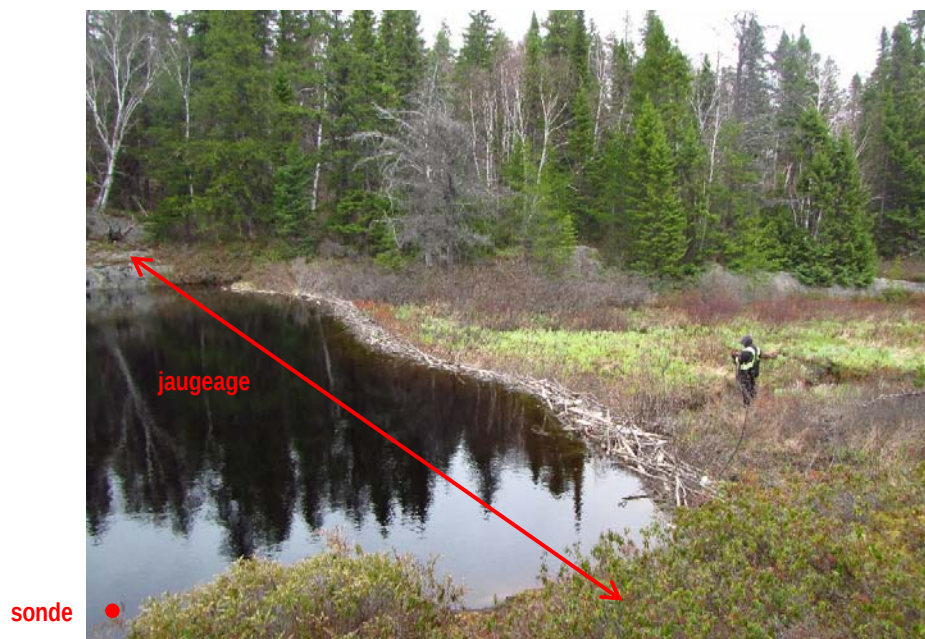
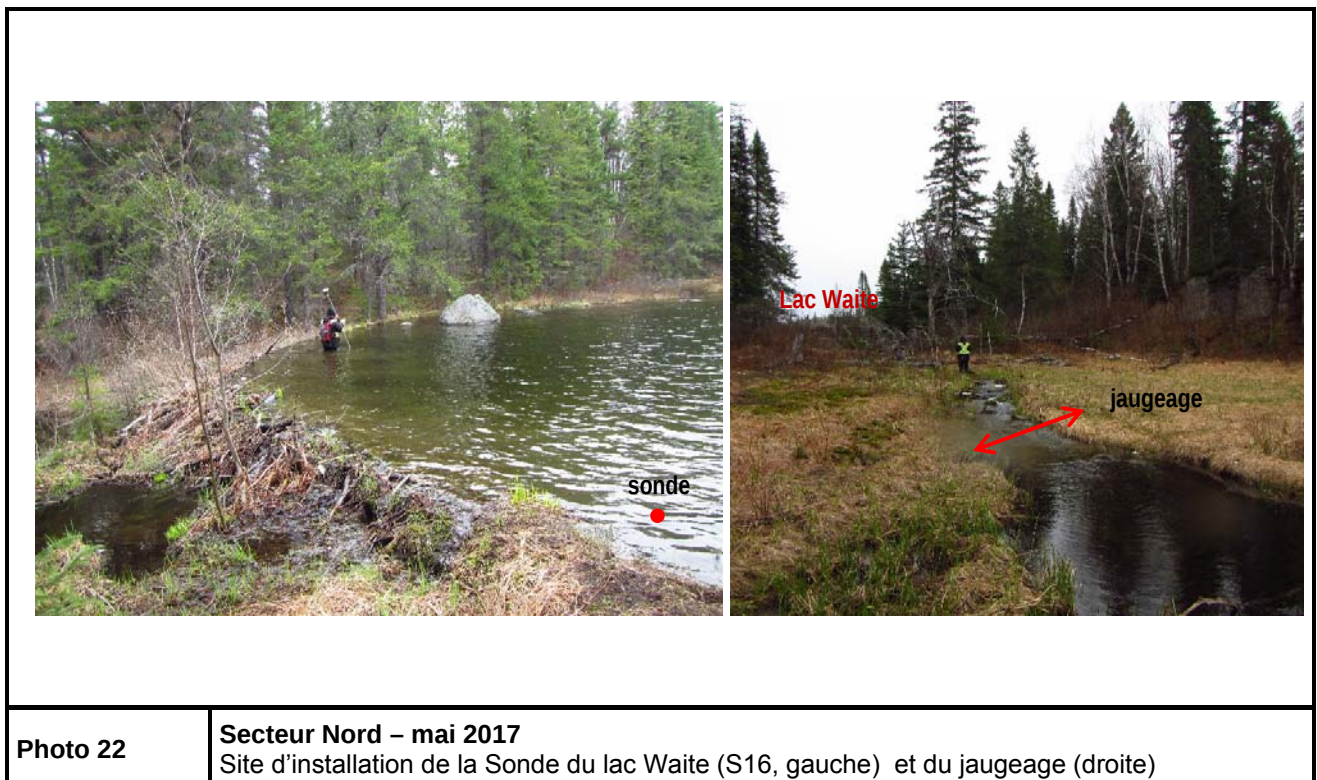
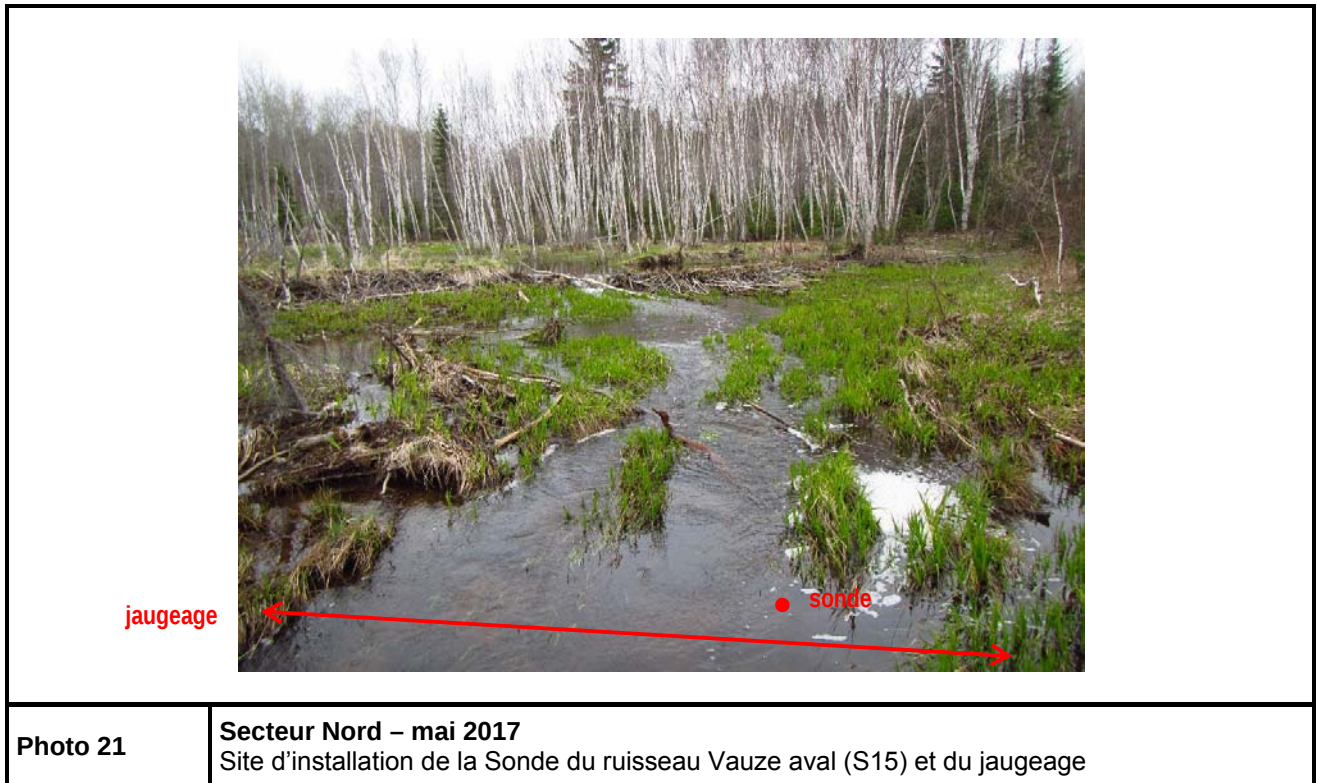


Photo 20

Secteur Nord – mai 2017  
Site d'installation de la Sonde du lac Vauze (S14) et du jaugeage





# ANNEXE

## 8-C

*ESTIMATION DE LA CAPACITÉ EN EAU FRAÎCHE  
DU LAC ROUYN*





## NOTE TECHNIQUE

**DESTINATAIRE :** M. Carl Martin, WSP Canada Inc.  
**EXPÉDITEUR :** Mme Elsa Sormain, WSP Canada Inc.  
**COPIE :** M. François Groux, WSP Canada Inc.  
**DATE :** 19/12/2017  
**OBJET :** **Projet minier Horne 5 – Estimation de la capacité du lac Rouyn à fournir le site minier en eau fraîche**  
Réf. WSP : 151-11330-09  
**Version finale**

---

### 1.0 INTRODUCTION

#### 1.1 Objectif et mise en contexte

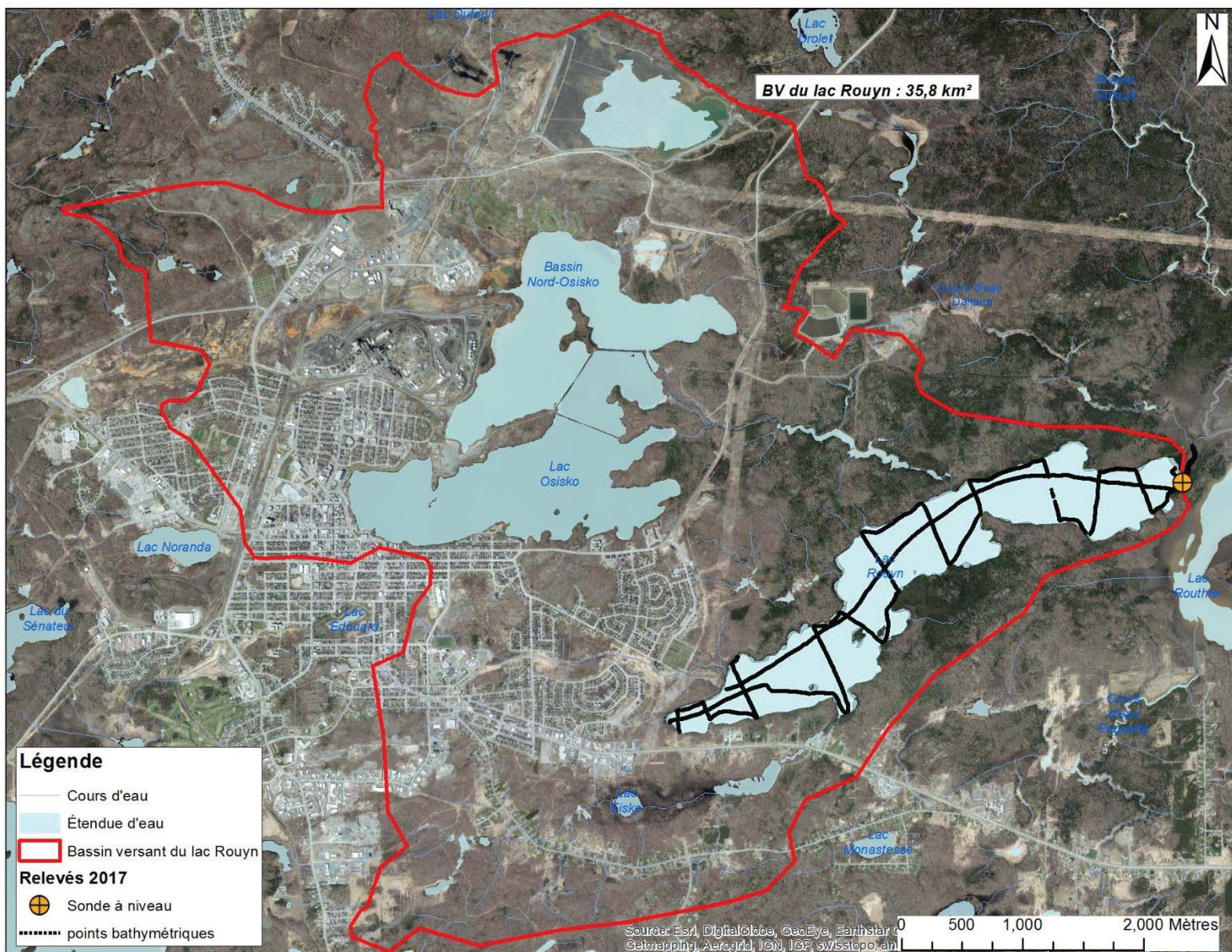
La compagnie Ressources Falco Ltée (Falco) a acquis des propriétés correspondant au camp minier historique de Rouyn-Noranda, en Abitibi. Le gîte Horne 5 est physiquement situé en dessous de l'ancienne mine de cuivre et d'or Horne qui fut exploitée par Noranda de 1926 à 1976. Le projet Horne 5 prévoit entre autres le prélèvement d'eau dans le lac Rouyn situé à l'est de la Ville de Rouyn-Noranda.

La présente note technique s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement préparée par WSP Canada Inc. L'objectif est d'évaluer de façon préliminaire la capacité du lac Rouyn à fournir le site minier en eau fraîche, dont la consommation est prévue à 270 m<sup>3</sup>/h (75 L/s) en moyenne.

Dans un premier temps, une revue des lois et règlements en vigueur est effectuée. Ensuite, la méthodologie et les résultats sont présentés. Finalement des recommandations sont émises.

#### 1.2 Description de la zone d'étude

Le bassin versant du lac Rouyn a été délimité par WSP à l'aide des données topographiques disponibles et sur la base d'une interprétation visuelle des images satellitaires. Il est illustré à la Figure 1-1. D'une superficie de 35,8 km<sup>2</sup>, il contient une proportion importante de lacs, puisqu'en plus du lac Rouyn (2,41 km<sup>2</sup>), il comprend également le lac Osisko (3,65 km<sup>2</sup>), ainsi que plusieurs autres lacs de moindre importance, pour un total de 6,9 km<sup>2</sup>, soit 19,2 % du bassin. Il est partiellement urbanisé, puisqu'il inclut une partie de la ville de Rouyn-Noranda, qui rejette d'ailleurs une partie de ses eaux usées (après traitement) dans le lac Osisko.



**Figure 1-1 Bassin versant du lac Rouyn**

## 2.0 LOIS ET RÈGLEMENTS EN VIGUEUR

L'analyse des lois et règlements en vigueur permet de dégager plusieurs critères de conception relatifs au prélèvement d'eau potable. Les principaux critères sont extraits du *Guide de conception des installations de production d'eau potable* (MDDELCC), et du *Règlement sur les habitats fauniques* (Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune).

### 2.1 Guide de conception des installations de production d'eau potable

Le débit maximal pouvant être prélevé est réglementé dans le *Guide de conception des installations de productions d'eau potable*. Le guide stipule ainsi que :

« Le débit maximum qu'il est permis de prélever est établi à 15 % du  $Q_{2-7}$  originel, débit duquel il faut soustraire les prélèvements en amont. La valeur ainsi obtenue est, par définition, la capacité de la source d'approvisionnement au point de prélèvement. On utilisera le débit d'étiage sur sept jours consécutifs ayant une période de récurrence de deux ans ( $Q_{2-7}$ ). Pour un lac ou un réservoir, on utilisera le  $Q_{2-7}$  à l'émissaire. Ces données devront être entérinées par le MDDEP».

### 2.2 Règlement sur les habitats fauniques.

L'article 17 du *Règlement sur les habitats fauniques* mentionne :

« Dans un habitat du poisson, une personne ne peut effectuer du pompage d'eau que conformément à l'une ou l'autre des conditions suivantes :

1° dans le cas d'un cours d'eau, le prélèvement ne peut excéder 15% du débit du cours d'eau à l'endroit où le prélèvement est effectué;

2° dans le cas d'une plaine d'inondations, le prélèvement ne peut excéder 45 000 litres par jour;

3° dans le cas d'un lac, le prélèvement ne peut abaisser le niveau de plus de 15 cm; un avis écrit doit être transmis par courrier recommandé au ministre des Ressources naturelles et de la Faune au moins 15 jours avant la date prévue pour le début du pompage d'eau; cet avis doit indiquer le nom et la localisation du lac où le pompage d'eau est projeté, sa durée prévue ainsi que la date du début de cette activité. »

## 3.0 MÉTHODOLOGIE

### 3.1 Données disponibles

Les données de base ayant servi à la présente étude proviennent des sources suivantes :

- Réseau hydro national – Feuillet 02JB000 (Ressources naturelles Canada - RNC);
- Cartes topographiques à l'échelle 1:50 000 – Feuilles 32D02, 32D03, 32D06 et 32D07 (Base nationale de données topographiques – BNDT);

- Débits d'étiage aux stations hydrométriques du Québec (Centre d'expertise hydrique du Québec, 2014);
- Estimation des débits d'étiage pour le Nord-du-Québec (Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques Québec - MDDELCC, 2017);
- Images satellitaires World Imagery et Google Earth;
- Stations hydrométriques d'Environnement et Changements climatiques Canada.

### **3.2 Caractérisation terrain**

Une campagne de terrain a été réalisée durant l'été 2017. Une sonde à niveau a ainsi été installée dans le lac Rouyn du mois de mai au mois d'octobre 2017 afin d'enregistrer l'évolution des niveaux d'eau. Un pluviomètre et un baromètre ont également été installés à proximité du site. Malheureusement, comme détaillé dans une section suivante, la sonde n'a pas pu enregistrer de données durant une grande partie de cette période.

Un jaugeage a été réalisé au mois de mai à l'exutoire du lac Rouyn, et deux jaugeages au mois d'octobre, dans le but d'établir la relation niveau-débit à l'exutoire du lac. Ces valeurs permettront également d'apporter un regard critique sur les calculs de débits théoriques. Enfin, des relevés bathymétriques sommaires du lac Rouyn ont été réalisés. Les points relevés sont indiqués à la Figure 1-1. Ces données de bathymétrie ont été validées avec une ancienne carte bathymétrique existante, et ont permis d'établir la relation niveau-volume du lac Rouyn.

Il est à noter également qu'une campagne de terrain a eu lieu à l'été 2016 à l'exutoire du lac Osisko, tributaire principal du lac Rouyn. Ainsi, une sonde à niveau y avait été installée, et six jaugeages avaient été réalisés.

### **3.3 Détermination du débit d'étiage**

Les étiages des cours d'eau québécois surviennent durant deux périodes, la première étant l'hiver alors que les précipitations tombent sous forme solide et ruissellent très peu pour alimenter les cours d'eau, et la seconde étant l'été alors que surviennent des périodes de sécheresse plus ou moins longues. De manière générale, sur le territoire de la province de Québec, les étiages hivernaux sont plus sévères que les étiages estivaux. Également, plus le bassin versant est petit, plus les étiages sont sévères.

Plusieurs méthodes ont été utilisées et comparées afin de déterminer le plus précisément possible le débit d'étiage à l'exutoire du lac Rouyn.

#### **Transfert de bassin**

Les cours d'eau de la zone à l'étude n'étant pas jaugés, les débits d'étiage peuvent être déterminés par transfert de bassin versant à partir des débits d'étiage publiés par le MDDELCC (anciennement CEHQ). En effet, afin d'offrir un portrait des débits d'étiage à un endroit quelconque de l'ensemble du territoire québécois, le CEHQ a calculé et cartographié les débits d'étiage de plusieurs cours d'eau du Québec (CEHQ, 2005). Trois (3) valeurs de débits d'étiage

représentatifs ont été estimées aux stations hydrométriques québécoises pour la période annuelle (pour inclure les étiages hivernaux) et estivale (du 1<sup>er</sup> juin au 31 octobre) :

- $Q_{2,7}$  et  $Q_{10,7}$  : débits d'étiage de récurrence 2 ans et 10 ans calculés sur une plage de 7 jours consécutifs;
- $Q_{5,30}$  : débit d'étiage de récurrence 5 ans calculé sur une plage de 30 jours consécutifs.

La méthode de transfert de bassin permet de transposer les débits d'une station de référence vers le site à l'étude en se basant sur le ratio des superficies drainées. La valeur de ce ratio doit habituellement être comprise entre 0,5 et 2,0 pour que la méthode soit jugée valable. De plus, les caractéristiques physiques des bassins versants et le contexte climatique doivent être similaires afin d'obtenir des estimations fiables.

Deux stations de la région hydrographique 04 (bassins versants de l'Outaouais et de Montréal), traitées dans l'étude du CEHQ, ont été considérées pour la présente étude, à savoir les stations hydrométriques 043012 (rivière Kinojévis) et 040212 (rivière Saint-Louis). Le Tableau 3-1 présente les caractéristiques des stations hydrométriques sélectionnées et le Tableau 3-2 présente leurs débits spécifiques d'étiage respectifs. Le bassin versant de la rivière Kinojévis est beaucoup plus grand que ceux des cours d'eau à l'étude alors que celui de la rivière Saint-Louis est plus représentatif, mais la distance entre la station hydrométrique et le site à l'étude est plus grande (368 km contre 12 km pour celle de la Kinojévis).

**Tableau 3-1 Stations hydrométriques de référence**

| NUMÉRO DE LA STATION | RIVIÈRE     | SÉRIE DE DONNÉES ENREGISTRÉES | BASSIN VERSANT (km <sup>2</sup> ) | LOCALISATION (degré) |           |
|----------------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------|
|                      |             |                               |                                   | Latitude             | Longitude |
| 043012               | Kinojévis   | 1965 - en activité            | 2 590                             | 48° 22' N            | 78° 51' O |
| 040212               | Saint-Louis | 1968 - en activité            | 40                                | 46° 22' N            | 74° 30' O |

**Tableau 3-2 Débits spécifiques d'étiage pour les stations hydrométriques de référence**

|                                           | DÉBIT D'ÉTIAGE SPÉCIFIQUE (L/s/km <sup>2</sup> ) |                      |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|
|                                           | Kinojévis (043012)                               | Saint-Louis (040212) |
| Aire du bassin versant (km <sup>2</sup> ) | 2 572                                            | 39,9                 |
| $Q_{2,7}$ estival                         | 5,02                                             | 2,15                 |
| $Q_{10,7}$ estival                        | 3,02                                             | 1,1                  |
| $Q_{5,30}$ estival                        | 4,27                                             | 2,18                 |
| $Q_{2,7}$ annuel                          | 3,65                                             | 1,93                 |
| $Q_{10,7}$ annuel                         | 3,11                                             | 1,11                 |
| $Q_{5,30}$ annuel                         | 3,45                                             | 2,06                 |

## Régression linéaire

Le MDDELCC (2017) a également développé une méthode pour estimer les débits d'étiage dans les régions du Nord québécois. Le site à l'étude est situé dans la région hydrographique 04 du MDDELCC, qui n'est pas incluse dans l'étude du MDDELCC, mais à la limite de la région 08 (Bassins versants de la Baie de Hannah et de Rupert), qui est y est incluse. Il a donc été décidé d'utiliser cette méthode, à titre comparatif. Le calcul des débits  $Q_{2,7}$  selon la méthode de régression linéaire est alors le suivant :

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

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

### 3.4 Détermination des niveaux d'eau

Afin de déterminer l'impact du prélèvement envisagé sur les niveaux d'eau du lac Rouyn, et ainsi vérifier que le niveau d'eau ne sera pas diminué de plus de 15 cm, conformément au règlement en vigueur, une modélisation HEC-HMS a été réalisée.

Le lac Rouyn a été modélisé par la relation niveau-volume établie à partir des données bathymétriques recueillies lors de la campagne de terrain. La relation niveau-débit à la sortie du lac Rouyn, imposée à la frontière aval du modèle, a quant à elle été établie à partir des résultats des trois jaugeages réalisés au cours de l'année. En entrée du modèle, des débits moyens mensuels ont été imposés. Ces apports moyens mensuels au lac Rouyn ont été déterminés par transfert de bassin versant à partir des débits moyens mensuels de la station de référence de la rivière Saint-Louis, qui sont indiqués au Tableau 3-3.

Deux simulations ont alors été effectuées. Une première en entrant les débits moyens mensuels moyennés sur la période 1969 - 2016, et une seconde en entrant la série de débits moyens mensuels de novembre 2011 à novembre 2016, afin d'observer la réaction du lac au cours de plusieurs années consécutives, alternant des étiages plus ou moins sévères.

**Tableau 3-3 Débits moyens mensuels à la station hydrométrique de référence de la rivière Saint-Louis (m³/s)**

| PÉRIODE           | JAN   | FEB   | MAR   | APR   | MAY   | JUN   | JUL   | AUG   | SEP   | OCT   | NOV   | DEC   |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moyenne 1969-2016 | 0,447 | 0,407 | 0,633 | 2,788 | 2,544 | 0,832 | 0,634 | 0,420 | 0,601 | 1,038 | 1,090 | 0,724 |
| 2011              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0,652 | 1,508 |
| 2012              | 0,420 | 0,264 | 2,613 | 1,334 | 0,932 | 0,327 | 0,047 | 0,177 | 0,764 | 1,081 | 0,646 | 0,698 |
| 2013              | 0,636 | 1,378 | 0,371 | 2,890 | 3,432 | 0,910 | 0,450 | 0,549 | 0,236 | 0,661 | 1,857 | 0,355 |
| 2014              | 0,887 | 0,248 | 0,197 | 2,869 | 3,743 | 1,316 | 0,335 | 0,353 | 0,667 | 1,203 | 1,271 | 0,453 |
| 2015              | 0,265 | 0,147 | 0,118 | 2,264 | 2,438 | 0,705 | 0,258 | 0,660 | 0,510 | 0,801 | 1,216 | 1,395 |
| 2016              | 0,638 | 0,545 | 0,877 | 2,514 | 3,288 | 0,669 | 0,625 | 0,410 | 0,374 | 0,603 | 0,816 |       |

## 4.0 RÉSULTATS

### 4.1 Caractérisation terrain

La Figure 4-1 présente le niveau d'eau dans le lac Rouyn durant la campagne de 2017, ainsi que la pluviométrie associée et les jaugeages effectués. Comme on peut le constater, la sonde a malheureusement été exondée (hors de l'eau) à partir du 13 juin, mis à part 4 jours en août où le niveau est remonté suite à des pluies importantes. Ceci est principalement dû au fait que la sonde a été installée au mois de mai lorsque le niveau du lac était très élevé. Il n'avait donc pas été possible à ce moment de l'installer plus profondément. La Figure 4-2 présente quant à elle la relation niveau-volume du lac Rouyn établie grâce aux relevés bathymétriques.

Le Tableau 4-1 présente les résultats des jaugeages effectués à l'exutoire du lac Rouyn aux mois de mai et d'octobre 2017. Le Tableau 4-2 présente ceux réalisés à l'exutoire du lac Oskisko en 2016. Il est important de noter que des sondes ont également été installées dans d'autres cours d'eau du secteur durant l'été 2017, et ces dernières n'ont pas été exondées. Les données de ces sondes tendent à montrer qu'en date du 14 octobre, les niveaux et débits dans ces cours d'eau étaient proches de leur valeur minimum enregistrée durant l'été. Ce constat est également confirmé par les débits enregistrés pendant l'été 2017 à la station de référence de la rivière Kinojévis, très près du lac Rouyn, qui sont présentés à la Figure 4-3. Ceci laisse donc présumer que les valeurs mesurées à cette date à l'exutoire du lac Rouyn sont également représentatives de leur minimum pour l'été 2017.

**Tableau 4-1 Résultats des jaugeages à l'exutoire du lac Rouyn en 2017**

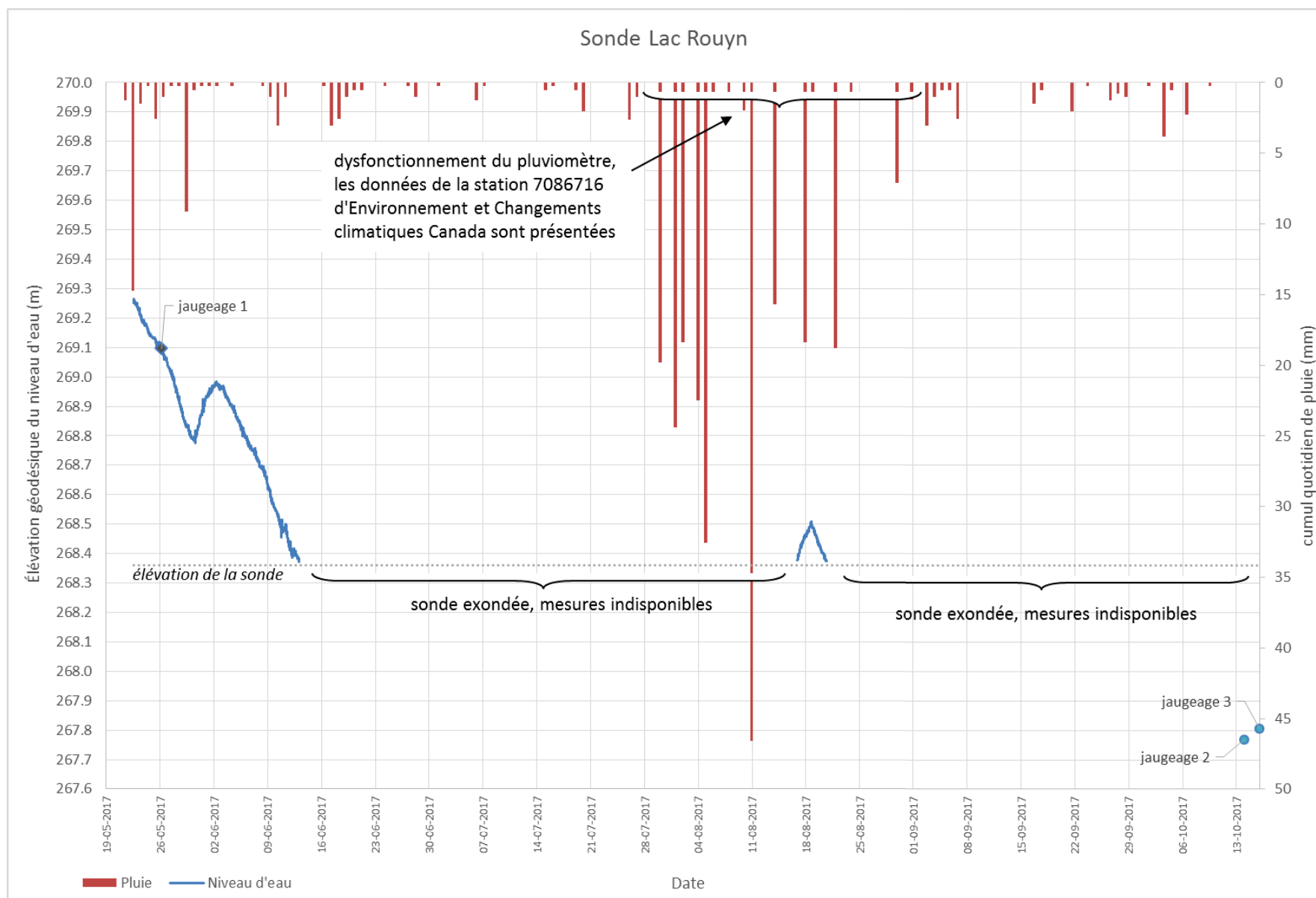
| DATE       | HEURE | DÉBIT JAUGÉ (m <sup>3</sup> /s) <sup>a</sup> | DÉBIT RETENU (m <sup>3</sup> /s) <sup>a</sup> | NIVEAU D'EAU SONDE (m) |
|------------|-------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|
| 22/05/2017 | 14h50 | 1,94 / 1,84                                  | 1,89                                          | 269,25                 |
| 14/10/2017 | 9h30  | 0,512 / 0,371                                | 0,44                                          | 267,77                 |
| 16/10/2017 | 9h20  | 0,492 / 0,414                                | 0,45                                          | 267,81                 |

<sup>a</sup> : Pour chacun des jaugeages réalisés, plusieurs mesures sont réalisées afin de réduire les incertitudes. Toutes les mesures sont présentées dans le tableau. Le débit retenu est obtenu en faisant la moyenne des mesures.

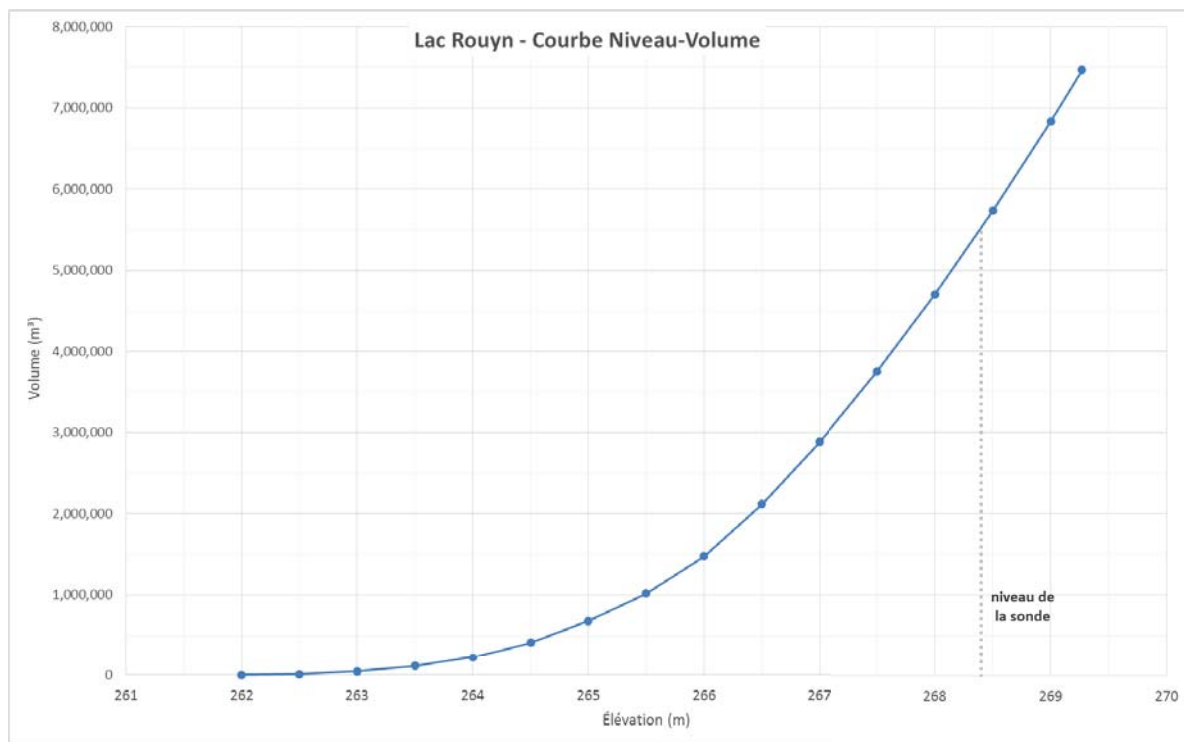
**Tableau 4-2 Résultats des jaugeages à l'exutoire du lac Osisko en 2016**

| DÉBIT JAUGÉ (m <sup>3</sup> /s) <sup>a</sup> |             |             |             |             |             |
|----------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 26/04/2016                                   | 26/05/2016  | 22/06/2016  | 28/07/2016  | 22/08/2016  | 27/10/2016  |
| 0,86 / 0,79                                  | 0,22 / 0,26 | 0,23 / 0,18 | 0,43 / 0,44 | 0,32 / 0,26 | 0,30 / 0,30 |

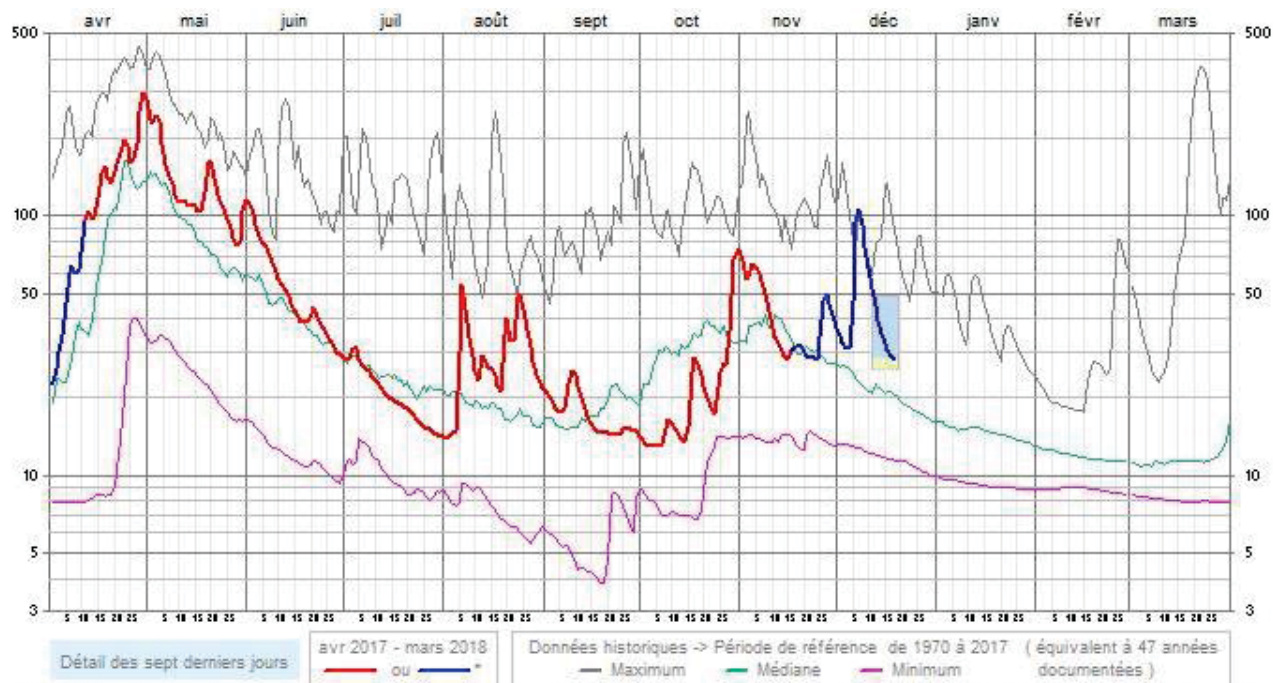
<sup>a</sup> : pour chacun des jaugeages réalisés, plusieurs mesures sont réalisées afin de réduire les incertitudes. Toutes les mesures sont présentées dans le tableau.



**Figure 4-1 Pluviométrie et niveau d'eau dans le lac Rouyn durant l'été 2017**



**Figure 4-2** Courbe niveau-volume du lac Rouyn



**Figure 4-3** Débit enregistré par le CEHQ à la station de référence de la rivière Kinojévis durant l'été 2017 à la station

## 4.2 Détermination du débit d'étiage et du débit maximum de prélèvement possible

En conformité avec les règlements en vigueur, le débit Q<sub>2-7</sub> à l'émissaire du lac Rouyn est estimé, puis comparé au débit de prélèvement souhaité. **À noter qu'il a été considéré qu'aucun autre prélèvement n'est effectué dans le réseau hydrique en amont du projet.** En effet, le lac est situé près de la tête du bassin versant. De plus, le prélèvement d'eau potable par la ville de Rouyn-Noranda est effectué dans le Lac Dufault, qui n'est pas tributaire du lac Rouyn, et aucun prélèvement n'est effectué dans le lac Osisko aux connaissances de WSP.

Le Tableau 4-3 présente les débits d'étiage Q<sub>2-7</sub> annuels et estivaux estimés pour l'exutoire du lac Rouyn par transfert de bassin à partir des données des stations hydrométriques de référence ainsi que par la méthode de régression linéaire du MDDELCC.

**Tableau 4-3 Débits d'étiage théoriques estimés à l'émissaire du lac Rouyn**

|                          | TRANSFERT DE BASSIN |                      | RÉGRESSION LINÉAIRE |
|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                          | Kinojévis (043012)  | Saint-Louis (040212) |                     |
| Q <sub>2,7</sub> estival | 180                 | 77                   | 145                 |
| Q <sub>2,7</sub> annuel  | 131                 | 69                   | 59                  |

Comme indiqué à la section précédente, des jaugeages ont été effectués à l'émissaire du lac Rouyn par WSP en 2017 : le premier en mai, puis deux en octobre en période d'étiage. Comme les deux stations de référence possèdent des données de débits enregistrées les jours des jaugeages, il a donc été possible d'effectuer un transfert de bassin à partir du débit enregistré ce jour-là et de le comparer au débit jaugé sur le site à l'étude. Comme on peut le constater au Tableau 4-4, le débit enregistré aux stations de référence et transféré au bassin versant du lac Rouyn est du même ordre de grandeur que le débit mesuré au lac Rouyn. Cela tend à valider la relation de transfert utilisée et par suite l'ordre de grandeur des débits d'étiage obtenus à partir de ces stations.

**Tableau 4-4 Comparaison des débits enregistrés aux stations de référence et au lac Rouyn les jours de jaugeage**

|                                               | 22/05/2017 | 14/10/2017 | 16/10/2017 |
|-----------------------------------------------|------------|------------|------------|
| Q mesuré à la station 043012 (Kinojévis)      | 119,6      | 13,4       | 24,73      |
| Q mesuré à la station 040212 (Saint-Louis)    | 1,24       | 0,51       | 2,40       |
| Q <sub>Kinojévis</sub> transféré au lac Rouyn | 1,66       | 0,19       | 0,34       |
| Q <sub>St-Louis</sub> transféré au lac Rouyn  | 1,12       | 0,46       | 2,15       |
| Q mesuré à l'exutoire du lac Rouyn            | 1,89       | 0,44       | 0,64       |

D'après les règlements en vigueur, le prélèvement maximum possible dans le lac Rouyn est de 15 % du  $Q_{2-7}$  annuel de son émissaire, soit approximativement de 10 à 20 L/s (soit 36 à 72 m<sup>3</sup>/h) selon les valeurs retenues, comme on peut le voir au Tableau 4-5.

Le prélèvement moyen envisagé pour le projet minier Horne 5 est de 187 m<sup>3</sup>/h (c.-à-d. 52 L/s) au début de la phase de production, alors que le parc à résidus ne sera pas encore en fonction, puis de 270 m<sup>3</sup>/h (c.-à-d. 75 L/s) lorsque celui-ci sera fonctionnel. Ces débits sont donc supérieurs à ce que peut fournir le lac Rouyn. D'autant plus que ces valeurs sont des moyennes, et que si le prélèvement peut parfois être moindre, il pourra également être plus important à certains moments.

**Tableau 4-5 Débits de prélèvement maximums possibles dans le lac Rouyn**

|                                                           | TRANSFERT DE BASSIN | RÉGRESSION LINÉAIRE |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| $Q_{2-7}$ annuel                                          | 69 à 131            | 59                  |
| Prélèvement maximum possible<br>(15% du $Q_{2-7}$ annuel) | 10 à 20 L/s         | 9 L/s               |

### 4.3 Impact du prélèvement sur les niveaux d'eau

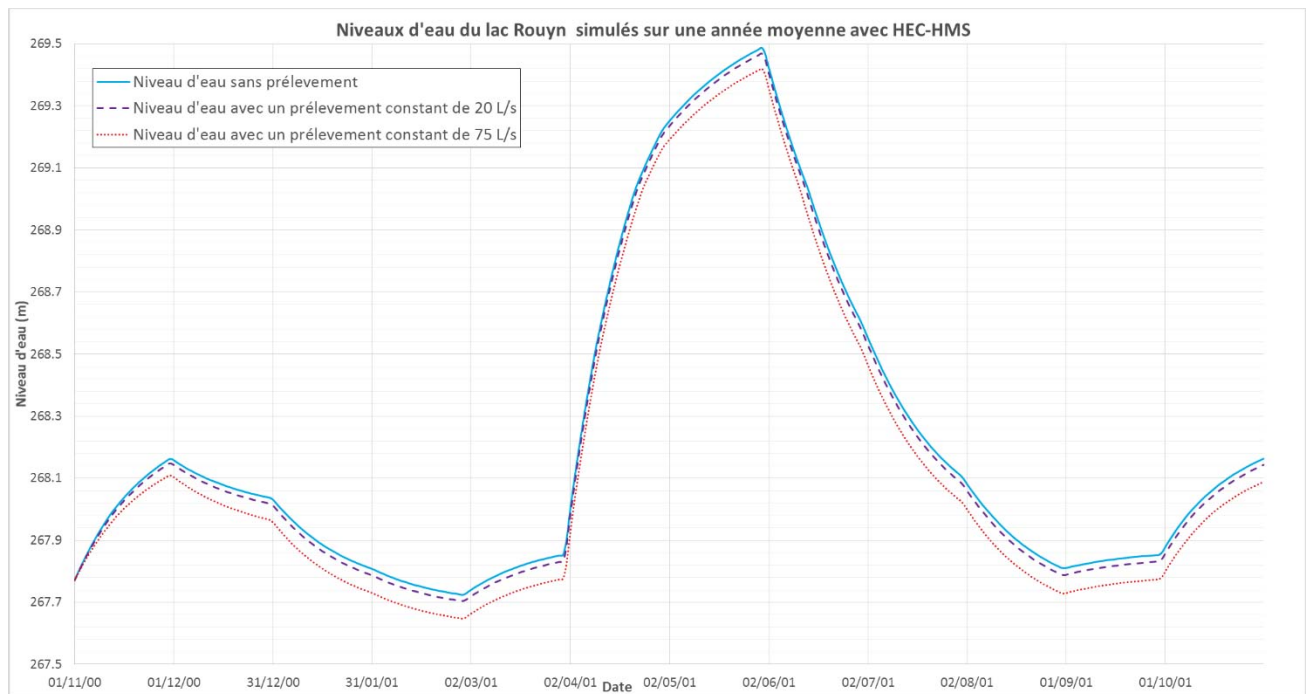
Afin de valider la conformité du projet avec les règlements en vigueur, les niveaux d'eau du lac Rouyn ont été simulés avec le logiciel de modélisation hydrologique HEC-HMS, puis comparés aux niveaux d'eau simulés en tenant compte du prélèvement envisagé (75 L/s). Compte tenu des résultats de la section précédente, le débit maximum possible de prélèvement serait de 20 L/s, une simulation a donc également été effectuée avec cette valeur. Dans les deux cas, il a été supposé que le prélèvement est effectué de manière continue tout au long de l'année.

La Figure 4-4 présente l'évolution des niveaux d'eau simulée avec HEC-HMS pour une année moyenne (débits moyens mensuels moyennés de 1969 à 2016 imposés à l'entrée du modèle). La Figure 4-5 présente quant à elle le résultat de la simulation sur cinq (5) années en continu (débits moyens mensuels de 2011 à 2016 imposés à l'entrée du modèle).

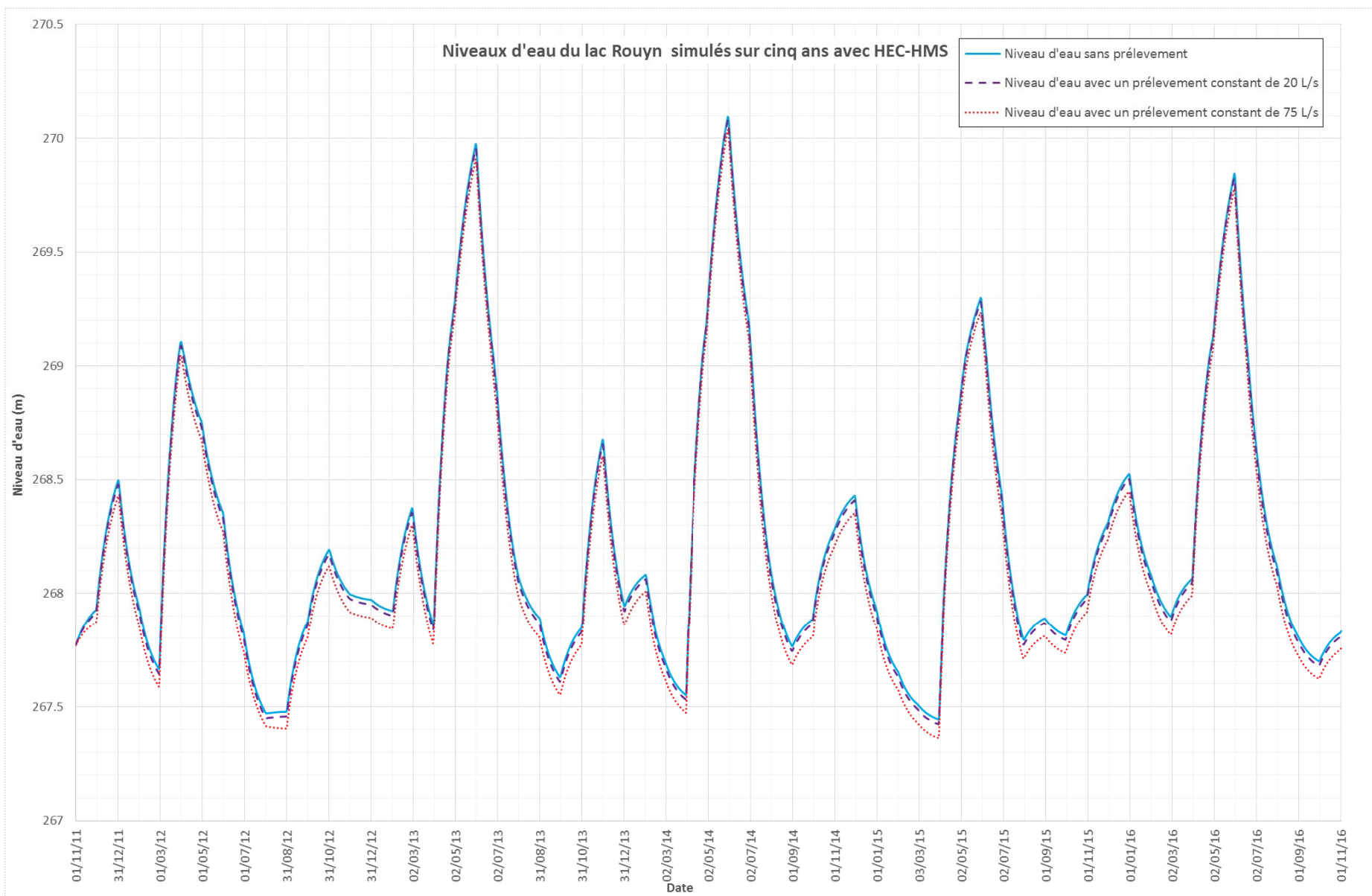
D'après les résultats de ces simulations, il apparaît que le prélèvement d'eau dans le lac Rouyn aura un impact maximal sur les niveaux d'eau durant les mois d'été, notamment en avril, avant la fonte des neiges, et en septembre. Ainsi, avec un prélèvement continu de 75 L/s, une diminution de niveau du lac Rouyn d'au maximum 10 cm est attendue selon la simulation sur cinq (5) ans. Cette diminution est réduite à 3 cm avec un prélèvement de 20 L/s. Du point de vue de la variation de niveau d'eau, un prélèvement de 75 L/s serait donc envisageable.

Cependant, les simulations ont également permis de préciser la diminution de débit attendue à l'exutoire du lac Rouyn. Ainsi, avec un prélèvement continu de 75 L/s, la diminution de débit à l'exutoire dépasse la diminution de 15 % permise par la réglementation. En effet, pour la simulation sur cinq années consécutives, le débit minimal à l'exutoire du lac Rouyn passe de 0,125 m<sup>3</sup>/s à 0,05 m<sup>3</sup>/s, soit une diminution de 60 %, ce qui est très loin de la limite permise. Avec un prélèvement limité à 20 L/s en revanche, le débit minimum à l'exutoire est de 0,11 m<sup>3</sup>/s, ce qui correspond à une diminution de 13 %, soit juste à l'intérieur de la limite permise.

Ces simulations confirment donc les résultats obtenus dans la section précédente quant au débit maximum de prélèvement possible.



**Figure 4-4 Évolution du niveau d'eau au lac Rouyn sur une année moyenne avec HEC-HMS**



**Figure 4-5 Évolution du niveau d'eau au lac Rouyn sur cinq (5) ans avec HEC-HMS**

## 5.0 CONCLUSIONS ET SOLUTIONS POTENTIELLES

Selon l'analyse hydrologique, un débit de 36 m<sup>3</sup>/s (10 L/s) à 72 m<sup>3</sup>/h (20 L/s) représente 15 % du Q<sub>2-7</sub>, soit le débit maximum qui pourrait être prélevé dans le lac Rouyn selon le règlement en vigueur. Par ailleurs, les simulations hydrologiques réalisées avec le logiciel HEC-HMS indiquent que la baisse attendue de niveau dans le lac Rouyn reste en deçà du seuil réglementaire de 15 cm avec un prélèvement continu de 72 m<sup>3</sup>/h (20 L/s).

Cette valeur de prélèvement (72 m<sup>3</sup>/h) est toutefois nettement inférieure au débit de prélèvement envisagé par Falco (187 m<sup>3</sup>/h au début de la phase d'exploitation, puis 270 m<sup>3</sup>/h lorsque le parc à résidus sera fonctionnel). Afin de pouvoir assurer l'approvisionnement en eau nécessaire au projet, différentes options ont donc été envisagées en collaboration avec Falco.

Ainsi, lorsque le parc à résidus miniers sera opérationnel, Falco utilisera de l'eau de contact en provenance du parc à résidus (traitée au besoin) et réduira ainsi le besoin en eau fraîche à environ 72 m<sup>3</sup>/h en moyenne (soit 20 L/s). Cela permettra donc d'utiliser le lac Rouyn comme source d'approvisionnement en eau fraîche sans dépasser sa capacité.

Pour les années de production sans le parc à résidus miniers, la source principale d'approvisionnement en eau fraîche serait toujours le lac Rouyn, dans la limite de sa capacité de 72 m<sup>3</sup>/s (20 L/s). Différentes sources alternatives d'approvisionnement – ou combinaison de ces sources – sont envisagées et actuellement à l'étude pour combler le manque d'eau de 115 m<sup>3</sup>/s en moyenne :

- le manque en eau fraîche pourrait être compensé en utilisant l'eau stockée dans l'ancienne mine Quemont lors du dénoyage, qui serait traitée au besoin par une unité de traitement mobile, et retournée à l'usine de traitement du minerai. Le volume estimé serait d'au moins 1,5 Mm<sup>3</sup>;
- un prélèvement pourrait être effectué dans le bassin Nord-Osisko, sous réserve d'une entente à conclure avec une tierce partie. Cependant, la superficie du bassin versant de ce plan d'eau étant encore plus réduite que celle du lac Rouyn, le prélèvement possible y sera très certainement encore plus limité;
- un prélèvement pourrait également être effectué dans le cours d'eau Dallaire, en utilisant la conduite déjà prévue pour le rejet en phase de préproduction. Cependant, la superficie du bassin versant de ce cours d'eau étant encore plus réduite que celle du lac Rouyn, le prélèvement possible y sera très certainement encore plus limité;
- enfin, un prélèvement pourrait être effectué au lac Routhier sur la rivière Kinojévis, à seulement quelques centaines de mètres de l'exutoire du lac Rouyn, et à moins de trois kilomètres (à vol d'oiseau) du point de prélèvement actuellement envisagé. En effet, le bassin versant de la rivière en ce point est de plus de 2 600 km<sup>2</sup>, ce qui devrait assurer un débit suffisant pour le prélèvement envisagé.

Préparée par :



Elsa Sormain, ing., M. Sc.  
N° OIQ : 5040590

Vérifiée par :



François Groux, ing., Master Génie de l'eau  
N° OIQ : 5037284

