

MINIÈRE OSISKO INC.
PROJET N° : 201-11330-19

PROJET MINIER WINDFALL RAPPORT SECTORIEL – CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James

JANVIER 2023





PROJET MINIER
WINDFALL
RAPPORT SECTORIEL –
CLIMATOLOGIE ET
HYDROLOGIE

MINIÈRE OSISKO INC.

PROJET N° : 201-11330-19
DATE : JANVIER 2023

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

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

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Rénata Boily, C.P.L., M.Sc. (OIQ n° 6030412)
Candidate à la profession d'ingénieur
en hydraulique / gestion de l'eau

20 janvier 2023

Date

RÉVISÉ PAR

20 janvier 2023

Elsa Sormain, ing. M.Sc. (OIQ no 5040590)
Chargée de projet, hydraulique /
gestion de l'eau

Date

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire MINIÈRE OSISKO INC., conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités Générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport ; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de compléter ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, tel qu'indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

WSP nie toute responsabilité financière quant aux effets du rapport sur une transaction subséquente ou sur la dépréciation de la valeur des biens qu'il peut entraîner, ou encore qui peuvent découler des mesures, des actions et des coûts qui en résultent.

Les recommandations de conception fournies dans ce rapport s'appliquent uniquement au projet et aux zones décrites dans le texte, et uniquement si elles sont construites conformément aux détails indiqués dans le présent rapport. Les commentaires fournis dans ce rapport sur les problèmes potentiels pouvant subvenir lors de la construction et sur les différentes méthodologies possibles sont uniquement destinés à guider le concepteur. Le nombre d'emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage peut ne pas être suffisant pour évaluer l'ensemble des facteurs pouvant affecter la construction, les méthodologies et les coûts. WSP nie toute responsabilité pouvant découler de décisions ou actions prises découlant de ce rapport, sauf si WSP en est spécifiquement informé et y participe. Advenant une telle situation, la responsabilité de WSP sera déterminée et convenue à ce moment.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

MINIÈRE OSISKO INC.

Vice-présidente, Environnement et Relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M. A.
Directrice Environnement	Vanessa Millette, géographe, M. Sc. Env.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Chargée de discipline	Elsa Sormain, ing. M. Sc.
Ingénieur de projet / Rédaction	Rénata Boily, CPI, M. Sc.
Relevés terrain	Benoit Chabot Florian Bellance Daphné Poitras Alexandre Paradis
Cartographie	Catherine Paul Christine Thériault
Traitement de texte et édition	Linette Poulin

REPRÉSENTANT DE LA COMMUNAUTÉ CRIE

Relevés terrain	Ronnie Nayassit, membre de la communauté crie de Waswanipi – 2017
-----------------	-------------------------------------------------------------------

Référence à citer :

WSP. 2022. *PROJET MINIER WINDFALL. RAPPORT SECTORIEL – CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE. RAPPORT PRODUIT POUR MINIÈRE OSISKO INC. 53 PAGES ET ANNEXES.*

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
1.1	MISE EN CONTEXTE	1
1.2	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	1
1.3	ZONE D'INVENTAIRE	1
2	CLIMATOLOGIE	5
2.1	MÉTHODOLOGIE	5
2.1.1	DONNÉES DISPONIBLES	5
2.1.2	PLUVIOMÈTRES	6
2.2	RÉSULTATS	6
2.2.1	TEMPÉRATURES	6
2.2.2	PRÉCIPITATIONS	8
2.2.3	INSOLATION	11
2.2.4	VENT	11
3	HYDROLOGIE	14
3.1	CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE D'INVENTAIRE	14
3.2	MÉTHODOLOGIE	17
3.2.1	DONNÉES DISPONIBLES	17
3.2.2	ESTIMATION DES DÉBITS CARACTÉRISTIQUES	22
3.3	RÉSULTATS	25
3.3.1	HYDROMÉTRIE	25
3.3.2	CONDITIONS DE GLACE	32
3.3.3	DÉBITS CARACTÉRISTIQUES	45
4	CONCLUSION	51
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	53

TABLE DES MATIÈRES (suite)

TABLEAUX

TABLEAU 2-1	IDENTIFICATION ET LOCALISATION DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES CONSULTÉES.....	5
TABLEAU 2-2	PRINCIPAUX PARAMÈTRES CLIMATOLOGIQUES MESURÉS AUX STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES CONSULTÉES	6
TABLEAU 2-3	NORMALES MENSUELLES DES TEMPÉRATURES DE L'AIR QUOTIDIENNES MOYENNES, MAXIMALES ET MINIMALES À LA STATION DE LABEL-SUR-QUÉVILLON (ECCC, 2022)	7
TABLEAU 2-4	TEMPÉRATURES DE L'AIR EXTRÊMES ENREGISTRÉES MENSUELLEMENT À LA STATION DE LABEL-SUR-QUÉVILLON (ECCC, 2022)	7
TABLEAU 2-5	NORMALES MENSUELLES DES DEGRÉS-JOURS DE CROISSANCE À LA STATION DE LABEL-SUR-QUÉVILLON (ECCC, 2022)	8
TABLEAU 2-6	NORMALES MENSUELLES DES DEGRÉS-JOURS DE GEL À LA STATION DE LABEL-SUR-QUÉVILLON (ECCC, 2022).....	8
TABLEAU 2-7	NORMALES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS MOYENNES À LA STATION DE LABEL-SUR-QUÉVILLON (ECCC, 2022)	9
TABLEAU 2-8	PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ENREGISTRÉES QUOTIDIENNEMENT À LA STATION DE LABEL-SUR-QUEVILLON (ECCC, 2022).....	10
TABLEAU 2-9	QUANTITÉ DE PRÉCIPITATIONS DES PLUIES DE COURTE DURÉE (MM) SELON LA DURÉE ET LA FRÉQUENCE (GOLDER, 2020)	10
TABLEAU 2-10	VALEURS EXTRÊMES QUOTIDIENNES D'INSOLATION EFFECTIVE À LA STATION D'AMOS (ECCC, 2022)	12
TABLEAU 2-11	VITESSES EXTRÊMES DES VENTS ENREGISTRÉS À LA STATION D'AMOS (ECCC, 2022)	13
TABLEAU 3-1	CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS VERSANTS À L'ÉTUDE	14
TABLEAU 3-2	DESCRIPTION ET NOMENCLATURE DES RELEVÉS HYDROMÉTRIQUES EFFECTUÉS EN 2015, 2016 ET 2021	20

TABLE DES MATIÈRES (suite)

TABLEAU 3-3	STATIONS HYDROMÉTRIQUES	20
TABLEAU 3-4	DÉBITS MOYENS MENSUELS À L'EFFLUENT ACTUEL ET LORS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EN VRAC	21
TABLEAU 3-5	DÉBITS DE CRUE SPÉCIFIQUES POUR LA STATION DES EAUX VOLÉES.....	22
TABLEAU 3-6	DÉBITS DE CRUE SPÉCIFIQUES POUR LE TRONÇON ABIT00491 (CEHQ, 2022).....	23
TABLEAU 3-7	DÉBITS D'ÉTIAGE SPÉCIFIQUES POUR LA STATION DES EAUX VOLÉES.....	24
TABLEAU 3-8	DÉBITS D'ÉTIAGE SPÉCIFIQUES POUR LE TRONÇON ABIT00491 (CEHQ, 2022).....	24
TABLEAU 3-9	ÉQUATIONS D'ESTIMATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE DANS LES RÉGIONS DU NORD QUÉBÉCOIS (MDELCC, 2017)	25
TABLEAU 3-10	DÉBITS MOYENS MENSUELS SPÉCIFIQUES À LA STATION DES EAUX VOLÉES	25
TABLEAU 3-11	JAUGEAGES RÉALISÉS SUR LES COURS D'EAU DES BASSINS VERSANTS CE06B ET CE02 LORS DES CAMPAGNES DE TERRAIN EN 2015, 2016, 2021 ET 2022 (M3/S)	26
TABLEAU 3-12	JAUGEAGES RÉALISÉS SUR LES COURS D'EAU DU BASSIN VERSANT SN2 LORS DES CAMPAGNES DE TERRAIN EN 2021 ET 2022 (M3/S)	26
TABLEAU 3-13	DATES APPROXIMATIVES DE DÉBUT ET FIN DU COUVERT DE GLACE DANS LA ZONE D'INVENTAIRE	32
TABLEAU 3-14	DÉBITS DE CRUE AU POINT P1 AUX PÉRIODES DE RETOUR 2, 10, 25, 50 ET 100 ANS, OBTENUS PAR LA MÉTHODE RATIONNELLE ET PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT.....	46
TABLEAU 3-15	DÉBITS DE CRUE AU POINT P2 AUX PÉRIODES DE RETOUR 2, 10, 25, 50 ET 100 ANS, OBTENUS PAR LA MÉTHODE RATIONNELLE ET PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT.....	46
TABLEAU 3-16	DÉBITS DE CRUE AU POINT P3 AUX PÉRIODES DE RETOUR 2, 10, 25, 50 ET 100 ANS, OBTENUS PAR LA MÉTHODE RATIONNELLE ET PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT.....	46

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

TABLEAU 3-17	DÉBITS DE CRUE AU POINT P3A AUX PÉRIODES DE RETOUR 2, 10, 25, 50 ET 100 ANS, OBTENUS PAR LA MÉTHODE RATIONNELLE ET PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT.....	46
TABLEAU 3-18	DÉBITS D'ÉTIAGE DU POINT P1 OBTENUS PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT ET PAR LA MÉTHODE DE RÉGRESSION LINÉAIRE DU MELCCFP.....	47
TABLEAU 3-19	DÉBITS D'ÉTIAGE AU POINT P2 OBTENUS PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT ET PAR LA MÉTHODE DE RÉGRESSION LINÉAIRE DU MELCCFP.....	47
TABLEAU 3-20	DÉBITS D'ÉTIAGE AU POINT P3 OBTENUS PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT ET PAR LA MÉTHODE DE RÉGRESSION LINÉAIRE DU MELCCFP.....	48
TABLEAU 3-21	DÉBITS D'ÉTIAGE AU POINT P3A OBTENUS PAR TRANSFERT DE BASSIN VERSANT ET PAR LA MÉTHODE DE RÉGRESSION LINÉAIRE DU MELCCFP.....	48
TABLEAU 3-22	DÉBITS MOYENS MENSUELS SPÉCIFIQUES À LA STATION DES EAUX VOLÉES.....	48

TABLE DES MATIÈRES (suite)

FIGURES

FIGURE 2-1	NORMALES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS, EN ÉQUIVALENT EN EAU, À LA STATION DE LEBEL-SUR-QUÉVILLON (PÉRIODE DE 1981 À 2010).....	9
FIGURE 2-2	HISTOGRAMME DE PRÉCIPITATION CUMULÉE MENSUELLE POUR LES ÉTÉS 2016 ET 2021 AUX PLUVIOMÈTRES DE WSP ET ENVIRONNEMENT CANADA	12
FIGURE 3-1	NIVEAUX D'EAU MESURÉS À LA SONDE SO1 ET PRÉCIPITATIONS (2015, 2016 ET 2021).....	27
FIGURE 3-2	NIVEAUX D'EAU MESURÉS À LA SONDE SO2 ET PRÉCIPITATIONS (2015, 2016 ET 2021).....	27
FIGURE 3-3	NIVEAUX D'EAU MESURÉS À LA SONDE SO3, À L'EXUTOIRE DU LAC SN2 ET PRÉCIPITATIONS (2021)	28
FIGURE 3-4	NIVEAUX D'EAU MESURÉS À LA SONDE SO4 ET PRÉCIPITATIONS (2021).....	28
FIGURE 3-5	NIVEAUX D'EAU MESURÉS À LA SONDE SO5 ET PRÉCIPITATIONS (2021).....	29
FIGURE 3-6	RELATION NIVEAU – DÉBIT AU POINT DE CALCUL P1, DANS LE BASSIN VERSANT CE06B	30
FIGURE 3-7	RELATION NIVEAU – DÉBIT AU POINT DE CALCUL P2, DANS LE BASSIN VERSANT CE02	30
FIGURE 3-8	RELATION NIVEAU – DÉBIT AU POINT DE CALCUL P3, À L'EXUTOIRE DU LAC SN2	31
FIGURE 3-9	PROFIL LONGITUDINAL DU COURS D'EAU CE06B.....	33
FIGURE 3-10	PROFIL LONGITUDINAL DU COURS D'EAU CE07	35
FIGURE 3-11	PROFIL LONGITUDINAL DU COURS D'EAU SN2-E1.....	37
FIGURE 3-12	PROFIL LONGITUDINAL DES COURS D'EAU ENTRE LES LACS SN4 ET SN10	39
FIGURE 3-13	PROFIL LONGITUDINAL DES COURS D'EAU CE29 ET SN2-T1	41
FIGURE 3-14	PROFIL LONGITUDINAL DU COURS D'EAU CE23 ET CE24	43
FIGURE 3-15	EXEMPLE DE PHOTOS AÉRIENNES PERMETTANT D'ESTIMER LA DATE DE GEL / DÉGEL DES LACS DE LA ZONE D'INVENTAIRE (SENTINELHUB)	45

TABLE DES MATIÈRES *(suite)*

CARTES

CARTE 1	LOCALISATION DE LA ZONE D'INVENTAIRE	3
CARTE 2	DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS ÉTUDIÉS ET LOCALISATION DES RELEVÉS EFFECTUÉS.....	15

ANNEXES

A	RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE
B	BATHYMÉTRIE DU LAC SN2

1 INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE

En tant que société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux au Canada, Minière Osisko inc. (Osisko) souhaite mettre en exploitation un complexe minier comprenant une mine souterraine, afin d'y extraire de l'or et de procéder à son traitement sur place.

Le projet est situé au nord du 49^e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur des terres de la catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site minier se trouve à environ 270 km de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon (carte 1), une région reconnue pour ses gisements d'or, de cuivre et de zinc.

Le projet est soumis à la procédure provinciale d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 153 du chapitre II de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE; L.R.Q., c. Q 2), qui documente les dispositions applicables à la région de la Baie-James et du Nord québécois, en lien avec la convention du même nom. Le projet n'est pas assujéti à une évaluation environnementale fédérale sous la Loi sur l'évaluation d'impact (L.C., 2019, ch. 28, art. 1) en application du Règlement sur les activités concrètes (art. 18, alinéa c), puisque la production prévue de cette nouvelle mine d'or est de moins de 5 000 tonnes par jour (t/ jour).

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet minier Windfall (le Projet) d'Osisko, l'hydrologie, soit l'étude du cycle de l'eau pouvant influencer les plans et cours d'eau du secteur de la mine, fait partie des composantes pour lesquelles les impacts du projet doivent être analysés. Cette composante se retrouve dans la Directive émise par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)¹, pour le projet (MELCC, 2022).

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

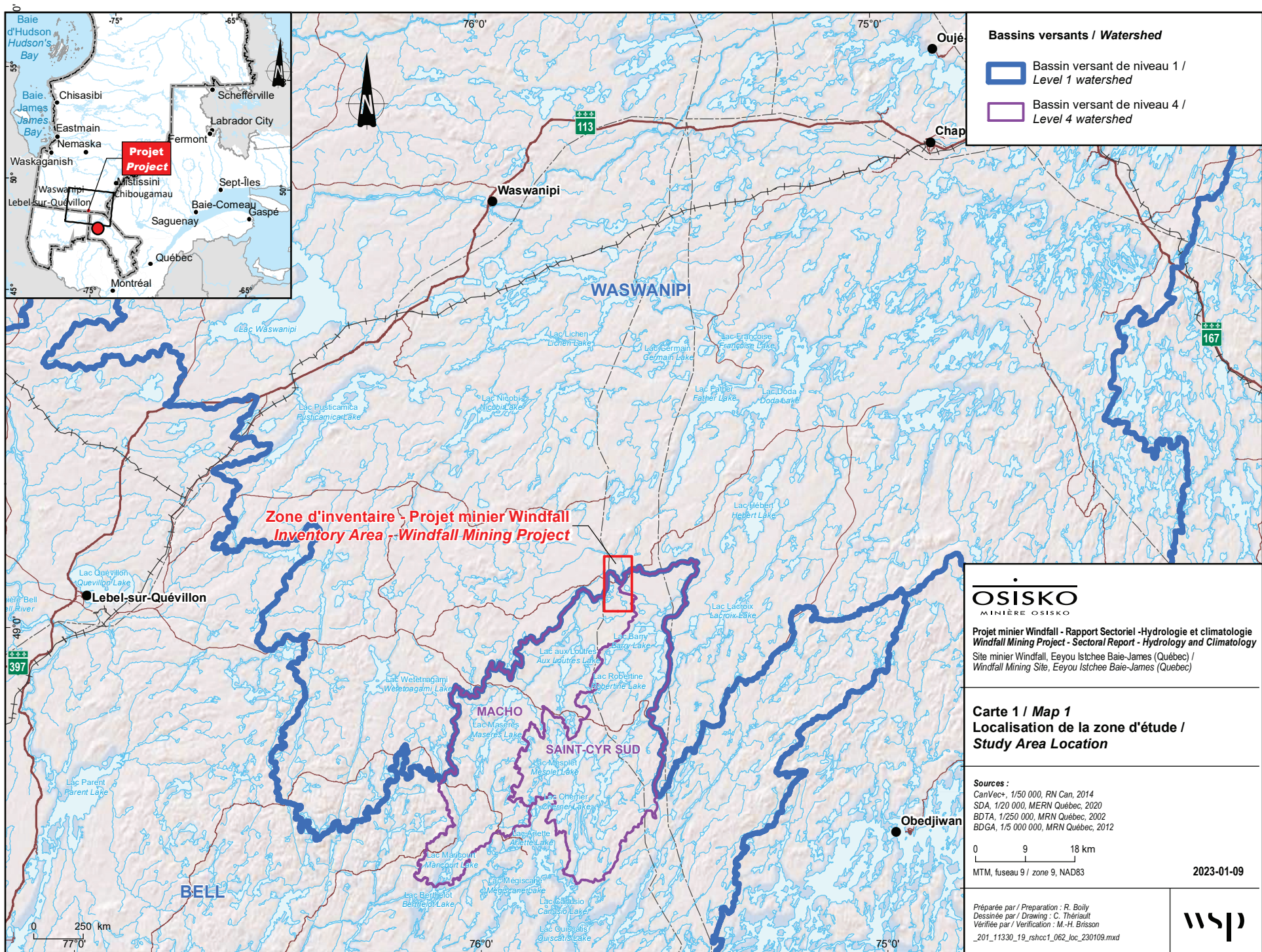
L'objectif principal du présent rapport sectoriel est de documenter l'état de référence hydrologique sommaire des cours d'eau susceptibles d'être affectés par le projet minier Windfall et d'établir les caractéristiques du climat régional. Certaines données climatiques, notamment les précipitations, sont des intrants directs à la caractérisation hydrologique des cours d'eau de la zone d'étude. Les objectifs spécifiques de l'étude 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 au site de la mine;
 - présenter 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 des campagnes de relevés de terrain.
-

1.3 ZONE D'INVENTAIRE

La zone d'inventaire retenue pour documenter l'état de référence hydrologique est présentée à la carte 1.

¹ Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) depuis octobre 2022.



Bassins versants / Watershed

- Bassin versant de niveau 1 / Level 1 watershed
- Bassin versant de niveau 4 / Level 4 watershed

OSISKO
MINIÈRE OSISKO

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Hydrologie et climatologie
Windfall Mining Project - Sectoral Report - Hydrology and Climatology

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 1 / Map 1
Localisation de la zone d'étude /
Study Area Location

Sources :
 CanVect+, 1/50 000, RN Can, 2014
 SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
 BD TA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
 BDGA, 1/5 000 000, MRN Québec, 2012

0 9 18 km

MTM, fuseau 9 / zone 9, NAD83

2023-01-09

Préparée par / Preparation : R. Boily
 Dessinée par / Drawing : C. Thériault
 Vérifiée par / Verification : M.-H. Brnsson
 _201_11330_19_rshcc1_062_loc_230109.mxd

wsp

2 CLIMATOLOGIE

Le site du projet minier Windfall est situé à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon et s'étend sur la région administrative du Nord-du-Québec. Le climat de la région est de type continental humide, caractérisé par un été chaud et légèrement humide et un hiver froid et long. L'amplitude thermique typique de ce climat est de 30 degrés Celsius (°C) et les précipitations totales sont d'environ 900 mm (Gouvernement du Québec, 2017).

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 et en 2021, ainsi que sur la note technique des paramètres climatiques à utiliser pour le PEA (Golder, 2020).

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 1981-2010 publiées par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). Ces données sont analysées sur une période de 30 ans et sont mises à jour chaque décennie. Outre les moyennes et les totaux mensuels, les épisodes extrêmes de certains paramètres, y compris les températures minimales et maximales quotidiennes, les quantités de pluie, de neige et de précipitations totales quotidiennes et les dates d'occurrence, sont compilés et fournis avec les normales pour ces paramètres. Les épisodes extrêmes sont compilés à partir de la période complète d'enregistrement pour chaque endroit et ne se limitent pas qu'à la période des normales de 1981 à 2010 (ECCC, 2022).

Une recherche des stations météorologiques voisines de la zone d'inventaire 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. Le tableau 2-1 présente les caractéristiques des stations météorologiques retenues pour cette analyse.

Tableau 2-1 Identification et localisation des stations météorologiques consultées

Station	Id	Lat.	Long.	Altitude (m)	Distance au site (km)	Période d'enregistrement
Lebel-sur-Quévillon	7094275	49,05	-76,97	304,5	95	1967-2004
Rapide-des-Cèdres	7096375	49,02	-77,07	279,5	103	1963-1979
La Morandière	7094026	48,62	-77,62	296,9	150	1963-2004
Amos	7090120	48,57	-78,13	310,0	190	1913-2000
Lac Berry	709CEE9	48,80	-78,28	305,0	194	1973-2017

Parmi les cinq stations sélectionnées, les normales et moyennes climatiques ont été estimées par ECCC pour seulement trois d'entre elles (Lebel-sur-Quévillon, Amos et Lac Berry). Étant donné sa proximité au site à l'étude et sa période d'enregistrement, la station météorologique de Lebel-sur-Quévillon (active de 1967 à 2004) a été utilisée pour estimer la température, les nombres de degrés-jours de croissance et de gel ainsi que les précipitations solides et liquides susceptibles d'être observées dans le secteur du projet minier Windfall. Cette station est située à environ 95 km du projet. Notons que cette station fournit des données jusqu'en 2004 seulement, les moyennes et les totaux mensuels pour la période 1981-2010 générés par ECCC ne prennent en compte en réalité que les années 1981 à 2004. Le tableau 2-2 résume les paramètres climatologiques disponibles sur les registres d'ECCC pour chaque station identifiée.

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

Station	Température	Degrés-jours	Pluie	Neige	IDF*	Vent	Insolation
Lebel-sur-Quévillon	x	x	x	x			
Rapide-des-Cèdres	x	x	x	x			
La Morandière	x	x	x	x			
Amos	x	x	x	x	x	x	x
Lac Berry	x	x	x	x			

* Intensité, durée et fréquence (IDF).

La station d'Amos (active de 1913 à 2000) est la station la plus proche de la zone d'inventaire possédant des données de vent et d'insolation. Cette dernière est située à environ 190 km du secteur du projet minier Windfall. Elle a donc été sélectionnée pour l'étude de ces derniers paramètres. Les courbes IDF ont été tirées de la note technique produite par Golder en 2020 concernant la climatologie au site à l'étude. Il s'agit d'une moyenne des courbes IDF des stations d'Amos et de Chapais, étant donné que le site se trouve approximativement entre les deux stations.

2.1.2 PLUVIOMÈTRES

Trois pluviomètres de type RainLog (fabriqué par la compagnie RainWise Inc.) ont été installés au site du projet. Les enregistrements ont été suivis pour un des pluviomètres de mai à octobre 2016 et les deux autres ont été suivis de juin à octobre 2021. Ce type de pluviomètre à bascule enregistre chaque incrément de précipitations liquides de 0,25 mm. Les données pluviométriques enregistrées par les pluviomètres ont été comparées aux données pluviométriques enregistrées par la station d'ECCC no 709CEE9 (lac Berry) aux fins de validation. Étant donné la distance de cette station avec le site du projet minier Windfall (194 km), seules les précipitations mensuelles ont été comparées.

2.2 RÉSULTATS

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 sur le site du projet minier Windfall.

2.2.1.1 MOYENNES DES TEMPÉRATURES

Les normales des températures de l'air quotidiennes moyennes, maximales et minimales de la station de Lebel-sur-Quévillon sont présentées au tableau 2-3.

Tableau 2-3 Normales mensuelles des températures de l'air quotidiennes moyennes, maximales et minimales à la station de Lebel-sur-Quévillon (ECCC, 2022)

Mois	Moyenne	Écart-type	Maximale	Minimale
Janvier	-17,9	3,6	-12,1	-23,6
Février	-15,6	3,2	-9,3	-21,9
Mars	-8,7	2,4	-2,3	-15,0
Avril	0,6	2,5	6,4	-5,2
Mai	8,4	1,9	14,6	2,1
Juin	14,5	1,6	20,8	8,1
Juillet	17,2	1,0	23,1	11,4
Août	15,8	1,5	21,3	10,2
Septembre	10,6	1,3	15,3	6,0
Octobre	4,2	1,7	7,9	0,4
Novembre	-4,1	2,2	-0,7	-7,4
Décembre	-12,7	3,8	-8,1	-17,4
Annuel :	1,0	0,9	6,4	-4,4

Le mois de janvier est le plus froid avec une température moyenne de -17,9 °C. Le mois de juillet est le plus chaud, avec une température moyenne de 17,2 °C.

2.2.1.2 EXTRÊMES DE TEMPÉRATURES MAXIMALES ET MINIMALES

Le tableau 2-4 présente les températures de l'air extrêmes enregistrées mensuellement à la station de Lebel-sur-Quévillon.

Tableau 2-4 Températures de l'air extrêmes enregistrées mensuellement à la station de Lebel-sur-Quévillon (ECCC, 2022)

Mois	Maximum extrême (°C)	Date (aaaa/jj)	Minimum extrême (°c)	Date (aaaa/jj)
Janvier	10,5	1995/14	-43,0	1981/03
Février	10,0	1994/19	-42,2	1979/14
Mars	16,5	1987/23	-40,0	1989/07
Avril	28,0	1986/28	-26,7	1967/04
Mai	32,2	1977/23	-13,9	1974/05
Juin	33,5	1994/16	-3,9	1972/11
Juillet	34,4	1969/15	-1,7	1978/14
Août	33,9	1970/10	-2,0	1982/28
Septembre	31,1	1971/02	-7,8	1976/21
Octobre	26,1	1970/09	-13,5	1981/22
Novembre	15,0	1977/03	-28,9	1978/27
Décembre	13,0	1982/03	-40,0	1993/27

Les températures records ayant été enregistrées à cette station sont de -43,0 °C en janvier 1981 et de 34,4 °C en juillet 1969. Le spectre de variation des températures de l'air est donc très large.

2.2.1.3 DEGRÉS-JOURS DE CROISSANCE ET DEGRÉS-JOURS DE GEL

Les normales mensuelles des degrés-jours de croissance à la station météorologique Lebel-sur-Quévillon sont présentées au tableau 2-5. Pour sa part, 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 °C) à cette station est de 2 305,4 tandis que le nombre de degrés-jours de gel (< 0 °C) est de 1 903,6.

Tableau 2-5 Normales mensuelles des degrés-jours de croissance à la station de Lebel-sur-Quévillon (ECCC, 2022)

Mois	Degrés-jours					
	> 24 °C	> 18 °C	> 15 °C	> 10 °C	> 5 °C	> 0 °C
Janvier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Février	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
Mars	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	15,1
Avril	0,0	0,2	1,1	5,9	24,9	82,4
Mai	0,0	3,0	10,1	45,5	129,1	262,3
Juin	0,5	20,1	50,4	146,7	284,3	434,0
Juillet	1,0	35,0	87,8	224,9	379,5	534,5
Août	0,2	23,7	65,4	182,8	334,2	489,2
Septembre	0,0	3,9	15,1	65,9	173,9	319,3
Octobre	0,0	0,0	0,8	8,9	45,2	140,4
Novembre	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	22,7
Décembre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,2
Annuel :	1,8	85,8	230,7	680,5	1 375,8	2 305,4

Tableau 2-6 Normales mensuelles des degrés-jours de gel à la station de Lebel-sur-Quévillon (ECCC, 2022)

Mois	Degrés-jours				
	< 0 °C	< 5 °C	< 10 °C	< 15 °C	< 18 °C
Janvier	554,1	708,8	863,8	1 018,8	1 111,8
Février	444,4	582,4	723,5	864,7	949,4
Mars	283,7	425,5	578,6	733,6	826,6
Avril	65,3	157,8	288,8	434,0	523,2
Mai	2,7	24,5	95,9	215,5	301,3
Juin	0,0	0,3	12,7	66,4	126,1
Juillet	0,0	0,0	0,4	18,3	58,6
Août	0,0	0,1	3,7	41,3	92,5
Septembre	0,0	4,7	46,6	145,8	224,6
Octobre	11,3	71,2	189,9	336,8	429,0
Novembre	145,3	275,1	422,6	572,6	662,6
Décembre	396,9	549,8	704,7	859,7	952,7
Annuel :	1 903,6	2 800,2	3 931,1	5 307,4	6 258,3

2.2.2 PRÉCIPITATIONS

2.2.2.1 PRÉCIPITATIONS MENSUELLES

La synthèse des normales de précipitations (pluie et neige) enregistrées à la station météorologique de Lebel-sur-Quévillon 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 226,2 cm alors que les précipitations pluviométriques sont de 702,3 mm annuellement. La précipitation moyenne annuelle totale est de 927,8 mm.

Les précipitations liquides tombent essentiellement entre avril et novembre. Le mois le plus pluvieux est le mois de juillet avec une moyenne de 120,6 mm de pluie. Les précipitations solides significatives débutent en octobre et sont plus importantes en décembre, avec une moyenne de 52,3 cm de neige. Des chutes de neige peuvent être observées jusqu'au mois de mai, mais sont significatives jusqu'au mois d'avril.

Tableau 2-7 Normales mensuelles des précipitations moyennes à la station de Lebel-sur-Quévillon (ECCC, 2022)

Mois	Chute de pluie (mm)	Chute de neige (cm)	Précipitations totales (mm)
Janvier	2,3	50,2	52,4
Février	2,6	26,2	28,8
Mars	11,8	31,2	43,0
Avril	38,8	18,6	56,6
Mai	78,5	2,9	81,3
Juin	94,1	0,0	94,1
Juillet	120,6	0,0	120,6
Août	103,0	0,0	103,0
Septembre	115,5	0,3	115,8
Octobre	87,8	7,7	95,5
Novembre	39,9	36,9	76,7
Décembre	7,5	52,3	59,8
Annuel :	702,3	226,2	927,8

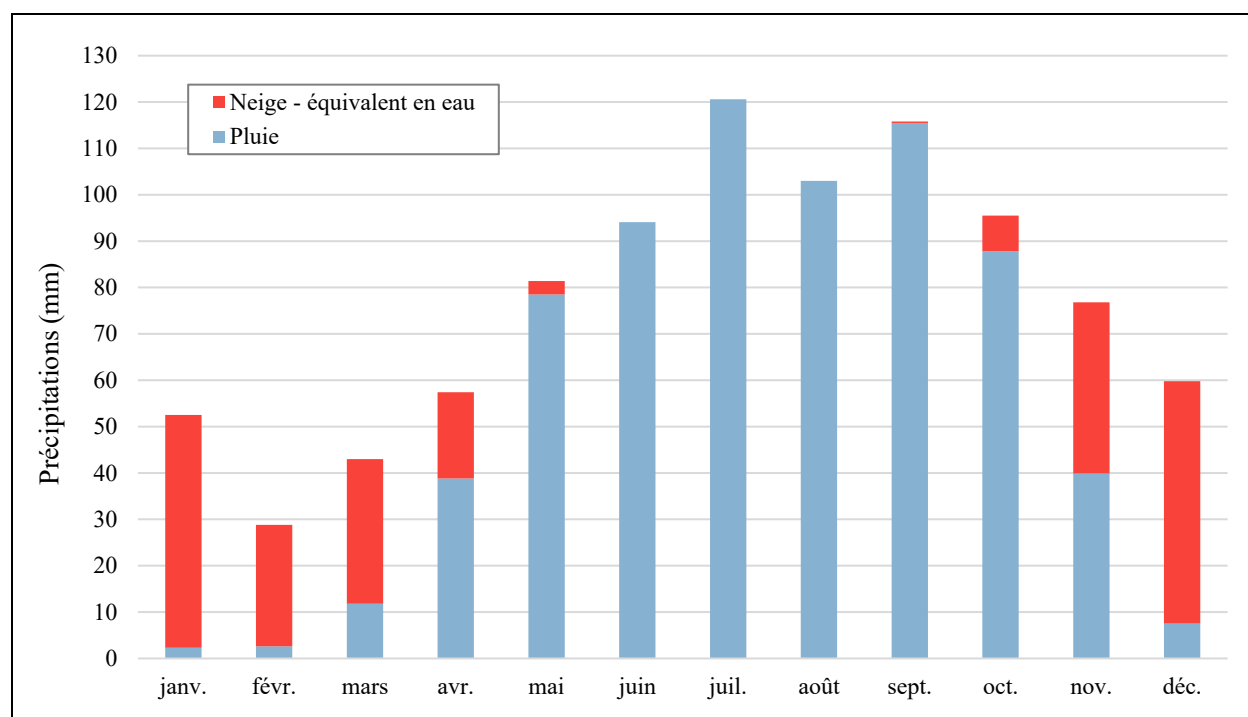


Figure 2-1 Normales mensuelles des précipitations, en équivalent en eau, à la station de Lebel-sur-Quévillon (période de 1981 à 2010)

2.2.2.2 PRÉCIPITATIONS QUOTIDIENNES

Le tableau 2-8 présente les valeurs de précipitations extrêmes quotidiennes de pluie, de neige et totales pour la station de Lebel-sur-Quévillon. Les couverts de neige maximaux sont également présentés.

Tableau 2-8 Précipitations extrêmes enregistrées quotidiennement à la station de Lebel-Sur-Quevillon (ECCC, 2022)

Mois	Pluie (mm)	Date (aaaa/jj)	Neige (cm)	Date (aaaa/jj)	Précipitations totales (mm)	Date (aaaa/jj)	Couverture maximale de neige (cm)	Date (aaaa/jj)
Janvier	22,9	1995/14	30,5	1978/09	30,5	1978/09	82	1997/25
Février	7,8	1981/23	20,6	1995/15	20,6	1995/15	95	1990/17
Mars	12,7	1973/11	23,2	1989/14	23,4	1992/09	95	1997/27
Avril	33,6	1981/04	14,0	1986/21	33,6	1981/04	83	1997/01
Mai	34,4	1986/01	12,4	1967/16	46,4	1986/01	12	1986/02
Juin	50,8	1971/20	3,0	1980/09	50,8	1971/20	0	1981/01
Juillet	52,0	1991/16	0,0	1967/01	52,0	1991/16	0	1981/01
Août	51,0	1988/14	0,0	1967/01	51,0	1988/14	0	1980/01
Septembre	58,4	1978/02	2,6	1992/29	58,4	1978/02	0	1980/01
Octobre	43,0	1989/20	39,9	1979/14	78,5	1979/14	17	1993/10
Novembre	43,2	1974/03	17,8	1976/27	43,2	1974/03	35	1980/17
Décembre	20,3	1977/01	22,9	1976/20	22,9	1976/20	45	1980/24

Les précipitations extrêmes quotidiennes de pluie et de neige sont respectivement de 58,4 mm de pluie enregistrés le 2 septembre 1978, et de 39,9 cm de neige enregistrés le 14 octobre 1979. Le couvert de neige au sol a atteint un record de 95 cm les 17 février 1990 et 27 mars 1997. Pour les précipitations sous forme de pluie, il a été possible 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 123 jours, 46 jours, 23 jours et 3 jours. Quant aux précipitations de neige, le nombre de journées avec une chute d'au moins 0,2 cm, 5 cm, 10 cm et 25 cm est en moyenne respectivement de 71 jours, 14 jours, 4 jours et 0 jour.

2.2.2.3 INTENSITÉ DE PRÉCIPITATIONS

Les données sur l'intensité, la durée et la fréquence (IDF) des chutes de pluie de courte durée ont été tirées de la note technique portant sur les paramètres climatiques produite par Golder en 2020. Les courbes IDF utilisées ont été déterminées à partir d'une moyenne des courbes IDF provenant des stations d'Amos (7090120) et de Chibougamau-Chapais (1091404) (Golder, 2020). Ces données ont été utilisées dans le cadre de l'analyse hydrologique pour calculer le débit de pointe par la méthode rationnelle. Les résultats sont présentés au tableau 2-9.

Tableau 2-9 Quantité de précipitations des pluies de courte durée (mm) selon la durée et la fréquence (Golder, 2020)

Durée	Période de retour (années)				
	2	10	25	50	100
5 min	6,5	10,5	12,5	14,0	15,4
10 min	9,6	15,5	18,5	20,8	23,0
15 min	11,7	18,5	21,9	24,5	27,0
30 min	15,4	24,0	28,3	31,5	34,7
60 min	19,6	31,6	37,7	42,1	46,6
2 h	24,5	39,6	47,2	52,9	58,5
6 h	33,6	53,8	64,0	71,5	79,0
12 h	39,8	61,1	71,8	79,0	87,6
24 h	47,0	74,0	87,6	87,6	107,8

2.2.2.4 PRÉCIPITATIONS DANS LA ZONE D'INVENTAIRE AUX ÉTÉS 2016 ET 2021

Les données pluviométriques enregistrées par les pluviomètres installés au site de la mine de juin à octobre 2016 et 2021 par WSP ont été comparées aux données pluviométriques de la station la plus proche des sites à l'étude ayant des données pour les mêmes périodes d'enregistrement. La station d'ECCC sélectionnée pour cette comparaison est la station n° 709CEE9 (Lac Berry) dont les données enregistrées s'étendent de 1973 à 2022. Cependant, la station du Lac Berry est située à environ 200 km du site du projet minier Windfall. La précipitation journalière risque donc d'être peu ou pas corrélée entre la station d'ECCC et les sites à l'étude. Pour cette raison, les précipitations cumulées mensuellement ont été utilisées (plutôt que les données journalières) pour comparer les hyétogrammes mesurés par WSP et ECCC.

En 2016, les précipitations mensuelles enregistrées par le pluviomètre au site sont similaires à celles du pluviomètre d'ECCC pour les mois de juin, d'août et d'octobre. Une différence d'environ 30 mm est toutefois observable entre les pluviomètres au mois de juillet. De plus, les pluviomètres présentent une différence notable d'environ 75 mm au mois de septembre. La station d'ECCC étant plus au sud et relativement éloignée du site du projet minier Windfall, il se peut que les précipitations de septembre enregistrées par ECCC ne soient pas passées au-dessus du site, ou que ces précipitations étaient solides lors de leur passage dans le secteur étudié. Lors du retrait du matériel en 2016, le pluviomètre au site était toutefois partiellement gelé et son réceptacle était rempli de neige.

En 2021, la somme des précipitations des mois d'août et septembre mesurées par le pluviomètre de WSP est très près de celle enregistrée par ECCC. Une différence d'environ 20 mm est observable pour les mois de juin et juillet et de près de 30 mm pour le mois d'octobre. De façon générale, le pluviomètre installé sur le site a enregistré plus de précipitations que la station d'ECCC aux mois de juin et juillet, et une plus faible quantité mensuelle pour les mois d'août, septembre et octobre.

La Figure 2-2 présente les histogrammes de précipitation cumulée mensuelle pour l'été 2016 et l'été 2021 aux pluviomètres installés par WSP et à celui d'ECCC. Un total de 311,1 mm de pluie a été enregistré sur le site entre le 1^{er} juin et le 25 octobre 2016 et de 408,6 mm entre le 3 juin et le 21 octobre 2021. La somme des normales mensuelles des précipitations moyennes à la station de Lebel-sur-Quévillon (tableau 2-7) pour cette période est de 521 mm. La pluviométrie des étés 2016 et 2021 est ainsi inférieure aux normales climatiques établies par ECCC pour la période 1981 - 2010.

2.2.3 INSOLATION

Les normales d'insolation effectives (durée d'ensoleillement journalière) ont été compilées à partir des données de la station d'Amos. Le tableau 2-10 présente les valeurs extrêmes quotidiennes d'insolation, en heures. Le maximum d'insolation effective observée est de 15,5 h, le 30 juin 1978.

2.2.4 VENT

Les données de vent ont été enregistrées à la station d'Amos. 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 (ECCC, 2022). Le tableau 2-11 présente les vitesses extrêmes du vent (pointes journalières) ainsi que la provenance dominante. Les vents extrêmes atteignent des vitesses de l'ordre de 50 km/h. Ces vents proviennent très majoritairement du sud-ouest.

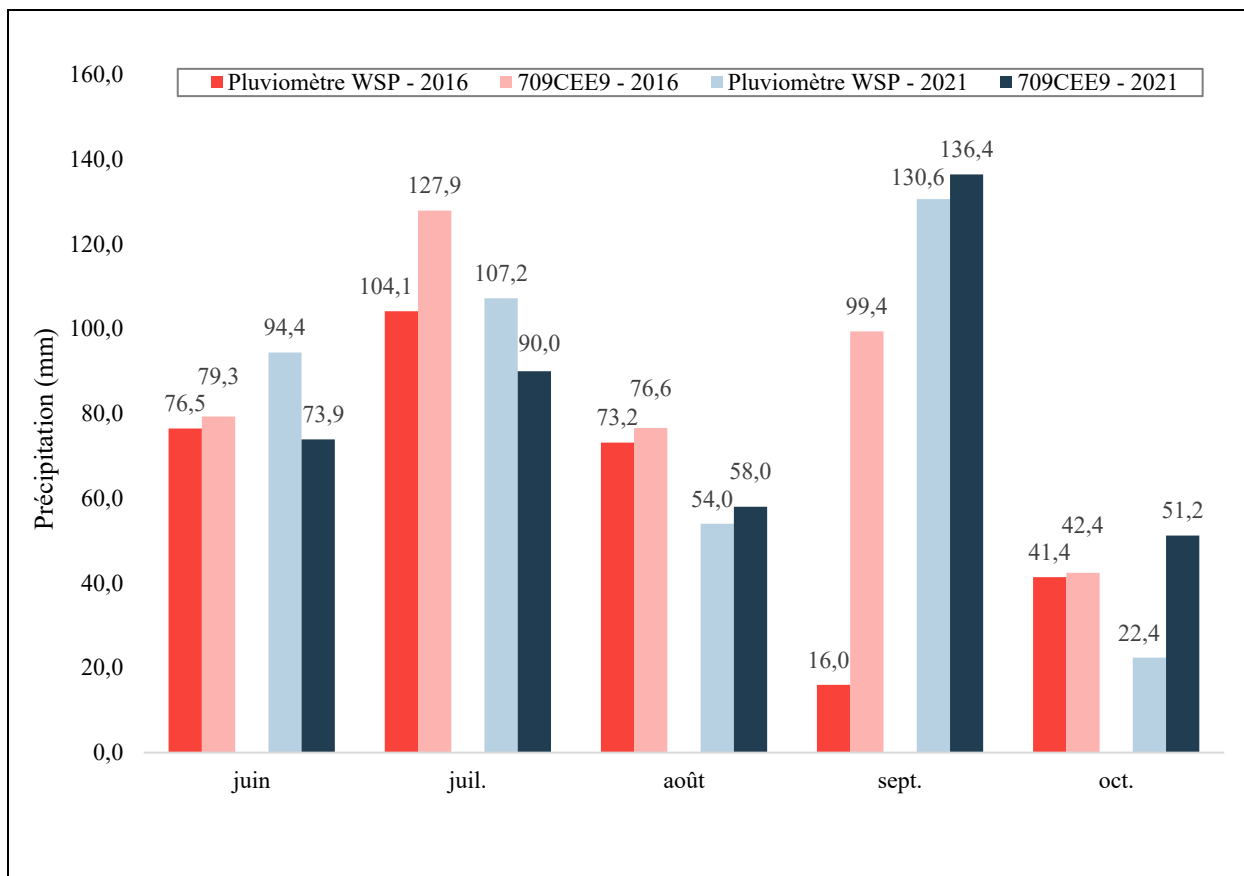


Figure 2-2 Histogramme de précipitation cumulée mensuelle pour les étés 2016 et 2021 aux pluviomètres de WSP et Environnement Canada

Tableau 2-10 Valeurs extrêmes quotidiennes d'insolation effective à la station d'Amos (ECCC, 2022)

Mois	Insolation maximale mesurée (h)	Dates (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	15,5	1978/30
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

Tableau 2-11 Vitesses extrêmes des vents enregistrés à la station d'Amos (ECCC, 2022)

Mois	Vitesse (km/h)	Dates (aaaa/jj)	Direction de la vitesse extrême du vent
Janvier	50,0	1975/12	SO
Février	40,0	1971/06	SO
Mars	45,0	1974/04	SO
Avril	48,0	1973/17	SO
Mai	42,0	1971/15	SO
Juin	43,0	1985/23	SO
Juillet	37,0	1982/07	SO
Août	37,0	1974/31	SO
Septembre	50,0	1970/10	SO
Octobre	47,0	1971/28	SO
Novembre	42,0	1971/05	SE
Décembre	47,0	1971/11	SO

3 HYDROLOGIE

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 Windfall, et aussi de présenter les données des campagnes de terrain et de les comparer aux résultats des calculs hydrologiques.

3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE D'INVENTAIRE

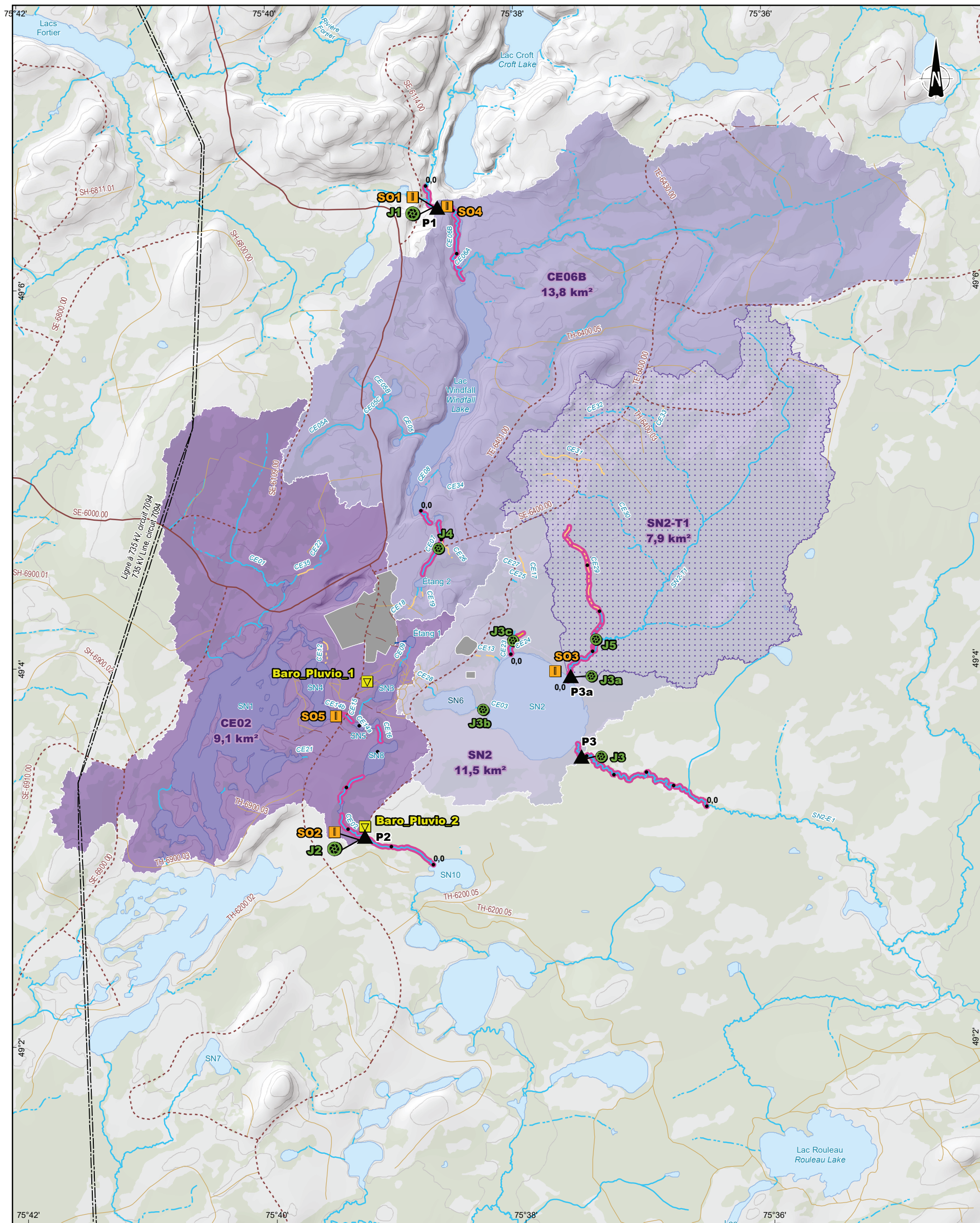
De nombreux lacs et cours d'eau sont situés dans la zone d'étude du site minier (carte 2). Les trois principaux plans d'eau étudiés sont les cours d'eau CE02, CE06B et le lac SN2, qui ne font pas partie du même bassin versant, comme défini par les *Bassins hydrographiques multiéchelles du Québec* (CEHQ, 2018). Le cours d'eau CE06B (au nord) fait partie du bassin versant de la rivière Waswanipi (niveau 2), qui s'écoule vers le lac Matagami via la rivière Waswanipi, puis vers la baie de Rupert. Le cours d'eau CE02 (au sud) et le lac SN2 font quant à eux partie du bassin versant de la rivière Bell (niveau 2), qui se draine également vers le lac Matagami, mais par la rivière Bell. Plus spécifiquement, selon les bassins versants de niveau 4, le cours d'eau CE02 fait partie du bassin versant de la rivière Macho et le lac SN2 fait partie du bassin versant de la rivière Saint-Cyr Sud. Ils drainent des bassins versants majoritairement boisés dont la pente moyenne est plutôt faible pour les bassins des cours d'eau CE02 et SN2 et un peu plus forte pour le CE06B.

Le bassin versant CE02 est caractérisé par son pourcentage de lac assez élevé qui correspond à 21 % de sa superficie totale. Le bassin versant du lac SN2 est plus marécageux que le précédent, avec un pourcentage de milieux humides de 31 %, en plus des lacs qui représentent 8 % de la superficie du bassin. Certaines installations minières sont déjà présentes dans les bassins versants (principalement dans le bassin du CE02). Ces installations ont été construites dans le cadre des activités d'exploration et d'échantillonnage en vrac de la mine.

Les bassins versants des cours d'eau CE06B, CE02 et SN2, au droit des sondes à niveaux installées, sont présentés à la carte 2, et les caractéristiques de ces bassins sont présentées au tableau 3-1. À noter que pour délimiter ces bassins, il a été considéré que le site est développé dans les conditions de l'échantillonnage en vrac, qui est la période de référence pour l'étude d'impact. Le site minier (superficie dont l'eau est collectée et dirigée vers l'UTE pour rejet à l'effluent dans l'Étang 1) a alors une superficie de 0,38 km².







Tableau 3-1 Caractéristiques des bassins versants à l'étude

Caractéristiques	BV CE06B	BV CE02	BV SN2	BV SN2-T1
Superficie (km ²)	13,80	9,10	11,49	7,88
Superficie des lacs (km ²)	0,50	1,51	0,83	0,00
Superficie des zones humides (km ²)	0,73	0,53	3,33	3,00
Superficie des zones boisées (km ²)	12,56	7,06	7,33	4,88
Longueur du cours d'eau (km)	6,34	8,51	6,22	6,16
Coefficient de ruissellement (-)	0,20	0,28	0,22	0,14
Pente moyenne du bassin versant (%)	3,31	1,24	1,82	1,87







Hydrologie - Climatologie / Hydrology - Climatology


Relevés terrains / Field survey

-  Pluviomètre / Rain gauge
-  Point de calcul / Calculation point
-  Jaugeage / Flow measurement
-  Sonde à niveau / Level logger
-  Point kilométrique (0,5 km)
-  Ligne d'eau / Water level line







Bassins versants / Watershed

-  Bassin versant SN2-T1 / SN2-T1 watershed
-  Bassin versant SN2 / SN2 watershed
-  Bassin versant CE02 / CE02 watershed
-  Bassin versant CE06B / CE06B watershed








Végétation / Vegetation

-  Milieu humide / Wetland

Infrastructures / Infrastructures

-  Ligne de transport d'énergie électrique / Electric power transmission line
-  Infrastructures minières / Mining infrastructures
- Routes / Roads
-  Route forestière secondaire / Secondary forest road
-  Route forestière tertiaire / Tertiary forest road
-  Sentier / Trail
-  Chemin d'hiver / Winter road

Hydrographie / Hydrography

-  Cours d'eau permanent / Permanent watercourse
-  Cours d'eau permanent partiellement souterrain / Partially underground permanent watercourse
-  Cours d'eau intermittent / Intermittent watercourse
-  Cours d'eau intermittent partiellement souterrain / Partially underground intermittent watercourse
-  Cours d'eau souterrain / Underground watercourse
-  Fossé de drainage / Drainage ditch
-  Canal / Canal



Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Hydrologie et climatologie /
Windfall Mining Project - Sectoral Report - Hydrology and Climatology
Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2 / Map 2
Limites des bassins versants et localisation
des relevés / Watershed Delimitations and
Survey Locations

Sources :
CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2014
MERN, AQRéseau+, réseau routier, 2020

0 380 760 m
MTM, Fuseau 9 / Zone 9, NAD83

2022-12-14

Préparée par / Preparation : R. Boily
Dessinée par / Drawing : C. Thériault
Vérfiée par / Verification : M.-H. Brisson
_201_11330_19_rshcc_2_063_BV_relevés_221214.mxd



3.2 MÉTHODOLOGIE

3.2.1 DONNÉES DISPONIBLES

3.2.1.1 CAMPAGNES DE RELEVÉS

Des campagnes de relevés ont eu lieu sur cinq années (2015, 2016, 2017, 2021 et 2022) dans le secteur du projet en vue de caractériser le plus globalement possible le réseau hydrique du site qui sera affecté par le projet. La carte 2 montre les relevés qui ont été réalisés sur le site et le tableau 3-2 présente une description détaillée de ces relevés hydrométriques. L'annexe A présente un répertoire des photos prises aux sites d'intérêt lors des différentes campagnes de relevés.

2015

Une série de campagnes de relevés de terrain a été programmée en 2015 pour caractériser les cours d'eau susceptibles d'être affectés par le projet minier Windfall. La première campagne a été réalisée la dernière semaine d'octobre 2015. Les travaux suivants ont été réalisés au cours de cette visite :

- installation des sondes de mesure de niveau d'eau SO1 et SO2 aux points P1 (nord) et P2 (sud);
- installation d'un baromètre et d'un pluviomètre sur le site;
- jaugeage du débit des cours d'eau au droit des sondes installées (J1 et J2);
- géoréférencement des sondes installées au GPS-RTK;
- mesure du niveau de l'eau au GPS-RTK à chaque site (vis-à-vis de la sonde).

La seconde campagne a été réalisée un mois plus tard, durant la dernière semaine de novembre 2015, pour effectuer des jaugeages supplémentaires et récupérer les équipements avant la période de gel hivernal. 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;
- relevés topographiques et bathymétriques sur le site.

2016

Étant donné la courte période de mesures disponible en 2015 (un mois), il a été décidé d'effectuer une seconde campagne de relevés de terrain en 2016. La première prise de mesures s'est déroulée dans la semaine du 29 mai 2016. Les travaux suivants ont été effectués au cours de cette visite :

- installation des sondes de mesure de niveau d'eau au même endroit qu'en 2015 (SO1 et SO2);
- installation d'un pluviomètre et d'un baromètre;
- jaugeage des cours d'eau au droit des sondes installées (J1 et J2);

- géoréférencement des sondes installées au GPS-RTK;
- mesure du niveau de l'eau au GPS-RTK à chaque site (vis-à-vis de la sonde).

La seconde campagne de mesure de 2016 a été réalisée dans la semaine du 23 octobre. Les travaux suivants ont été réalisés :

- retrait des sondes installées sur les sites de mesures;
- retrait du pluviomètre et du baromètre;
- jaugeage des cours d'eau au droit des sondes;
- vérification de la position des sondes à l'aide d'un GPS-RTK;
- mesure du niveau d'eau au GPS à chaque site.

2017

Un relevé bathymétrique permettant de caractériser le lac SN2 a été réalisé le 18 octobre 2017.

2021

À la suite de la modification de l'empreinte des infrastructures de la mine, il est prévu qu'un nouveau bassin versant qui n'avait pas été analysé dans le rapport sectoriel de 2018 sera touché par le projet. Des relevés supplémentaires ont donc été réalisés en 2021 pour recueillir des informations sur les cours d'eau du secteur du lac SN2. Des mesures complémentaires sur les cours d'eau auparavant étudiés ont également été prises pour préciser la caractérisation hydrologique. La première campagne de mesures s'est déroulée entre le 7 et le 10 juin 2021. Les travaux suivants ont été effectués :

- installation des sondes de mesure de niveau d'eau au même endroit qu'en 2015 et 2016 (SO1 et SO2);
- installation d'une sonde dans le lac SN2 (SO3), correspondant au point de calcul P3 situé à l'exutoire;
- installation de deux sondes supplémentaires à des points d'intérêt (SO4 et SO5);
- installation de deux pluviomètres et d'un baromètre;
- jaugeage des cours d'eau au droit des sondes installées (J1, J2 et J3);
- jaugeages complémentaires sur les tributaires du lac SN2 (J3a, J3b);
- géoréférencement des sondes installées au GPS-RTK;
- mesure du niveau de l'eau au GPS-RTK à chaque site (vis-à-vis de la sonde);
- relevé de la section de contrôle hydraulique du lac SN2 et du lac Windfall.

La seconde campagne de mesure de 2021 a été réalisée dans la semaine du 18 octobre. Les travaux suivants ont été réalisés :

- relevé de quatre lignes d'eau (thalweg, niveau d'eau, contrôles et obstacles) :
 - CE06B;
 - CE07;

- SN2-E1;
 - Entre les lacs SN10 et SN4.
 - retrait des sondes installées sur les sites de mesures;
 - retrait des deux pluviomètres et du baromètre;
 - jaugeage des cours d'eau au droit des sondes et sur les segments de cours d'eau où sont les lignes d'eau;
 - vérification de la position des sondes à l'aide d'un GPS-RTK;
 - mesure du niveau d'eau au GPS à chaque site.
-

2022

Quelques relevés supplémentaires ont été réalisés durant le mois de juillet 2022 dans le but de récolter des données supplémentaires sur certains cours d'eau. Les travaux suivants ont été réalisés au cours de cette visite :

- relevé de deux lignes d'eau (thalweg, niveau d'eau, contrôles et obstacles);
 - SN2-T1 / CE29;
 - tributaire au nord du lac SN2 (CE23).
- jaugeages sur certains cours d'eau d'intérêt et sur les segments de cours d'eau où sont les lignes d'eau.

3.2.1.2 DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Les stations hydrométriques 052228 (Noire), 040129 (Doncaster), 051005 (Montmorency) et 051003 (Eaux volées) du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) ont été évaluées afin d'être utilisées pour le calcul des débits de crue, d'étiage et moyens mensuels. La station 051003 a été retenue bien qu'elle soit relativement éloignée, puisque la superficie de son bassin versant est la plus proche de celle des bassins à l'étude; elle est donc susceptible de produire des résultats davantage représentatifs pour les cours d'eau à l'étude. Par ailleurs, les débits d'étiage et de crue ont déjà été calculés par le CEHQ et sont donc disponibles à cette station. Le tableau 3-3 présente les caractéristiques des stations hydrométriques évaluées.

ATLAS HYDROCLIMATIQUE

L'Atlas hydroclimatique publié par le CEHQ (CEHQ, 2022) décrit le régime hydrique actuel et futur de plusieurs cours d'eau du Québec ayant un bassin versant supérieur à 50 km². Des indicateurs issus d'analyses hydrologiques sont disponibles pour une grande quantité de tronçons de cours d'eau (crues, étiages, etc.). Le tronçon ABIT00491 a été retenu pour l'analyse en raison de la petite superficie de son bassin versant (53,3 km²), de sa proximité avec le site à l'étude (environ 5 km) et de l'occupation de son bassin versant. En effet, un lac est situé juste en amont de ce tronçon, ce qui est similaire aux bassins versants étudiés, et son bassin versant comprend celui du CE02.

Notons cependant que le bassin versant de ce tronçon est tout de même environ cinq fois plus grand que les bassins versants à l'étude, ce qui peut présenter une différence notable au niveau du régime hydrologique des cours d'eau.

Tableau 3-2 Description et nomenclature des relevés hydrométriques effectués en 2015, 2016 et 2021

	Bassin versant CE06B			Bassin versant CE02		Bassin versant SN2				
Point de calcul	P1	-	-	P2	-	P3	P3a	-	-	-
Nom de la sonde	SO1	SO4	-	SO2	SO5	SO3 ¹	-	-	-	-
Nom du jaugeage	J1	-	J4	J2	-	J3	J3a	J3b	J3c	J5
Cours d'eau	CE06b	CE06b	CE07	CE02	CE14	SN2-E1	SN2-T1	CE03	CE23	CE29
Localisation	Limite du bassin versant nord (PK 0,3)	PK 0,4	En amont du lac Windfall (PK 0,6)	Limite du bassin versant sud (PK 0,9 et 0,8 en 2021)	Près de l'exutoire du lac SN4 (PK 2,8)	Limite du bassin versant SN2, à l'exutoire du lac	Sur le tributaire 1 du lac SN2 (PK 0,05)	Sur le tributaire 2 du lac SN2	Sur le tributaire 3 du lac SN2 (PK 0,15)	Près de la jonction avec le tributaire 1 du lac SN2 (PK 0,67)
Année des relevés	2015, 2016 et 2021	2021	2021 et 2022	2015, 2016 et 2021	2021	2021 et 2022	2021 et 2022	2021	2022	2022

1. La sonde SO3 est installée dans le lac SN2.

Tableau 3-3 Stations hydrométriques

Numéro de la station	Rivière	Série de données enregistrées	Bassin versant (km ²)	Latitude	Longitude	Distance au site (km)
052228	Noire	1974 - en activité	188	46° 20' 26 N	73° 39' 15 O	385
040129	Doncaster	1974 - en activité	106	46° 5' 47 N	74° 7' 16 O	386
051005	Montmorency	1966 - 1982; 1996 - en activité	267	47° 15' 36 N	71° 8' 14 O	472
051003	Eaux Volées	1967 - en activité	9,1	47° 16' 14 N	71° 8' 14 O	467

Aussi, les données fournies par l'Atlas hydroclimatique doivent être prises avec prudence, particulièrement pour les sites ayant un bassin versant d'une superficie inférieure à 100 km², tel que dans le présent cas, puisqu'il y a peu de stations hydrométriques pour les petits bassins versants et ils sont généralement plus difficiles à modéliser et sensibles aux erreurs d'interpolation des données climatiques (avertissement formulé par le CEHQ). Cela dit, il est intéressant d'analyser ces données hydrométriques à titre de comparaison avec les autres méthodes de calcul hydrologique réalisées.

3.2.1.3 TOPOGRAPHIE ET PÉDOLOGIE DES BASSINS VERSANTS

La carte topographique utilisée provient des données cartographiques numériques publiées par Ressources naturelles du Canada (RNCAN) (feuille 32G04-200-0102). La classification hydrologique des sols a été déterminée à l'aide des cartes de dépôt de surface publiées par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)² (feuille 32G04R50D). Afin de raffiner l'analyse, un relevé LiDAR et des orthophotographies ont été utilisés dans la délimitation et la caractérisation des bassins versants.

3.2.1.4 DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) sont issues de la note technique sur la climatologie du site émise par Golder en 2020. Étant donné que le site minier se trouve entre les stations d'Amos et de Chibougamau-Chapais, une moyenne des courbes a été calculée pour déterminer les courbes IDF utilisées dans le cadre de ce projet (Golder, 2020). Les intensités des pluies de courte durée selon la durée et la fréquence sont présentées au tableau 2-9.

3.2.1.5 DÉBITS DE REJETS

Actuellement, l'eau collectée sur le site minier est dirigée vers l'usine de traitement existante pour rejet à l'effluent à l'Étang 1. Pendant la période d'échantillonnage en vrac, qui est la période de référence pour la caractérisation des conditions hydrologiques, une nouvelle usine de traitement sera en place, mais le point de rejet restera identique.

Les débits de rejet mesurés lors des trois dernières années ainsi que les débits de rejets estimés pendant la période d'échantillonnage en vrac sont donnés au tableau 3-4. À noter que ces débits prennent en compte le ruissellement de surface sur le site ainsi que l'eau de dénoyage.

À noter que quelques changements ont été apportés au projet depuis cette estimation, qui est donc approximative. L'ordre de grandeur ne devrait toutefois pas changer.

Tableau 3-4 Débits moyens mensuels à l'effluent actuel et lors de l'échantillonnage en vrac

Mois	Débits moyens à l'effluent mesurés (m ³ /j)				Débits moyens estimés à l'échantillonnage en vrac (m ³ /j) *		
	2020	2021	2022	Moyenne	Année 1	Année 2	Moyenne
Janvier	697	1185	716	866	1251	1556	1404
Février	657	1178	859	898	1255	1560	1408
Mars	757	1266	1138	1054	1369	1674	1521
Avril	837	1276	1495	1203	2917	3224	3070
Mai	890	1328	1522	1247	1873	2180	2026
Juin	750	1221	1375	1115	2151	2458	2305
Juillet	791	1223	1060	1024	2309	2617	2463

² À la suite de la nomination du nouveau conseil des ministres en octobre 2022, le secteur des Forêts relève désormais du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) alors que les secteurs de la Faune et des Parcs relèvent du MELCCFP.

Tableau 3-4 (suite) Débits moyens mensuels à l'effluent actuel et lors de l'échantillonnage en vrac

Mois	Débits moyens à l'effluent mesurés (m³/j)				Débits moyens estimés à l'échantillonnage en vrac (m³/j) *		
	2020	2021	2022	Moyenne	Année 1	Année 2	Moyenne
Août	1099	1227	1099	1142	2197	2505	2351
Septembre	1193	1191	929	1104	2452	2761	2607
Octobre	1391	1110		1250	2187	2496	2341
Novembre	1167	940		1054	1894	2204	2049
Décembre	1175	930		1052	1618	1928	1773

* Bilan d'eau de Golder du 25/01/2022.

3.2.2 ESTIMATION DES DÉBITS CARACTÉRISTIQUES

3.2.2.1 DÉBITS DE CRUE

TRANSFERT DE BASSIN VERSANT

Les débits de crue aux points de calcul P1, P2 et P3 ont été estimés par transfert de bassin versant à partir de la station des Eaux Volées, dont les débits de crues ont été calculés par le CEHQ. L'équation est la suivante :

$$Q_{T1} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^a Q_{T2}$$

Où :

Q_{T1} : Débit de récurrence T au site étudié

Q_{T2} : Débit de récurrence T au site jaugé

A_1 et A_2 : Superficies des bassins versants, respectivement au site étudié, et au site jaugé

a : Exposant régional

L'équation de transfert de bassins versants comporte un exposant régional sur le rapport des superficies des deux bassins versants concernés. Cet exposant régional prend usuellement la valeur de 0,8 dans le cas de calcul de débits de crue (Anctil, 2005). Le tableau 3-5 présente les débits de crue spécifiques pour la station de référence utilisée (CEHQ, 2020).

Tableau 3-5 Débits de crue spécifiques pour la station des Eaux Volées

Période de retour (années)	Débit de crue spécifique (l/s/km²)
2	346,9
10	550,2
25	651,4
50	726,5
100	801,3

L'atlas hydroclimatique fournit les débits de crue spécifiques pour le tronçon sélectionné, soit le ABIT00491. Ces débits peuvent également être utilisés sur le site à l'étude par transfert de bassin versant. Le tableau 3-6 présente ces débits.

Tableau 3-6 Débits de crue spécifiques pour le tronçon ABIT00491 (CEHQ, 2022)

Période de retour (années)	Débit de crue spécifique (l/s/km ²)
2	79,5
10	117,4
100	163,3

MÉTHODE RATIONNELLE

Les superficies des bassins versants au droit des sondes étant inférieures à 25 km², il est possible d'appliquer la méthode rationnelle, qui prend en compte les caractéristiques physiques des bassins versants. La méthodologie décrite dans le Manuel de conception des ponceaux (MTQ, 2020) a été suivie pour calculer les débits de crue au droit des sondes. L'équation à la base de cette méthode est de la forme suivante :

$$0,278 \cdot C \cdot F_L \cdot I \cdot A$$

Où :

- Q : est le débit de pointe (m³/s)
- C : est le coefficient de ruissellement de pointe
- F_L : est un coefficient de laminage
- I : est l'intensité des précipitations (mm/h)
- A : est la superficie du bassin versant (km²)

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, 2020). La pente moyenne du bassin versant est déterminée à partir des cartes topographiques numériques ainsi que des informations du LiDAR. 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 DÉBITS 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 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, 2014). Trois valeurs de débits d'étiage spécifiques ont été estimées aux stations hydrométriques québécoises pour les périodes annuelles (pour inclure les étiages hivernaux) et estivale (du 1^{er} 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 sept jours consécutifs;
- Q_{5,30} : débit d'étiage de récurrence 5 ans calculé sur une plage de 30 jours consécutifs.

TRANSFERT DE BASSIN VERSANT

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 CEHQ pour la station hydrométrique 051003 (Eaux Volées). Comme il s'agit de débits d'étiage calculés sur des périodes prolongées, l'emmagasinement dans le bassin intervient peu et la valeur de 1 a été choisie comme exposant régional l'équation de transfert de bassin versant. Le tableau 3-7 présente les débits d'étiage spécifiques pour la station de référence utilisée.

Tableau 3-7 Débits d'étiage spécifiques pour la station des Eaux Volées

Indicateur	Débit d'étiage spécifique (l/s/km ²)
Q _{2,7} annuel	6,5
Q _{10,7} annuel	5,2
Q _{5,30} annuel	6,1
Q _{2,7} estival	12,6
Q _{10,7} estival	9,5
Q _{5,30} estival	13,5

L'atlas hydroclimatique fournit les débits d'étiage spécifiques pour le tronçon sélectionné, soit le ABIT00491. Ces débits peuvent également être utilisés sur le site d'étude par transfert de bassin versant. Le tableau 3-8 présente ces débits.

Tableau 3-8 Débits d'étiage spécifiques pour le tronçon ABIT00491 (CEHQ, 2022)

Indicateur	Débit d'étiage spécifique (l/s/km ²)
Q _{2,7} annuel	3,9
Q _{10,7} annuel	3,0
Q _{5,30} annuel	3,5
Q _{2,7} estival	4,7
Q _{10,7} estival	2,7
Q _{5,30} estival	3,7

MÉTHODE DE RÉGRESSION LINÉAIRE

La méthode d'estimation des débits d'étiage dans les régions du nord du Québec, développée par le MELCCFP (MDDELCC, 2017), a aussi été utilisée pour calculer les débits d'étiage. Cette méthode permet d'estimer les mêmes indicateurs d'étiage qu'avec la méthode de transfert de bassin, mais sur les périodes estivale et hivernale plutôt qu'estivale et annuelle. La distinction entre les deux est toutefois minime, car les débits les plus faibles annuellement sont la plupart du temps recensés en hiver à cette latitude.

Les débits sont calculés en fonction de la superficie du bassin versant du cours d'eau, ainsi que sa région hydrographique, régions définies par le MELCCFP. Le site à l'étude se situe dans la région hydrographique 08 du MELCCFP. Le tableau 3-9 résume les équations développées par le MELCCFP. Ces équations correspondent aux droites de régression linéaire des indicateurs de débits d'étiage spécifiques de bassins versants jaugés. Par ailleurs, un coefficient de sécurité a été appliqué pour minimiser le débit d'étiage fourni par ces équations.

Tableau 3-9 Équations d'estimation des débits d'étiage dans les régions du Nord québécois (MDDELCC, 2017)

Indicateur	Équation utilisée (S : superficie du bassin versant en km2)
Q _{2,7} hivernal	$3,96 \cdot 10^{-5}S^2 + 1,65S$
Q _{10,7} hivernal	$4,30 \cdot 10^{-5}S^2 + 0,81S$
Q _{5,30} hivernal	$4,10 \cdot 10^{-5}S^2 + 1,10S$
Q _{2,7} estival	$1,02 \cdot 10^{-4}S^2 + 4,05S$
Q _{10,7} estival	$9,99 \cdot 10^{-5}S^2 + 1,79S$
Q _{5,30} estival	$8,83 \cdot 10^{-5}S^2 + 3,83S$

3.2.2.3 DÉBITS MOYENS MENSUELS

Tout comme les débits de crue et d'étiage, les débits moyens mensuels peuvent être calculés par transfert de bassin versant à partir des données de la station des Eaux Volées, dont les données journalières sont préalablement moyennées mensuellement. Le tableau 3-10 présente les débits moyens mensuels spécifiques à la station des Eaux Volées. Le débit moyen annuel spécifique est de 33,1 l/s/km².

Tableau 3-10 Débits moyens mensuels spécifiques à la station des Eaux Volées

Indicateur	Débit d'étiage spécifique (l/s/km ²)
Janvier	12,5
Février	9,8
Mars	9,6
Avril	33,7
Mai	108,6
Juin	50,6
Juillet	34,4
Août	26,8
Septembre	27,2
Octobre	34,4
Novembre	31,6
Décembre	18,5

3.3 RÉSULTATS

3.3.1 HYDROMÉTRIE

JAUGEAGES

Les tableaux 3-11 et 3-12 présentent les résultats des jaugeages réalisés lors des campagnes de terrain en 2015, en 2016, en 2021 et en 2022.

Tableau 3-11 Jaugeages réalisés sur les cours d'eau des bassins versants CE06B et CE02 lors des campagnes de terrain en 2015, 2016, 2021 et 2022 (m³/s)

Date	Bassin versant CE06B				Bassin versant CE02	
	Sonde SO1 – J1		J4		Sonde SO2 – J2	
2015-10-23	-	-	-	-	0,034	0,033
2015-10-24	0,142	0,154	-	-	-	-
2015-10-25	0,286	-	-	-	-	-
2015-11-24	0,171	0,162	-	-	0,036	0,038
2016-05-31	0,477	0,508	-	-	0,048	0,041
2016-10-25	0,118	0,126	-	-	0,027	0,026
2021-06-07	-	-	-	-	0,045	-
2021/06/09	0,084	0,084	0,087	0,085	-	-
2021/10/20	0,077		0,078		0,002	0,002
2021/10/21	-	-	-	-	0,027	0,026
2022/07/20	-	-	0,001	0,003	-	-

Note : Il peut y avoir plusieurs valeurs par date pour un même emplacement, puisque les jaugeages sont effectués au minimum deux fois par site lorsque possible.

Tableau 3-12 Jaugeages réalisés sur les cours d'eau du bassin versant SN2 lors des campagnes de terrain en 2021 et 2022 (m³/s)

Date	Tributaire 1 – J3a				Affluent – J5		Tributaire 2 – J3b		Tributaire 3 – J3c		Exutoire – J3			
	2021/06/08	0,079		0,071		-	-	0,012	0,012	-	-	0,138	0,137	0,135
2021/10/21	-		-		-	-	0,011	0,010	-	-	-		-	
2021/10/23	-		-		-	-	-	-	-	-	0,114		0,089	
2022/07/20	0,020	0,050	0,022	-	-	-	-	-	0,001	0,001	0,10		0,10	
2022/07/21	0,333	0,372	0,324	0,333	0,01	0,02	-	-	-	-	-		-	

Note : Il peut y avoir plusieurs valeurs par date pour un même emplacement, puisque les jaugeages sont effectués au minimum deux fois par site lorsque possible.

3.3.1.2 SONDES À NIVEAUX

Les niveaux d'eau enregistrés par les sondes ainsi que les précipitations enregistrées par les pluviomètres au site minier Windfall sont présentés aux figures 3-1 à 3-5. Étant donné que les sondes SO1 et SO2 ont été installées au même endroit en 2015, en 2016 et en 2021, les limnigrammes et les précipitations sont présentés pour ces trois années. Les sondes à niveau ont fonctionné correctement au cours des trois périodes d'enregistrement, soit du 25 octobre au 24 novembre 2015, du 31 mai au 25 octobre 2016 et du 7 juin au 23 octobre 2021. Les données de précipitations sont également présentées sur ces graphiques pour mettre en évidence le phénomène de ruissellement. La correspondance entre la précipitation et le ruissellement peut être observée par exemple sur l'année 2021, durant laquelle une précipitation journalière supérieure à 45 mm à la mi-juillet a été enregistrée. Ce pic de précipitation a eu pour conséquence une hausse rapide du niveau d'eau dans les cours d'eau à l'étude, hausse enregistrée par les sondes en place.

La plage de variation du niveau d'eau des différents cours d'eau suivis est de 10 et 45 cm. Le niveau d'eau du lac SN4 a une tendance globale à la baisse durant toute la période où la sonde SO5 a été en fonction, tandis qu'aucune tendance évidente n'est observable au droit des autres sondes, outre la fluctuation autour de la moyenne due aux précipitations. La réponse des cours d'eau est presque instantanée au droit des sondes dans le bassin versant CE02 (sondes SO2 et SO5), tandis qu'elle est de quelques jours pour les autres cours d'eau (SO1, SO3 et SO4).

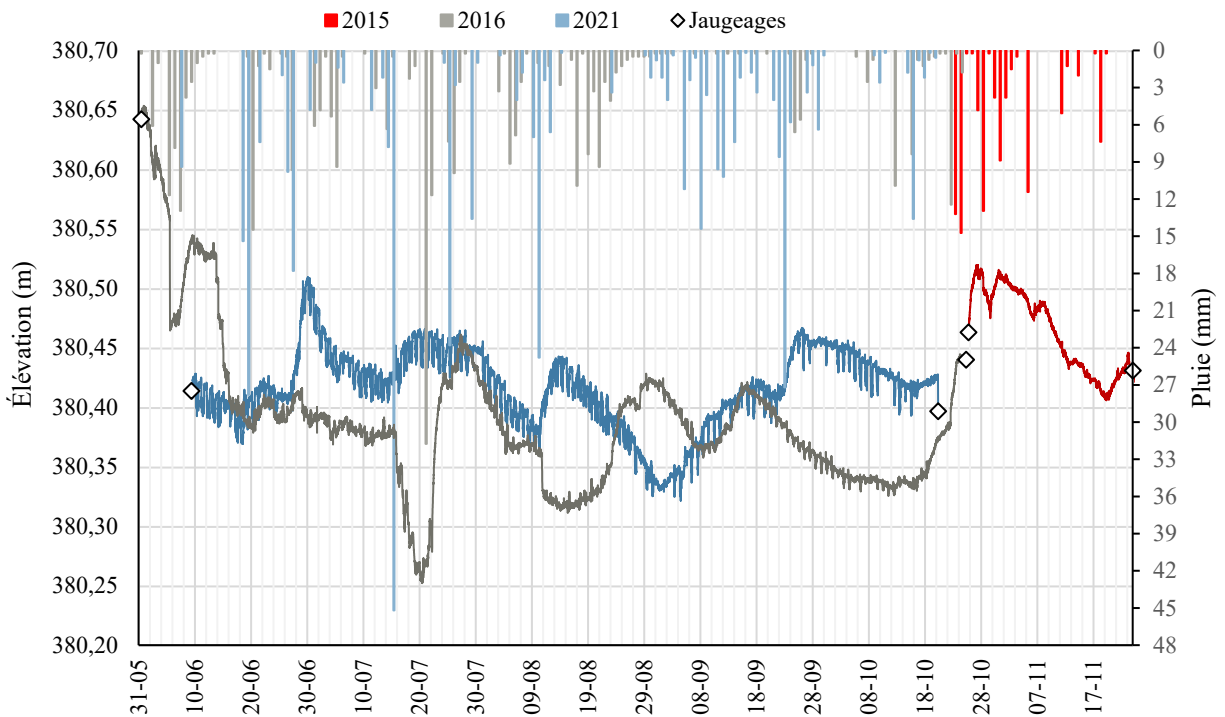


Figure 3-1 Niveaux d'eau mesurés à la sonde SO1 et précipitations (2015, 2016 et 2021)

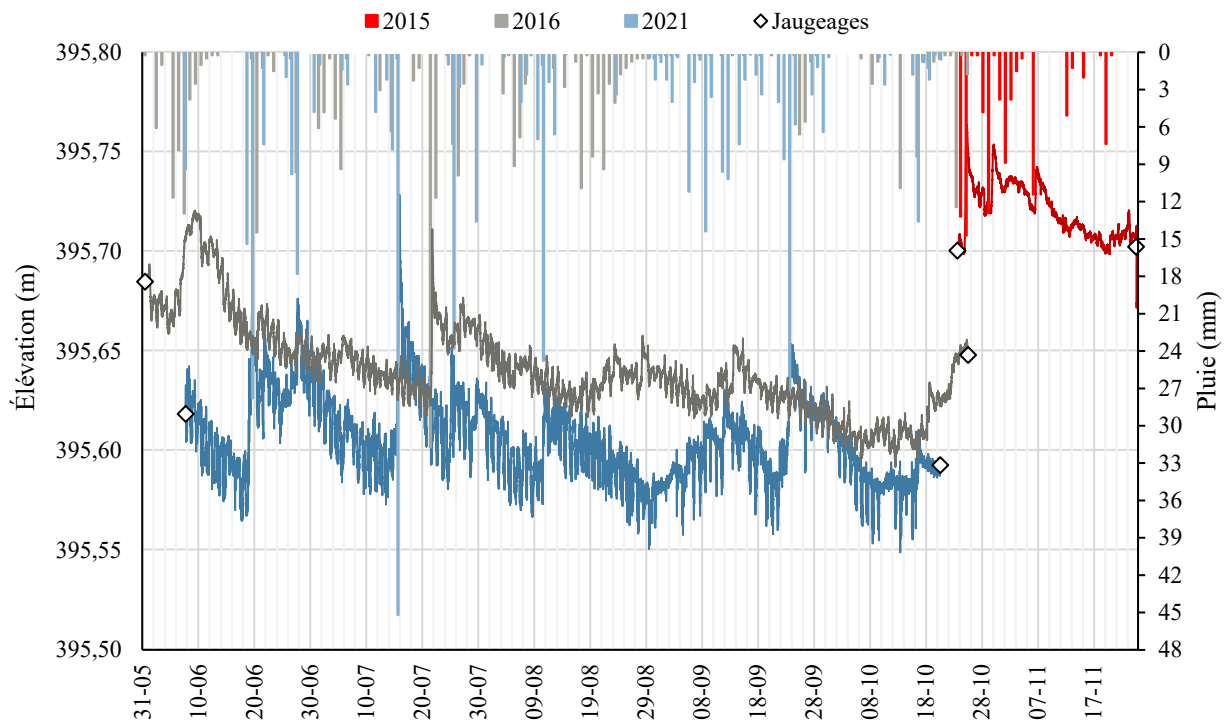


Figure 3-2 Niveaux d'eau mesurés à la sonde SO2 et précipitations (2015, 2016 et 2021)

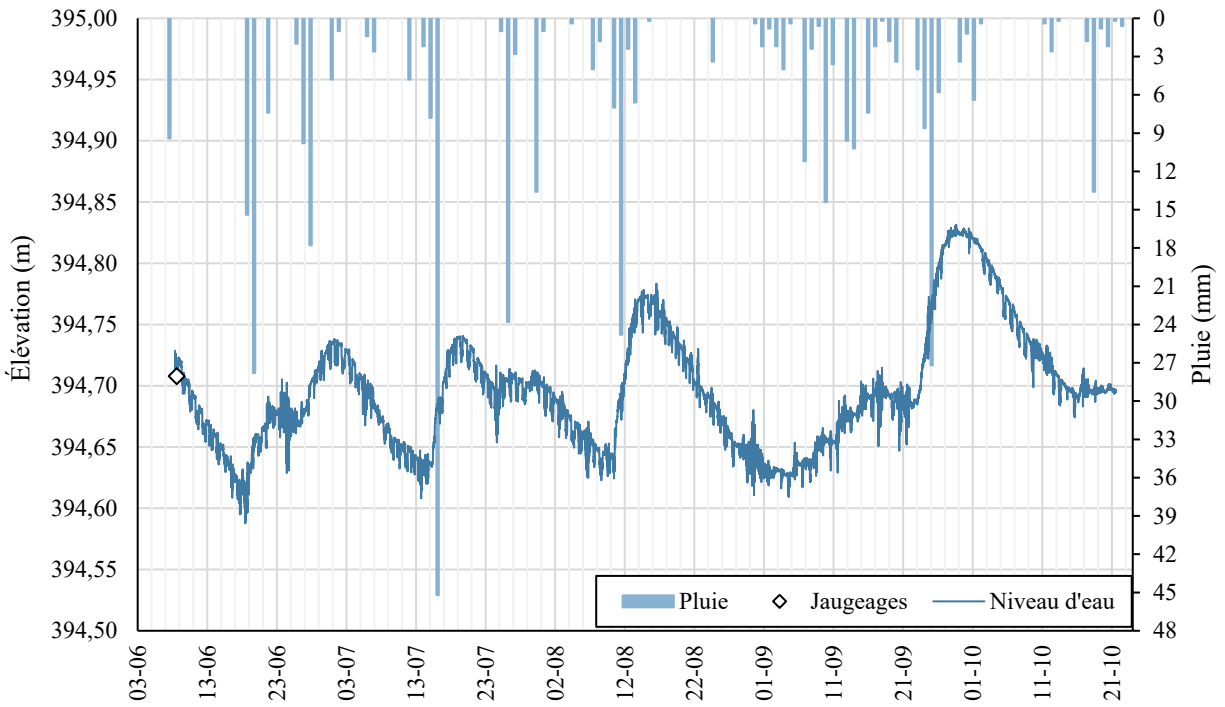


Figure 3-3 Niveaux d'eau mesurés à la sonde SO3, à l'exutoire du lac SN2 et précipitations (2021)

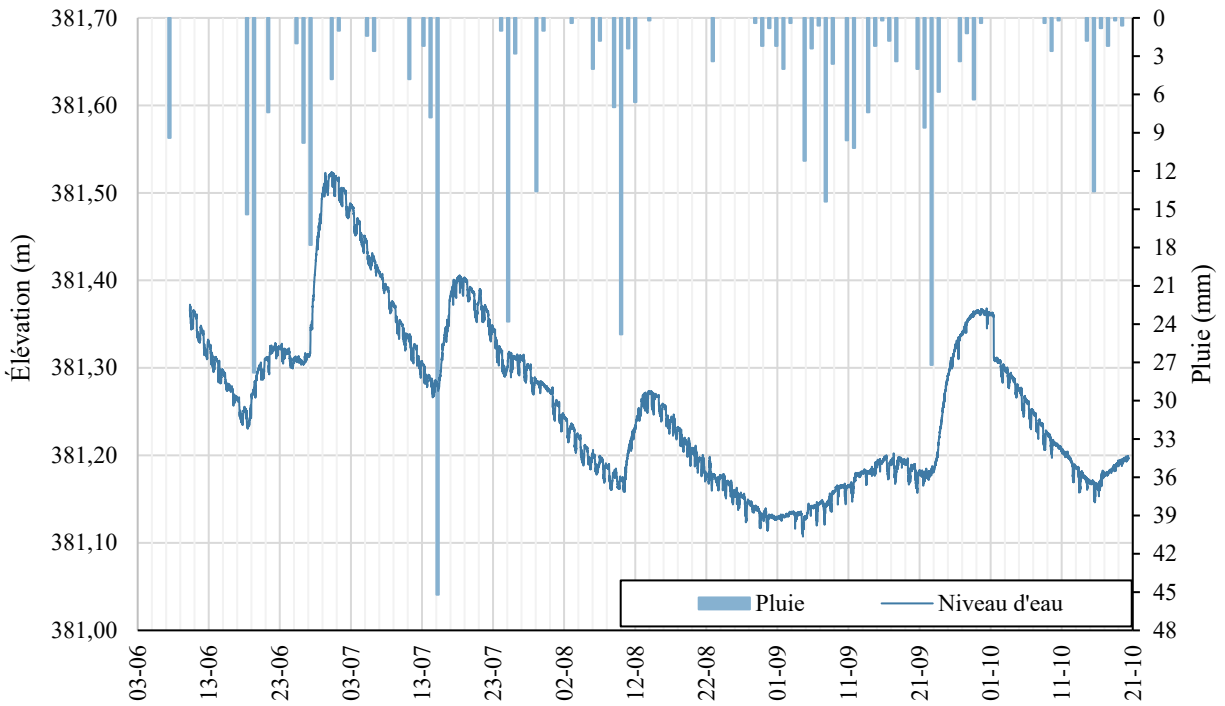


Figure 3-4 Niveaux d'eau mesurés à la sonde SO4 et précipitations (2021)

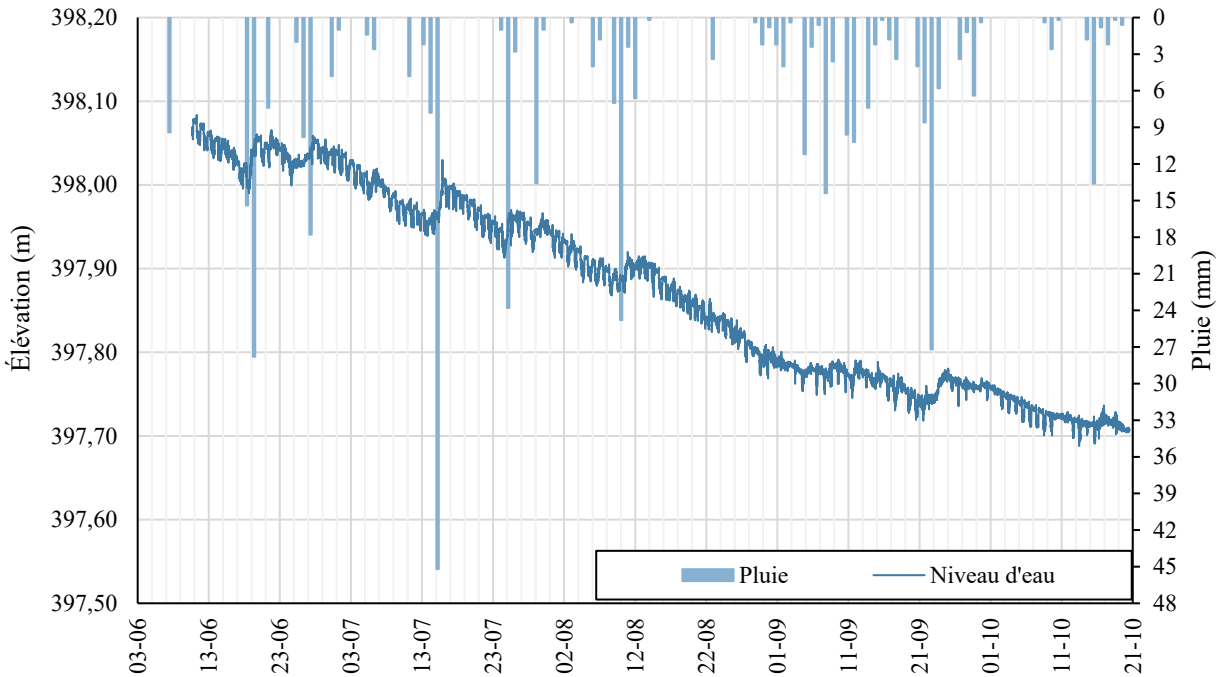


Figure 3-5 Niveaux d'eau mesurés à la sonde SO5 et précipitations (2021)

Les relations niveau-débit ont pu être établies au droit des sondes SO1, SO2 et SO3 sur la base des jaugeages effectués lors des différentes campagnes de relevés. Ces relations sont présentées aux figures 3-6 à 3-8, respectivement. Pour les autres cours d'eau, en revanche, les données récoltées n'ont pas permis d'établir de telles relations (pas assez de points récoltés). Notons que compte tenu des débits très faibles, l'ajustement d'une relation niveau – débit dans de telles conditions demeure incertain. De plus, un changement de configuration d'un contrôle hydraulique (formation ou relâche d'embâcle de végétation ou de barrage de castor) peut rendre la relation obsolète. La relation établie doit ainsi être utilisée avec précaution, particulièrement pour la relation au point de calcul P3, qui compte seulement trois points, dont deux très rapprochés.

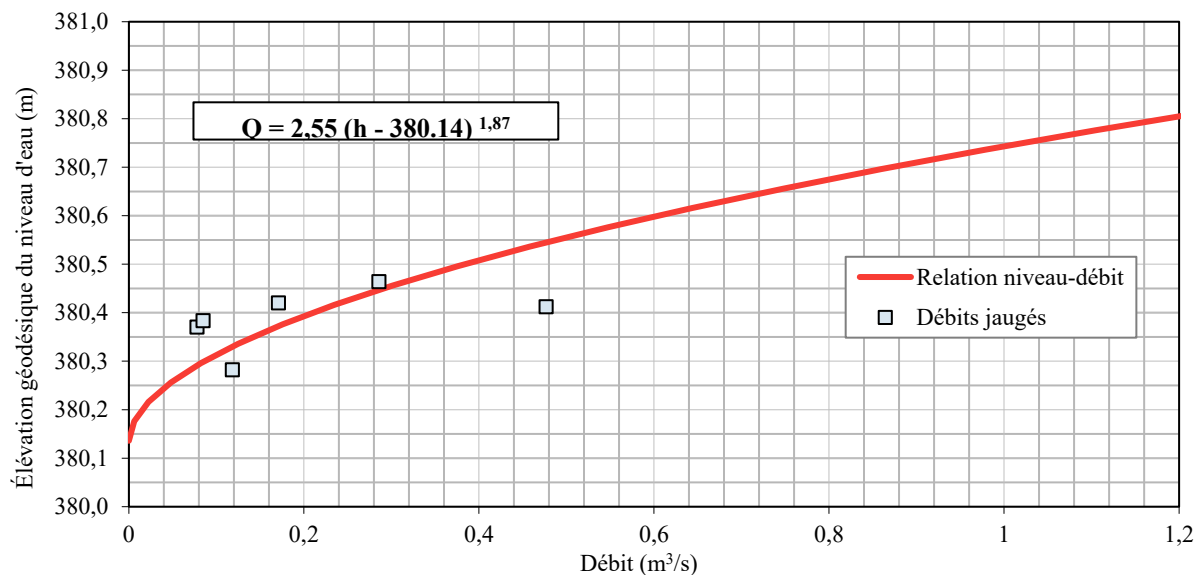


Figure 3-6 Relation niveau – débit au point de calcul P1, dans le bassin versant CE06B

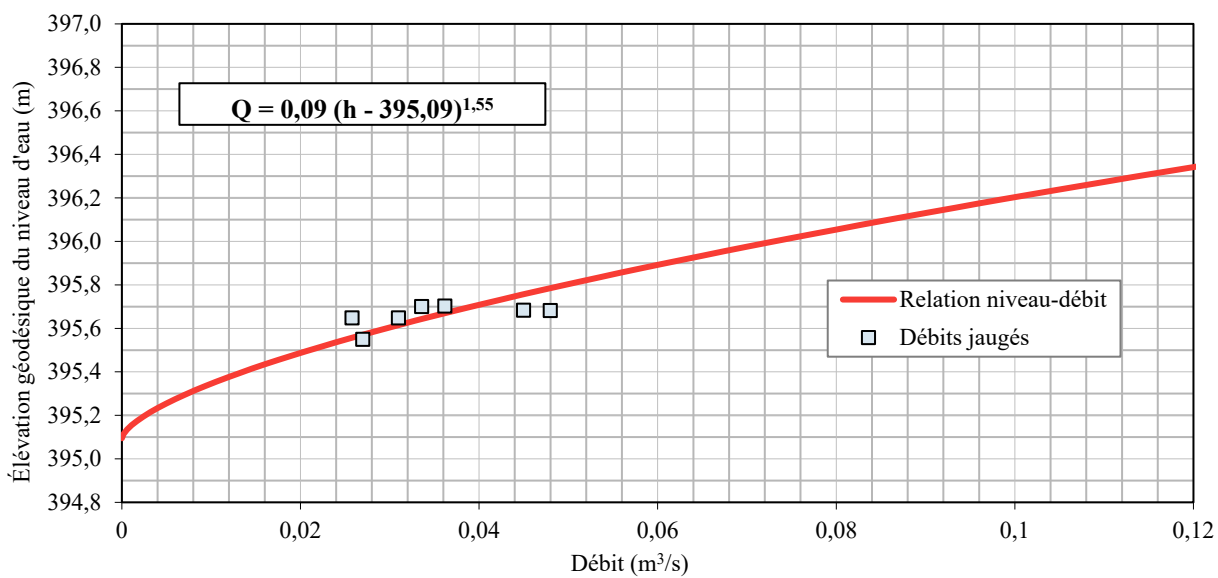


Figure 3-7 Relation niveau – débit au point de calcul P2, dans le bassin versant CE02

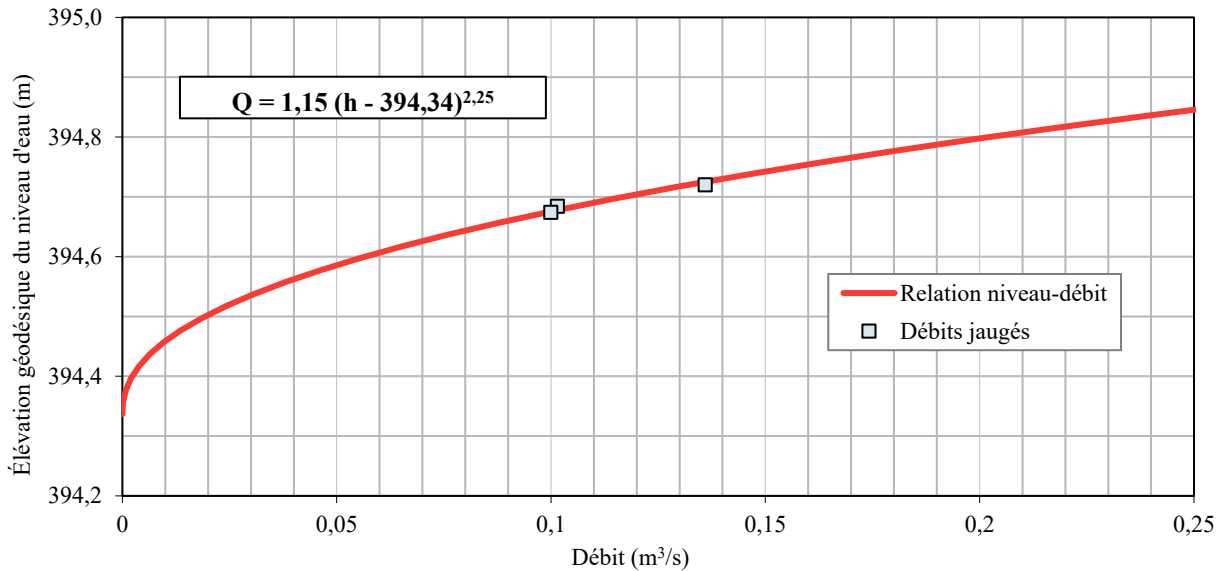


Figure 3-8 Relation niveau – débit au point de calcul P3, à l'exutoire du lac SN2

3.3.1.3 PROFILS DES COURS D'EAU

À la suite de l'analyse des données relevées sur le terrain, les profils longitudinaux des différents cours d'eau à l'étude sont présentés aux figures 3-9 à 3-14. Sur ces profils, différents éléments relevés sur les cours d'eau, dont les lacs, les traverses de cours d'eau et les barrages de castors sont aussi représentés.

La figure 3-9 présente le profil longitudinal du cours d'eau CE06B en aval du lac Windfall. Des sondes localisées à deux endroits sur ce segment de cours d'eau ont récolté des données durant les différentes campagnes de relevés. Un barrage de castor est situé au PK 0,38. En amont de ce barrage, le niveau reste assez constant sur les 300 m qui ont été visités. La pente moyenne est de 1,5 % sur les 260 premiers mètres du profil suivi d'une pente presque nulle jusqu'au barrage de castor environ 120 m en amont.

La figure 3-10 présente le profil longitudinal du cours d'eau CE07 qui se trouve en amont du lac Windfall, jusqu'à l'étang 2. Un ponceau est situé au PK 0,58. Sur les 400 m les plus en amont, la pente moyenne est de 1,2 %. Cette pente diminue à une moyenne de 0,2 % et redevient plus prononcée à partir de la sortie du petit lac qui se trouve au PK 0,17 avant de se jeter dans le lac Windfall.

Le profil longitudinal du cours d'eau SN2-E1, qui est l'exutoire de lac SN2, est présenté à la figure 3-11. Deux barrages de castors (PK 0,00 et 0,41) et quelques seuils ont été relevés sur les 2,25 km visités. Ceux-ci ont une influence importante sur les niveaux d'eau de ce segment de cours d'eau. On retrouve une pente moyenne de moins de 0,5 % pour l'ensemble de la portion de cours d'eau étudiée.

La figure 3-12 présente le profil des cours d'eau entre les lacs SN10 et SN4. Deux autres lacs sont présents sur ce segment de cours d'eau, soit les lacs SN5 et SN8. Un premier ponceau est situé au PK 0,80 et un deuxième se trouve directement à l'exutoire du lac SN4. Cette deuxième traverse de cours d'eau est en fait composée de trois ponceaux espacés de 35 à 50 m les uns des autres. Ceux-ci étaient complètement à sec au moment des relevés, ce qui fait que les lacs SN4 et SN5 n'étaient pas connectés. Ces ponceaux permettent à l'eau de traverser d'un lac à l'autre lorsque le niveau d'eau du SN4 est plus élevé.

La figure 3-13 présente le profil du cours d'eau CE29 ainsi que la portion aval du cours d'eau SN2-T1 jusqu'au lac SN2. La pente moyenne est inférieure à 1 % sur tout le tracé du cours d'eau. Les relevés du niveau d'eau montrent également que les premiers 500 m du cours d'eau en amont du lac SN2 sont directement influencés par le niveau d'eau dans le lac. En montant vers l'amont, le cours d'eau devient moins bien défini et est davantage caractérisé par des cuvettes séparées qui seraient probablement liées hydrauliquement à des débits plus élevés. À partir du PK 1,60 environ, le cours d'eau CE29 devient souterrain, voire inexistant. Aucune trace du cours d'eau n'était visible de part et d'autre de la route (PK 1,8) lors des relevés et aucun ponceau n'a été identifié à cet endroit.

La figure 3-14, quant à elle, présente le profil du cours d'eau CE13 qui est un tributaire du lac SN2. La pente moyenne de ce cours d'eau est de 1,0 % en amont du ponceau qui se trouve au PK 0,16, et de 1,2 % en aval de ce ponceau.

3.3.1.4 DONNÉES BATHYMÉTRIQUES

Une carte bathymétrique du lac SN2 a été réalisée à partir des données récoltées lors de la campagne d'octobre 2017 (annexe B).

3.3.2 CONDITIONS DE GLACE

Les photos aériennes des dernières années provenant du site Internet SentinelHub ont été analysées pour évaluer les conditions de glace dans les lacs de la zone d'inventaire. La couverture de glace des lacs est visible sur ces photos et le grand nombre de photos depuis 2018 (trois photos par semaine, en moyenne) permet de dater assez précisément la formation du couvert de glace en automne ainsi que sa disparition au printemps, chaque année, et d'observer sa variabilité interannuelle.

La figure 3-15 montre ainsi un exemple de photos permettant la détermination approximative des dates de gel (en bas) et dégel (en haut). Le tableau 3-13 présente les dates approximatives de début et fin du couvert de glace dans les lacs de la zone d'inventaire de 2018 à 2022, déterminées à partir des photos aériennes.

Tableau 3-13 Dates approximatives de début et fin du couvert de glace dans la zone d'inventaire

Année	Fin du couvert de glace	Début du couvert de glace
2022	10 mai	-
2021	15 avril	Fin novembre / Début décembre
2020	21 mai	Mi-novembre
2019	24 mai	Début novembre
2018	19 mai	Mi-novembre

D'après cette analyse, on peut conclure que, dépendamment des années, le couvert de glace sur les lacs de la zone d'inventaire se forme au plus tôt dans la première semaine de novembre, et au plus tard à la fin novembre / début décembre. Également, le dégel a lieu au plus tôt mi-avril, et au plus tard la fin mai. Il est également possible de constater que le lac SN2 a un régime de glace un peu décalé des autres lacs sur le site à l'étude. En effet, selon les photos aériennes, celui-ci gèle en moyenne une semaine plus tôt que les lacs SN1 et Windfall par exemple, et dégèle environ une semaine plus tôt au printemps.

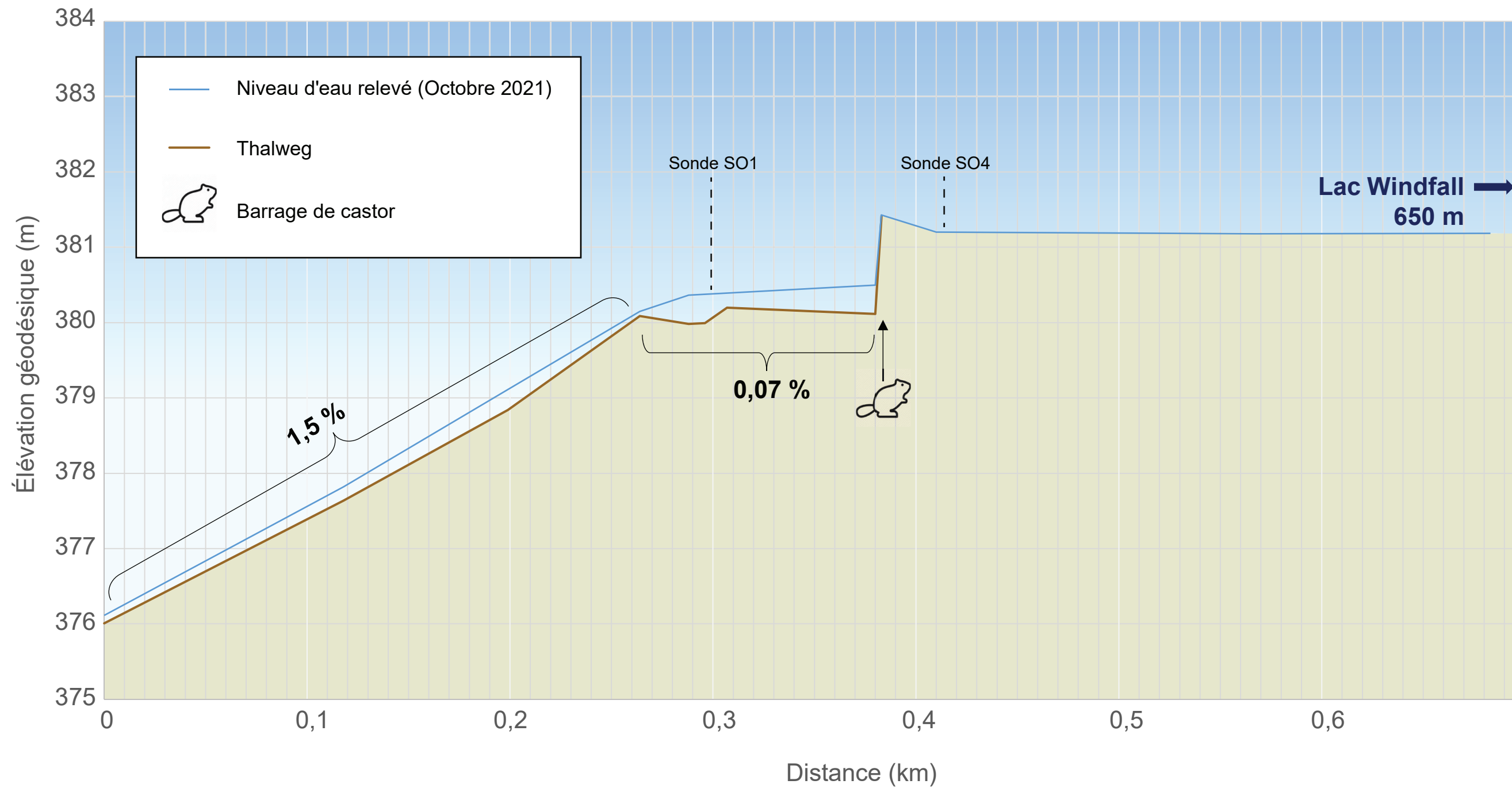


Figure 3-9
 Profil longitudinal du cours d'eau CE06B

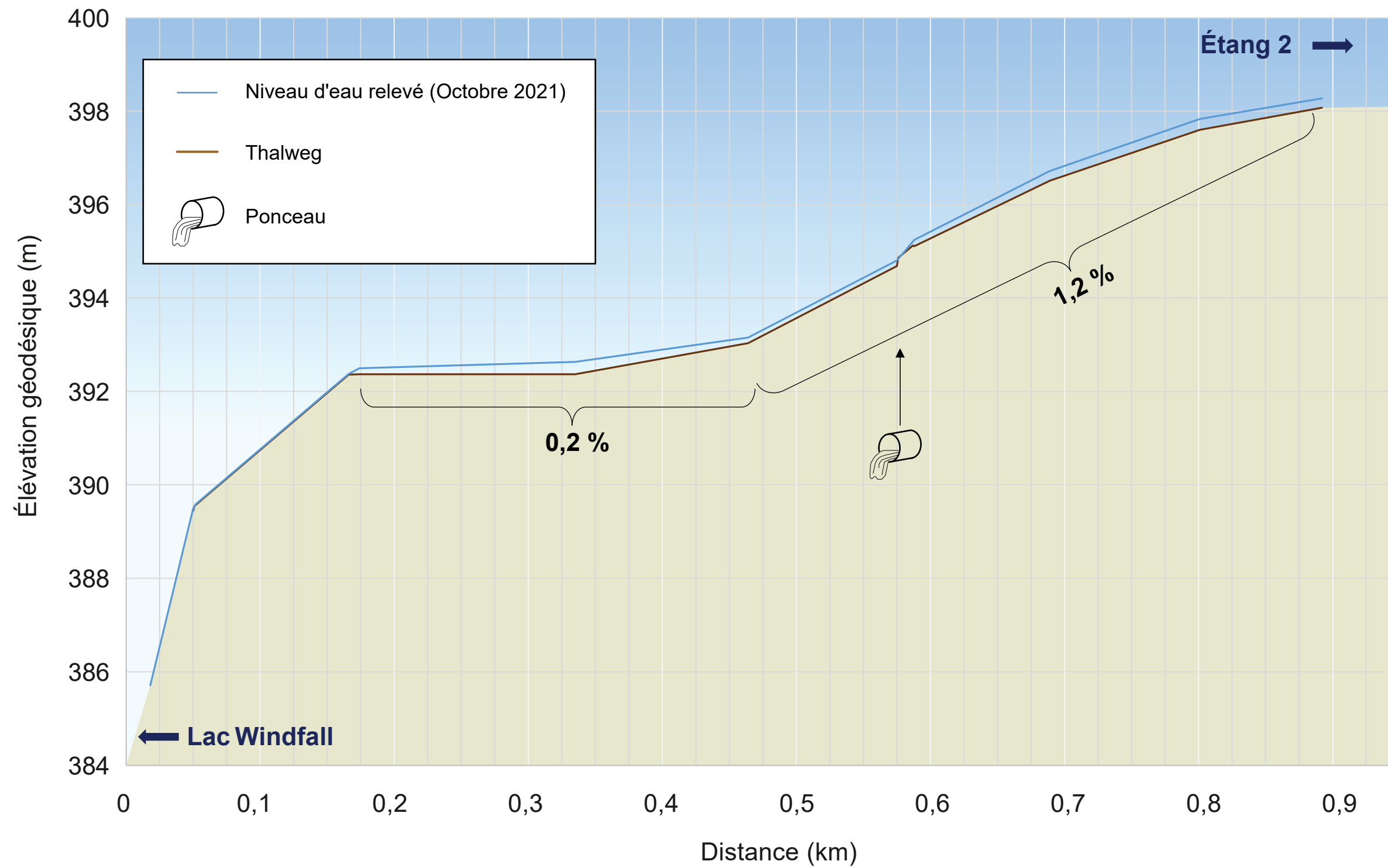


Figure 3-10
 Profil longitudinal du cours d'eau CE07

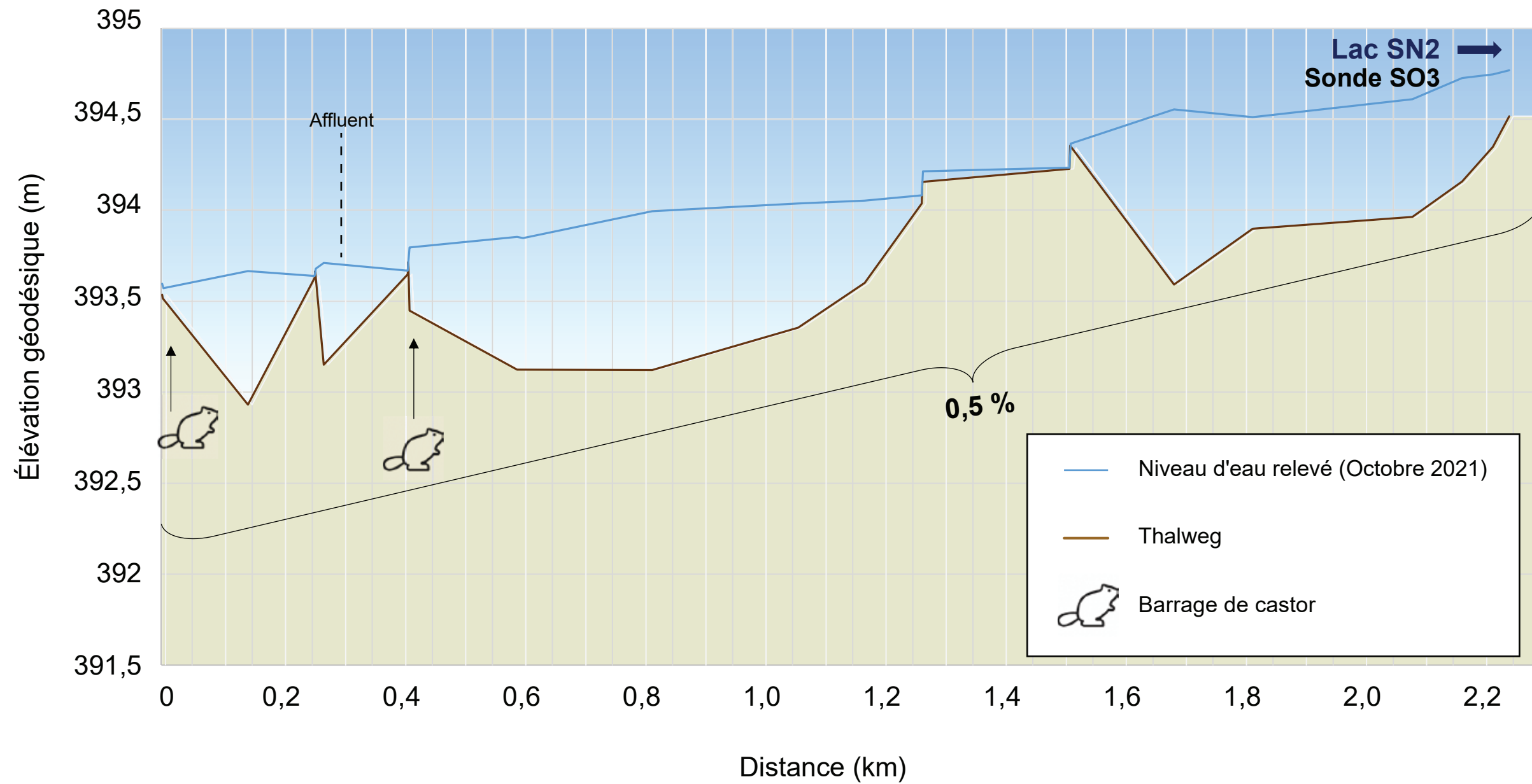


Figure 3-11
Profil longitudinal du cours d'eau SN2-E1

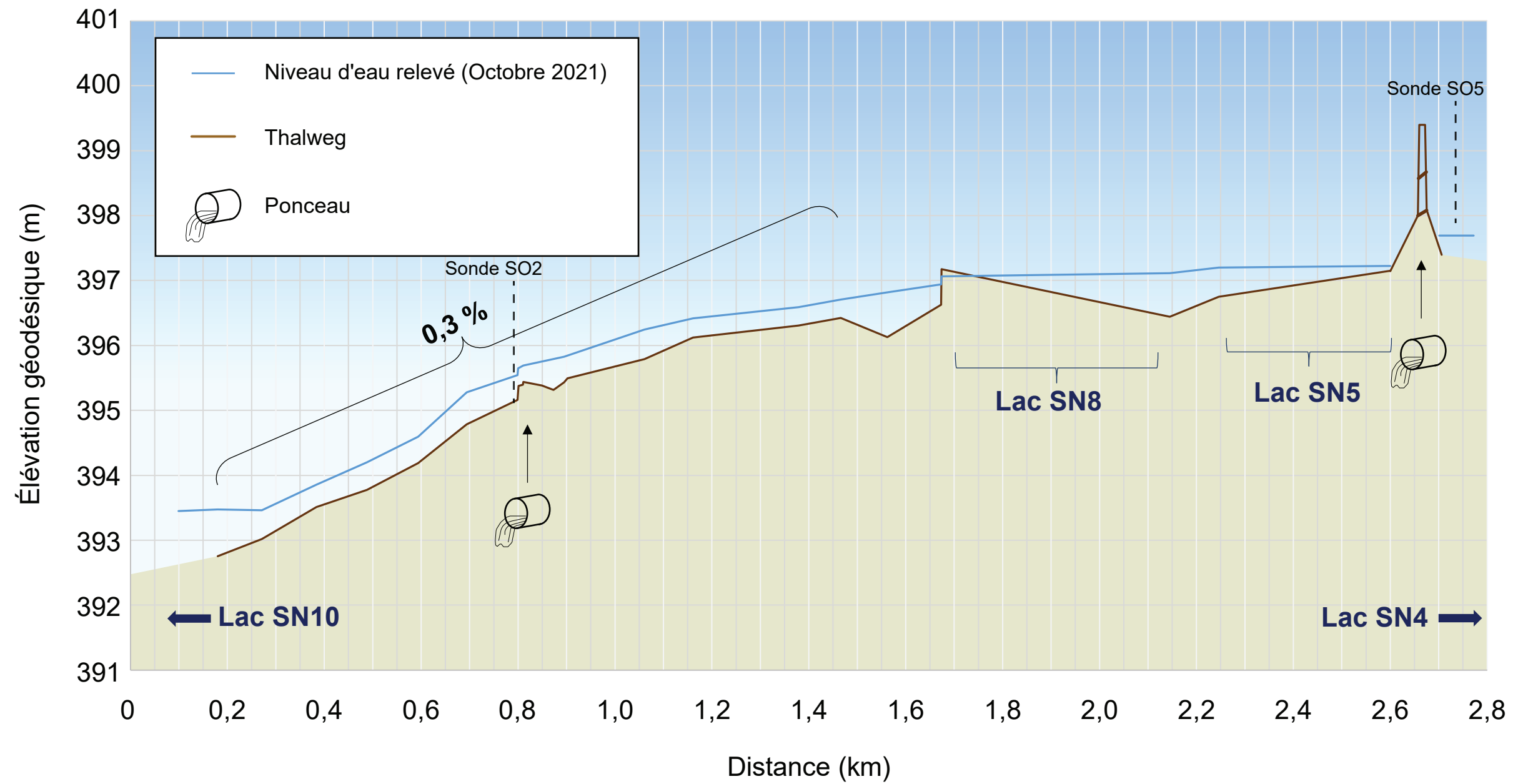


Figure 3-12
Profil longitudinal des cours d'eau entre les lacs SN4 et SN10

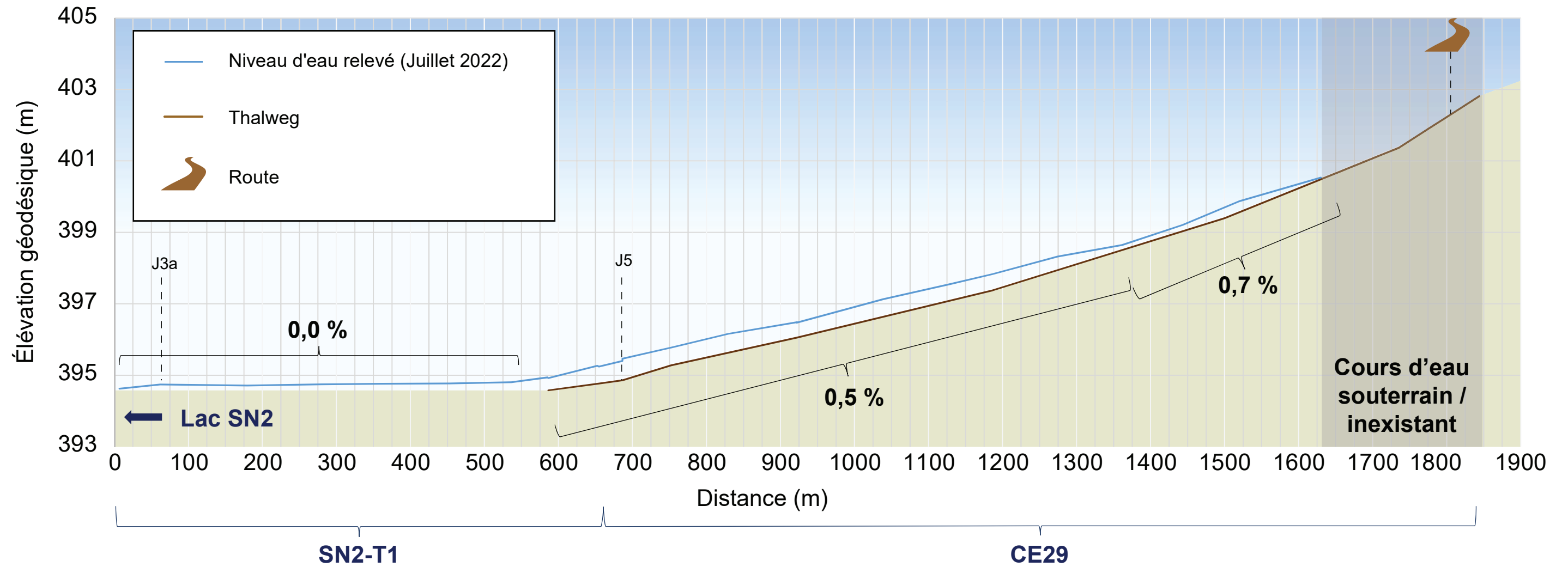


Figure 3-13
 Profil longitudinal des cours d'eau SN2-T1 et CE29

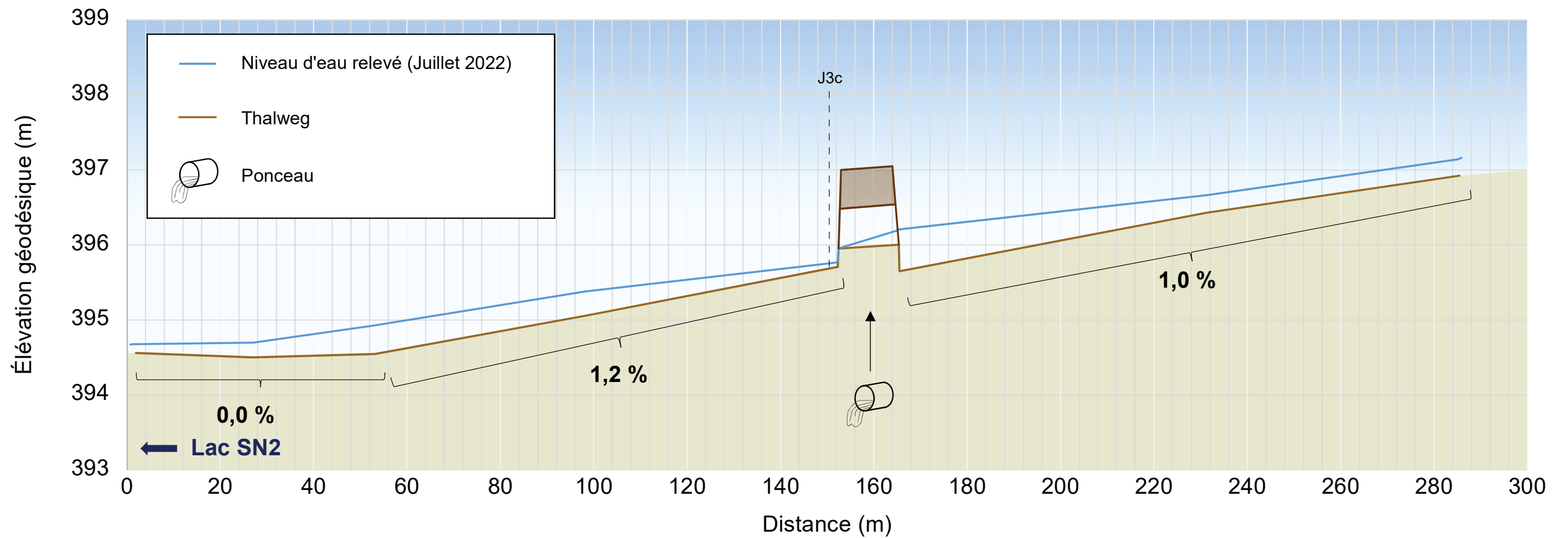


Figure 3-14
 Profil longitudinal des cours d'eau CE23-CE24

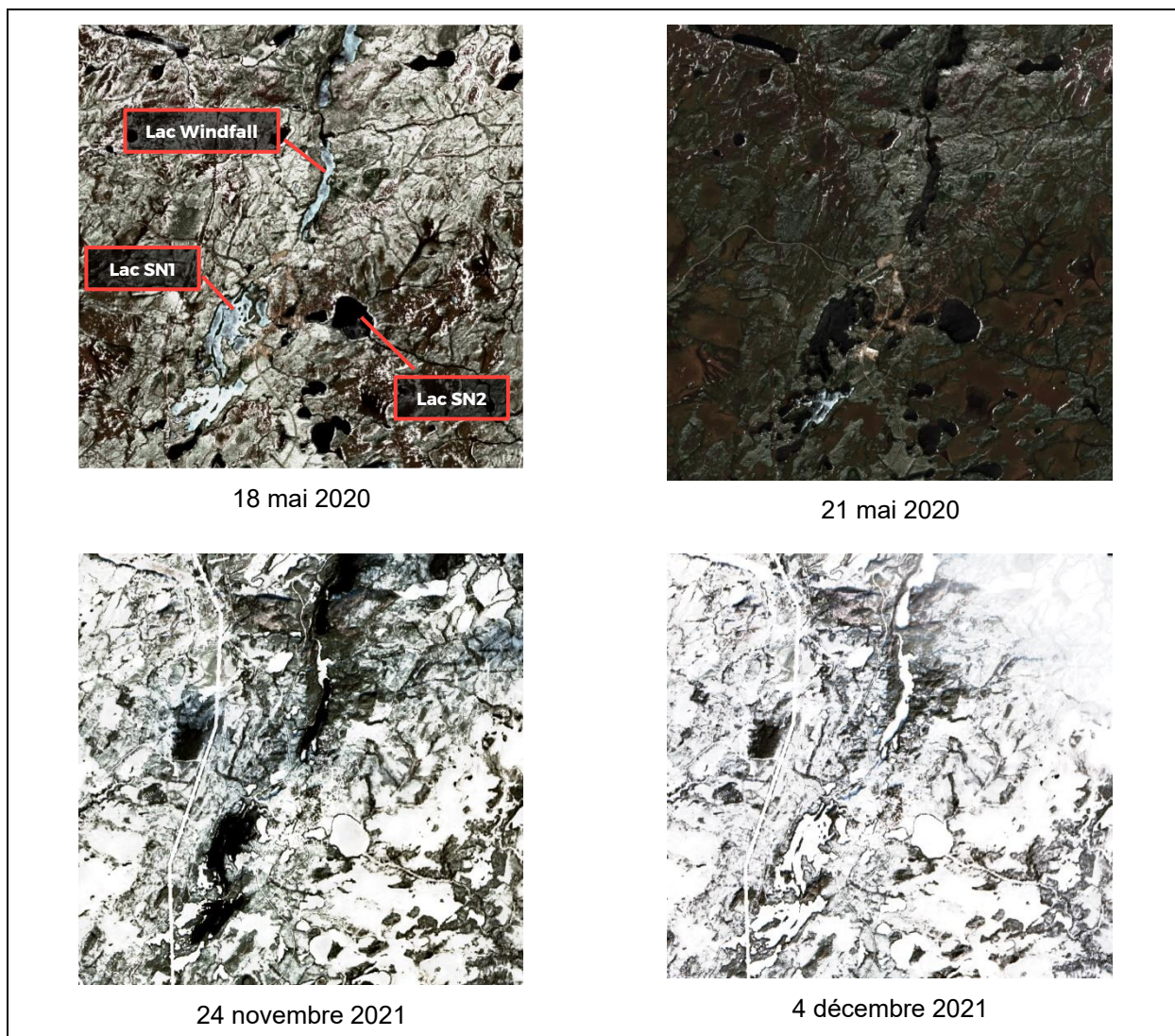


Figure 3-15 Exemple de photos aériennes permettant d'estimer la date de gel / dégel des lacs de la zone d'inventaire (SentinelHub)

3.3.3 DÉBITS CARACTÉRISTIQUES

3.3.3.1 DÉBITS DE CRUE

Les tableaux 3-14 à 3-17 présentent les débits de crue aux points de calcul P1 (bassin versant CE06B), P2 (bassin versant CE02), P3 (bassin versant de l'exutoire du lac SN2) et P3a (bassin versant SN2-T1), respectivement obtenus par la méthode rationnelle et par transfert de bassin versant avec le bassin de la rivière des Eaux Volées (051003). Les débits de crue obtenus par transfert de bassin versant du tronçon ABIT00491 de l'Atlas hydroclimatique du CEHQ sont également présentés dans le tableau à des fins de comparaison.

Malgré la disponibilité des débits de crue à la station des Eaux Volées, les débits de crue fournis par la méthode rationnelle sont privilégiés ici, car cette méthode de calcul a l'avantage de prendre en compte les paramètres physiques du bassin versant étudié (pente moyenne, pente du cours d'eau, type d'occupation du sol, coefficient de ruissellement, temps de concentration, laminage, etc.). Avec cette méthode, les débits de crue pour la période de retour de 2 ans varient de 1,2 à 2,7 l/s/ha. Les débits de crue obtenus avec les données de l'Atlas hydroclimatique sont généralement plus faibles que ceux obtenus par les autres méthodes. Cela peut, entre autres, s'expliquer par le fait que le bassin versant du tronçon utilisé est près de 5 fois plus grand que ceux des bassins à l'étude, ce qui peut résulter en des débits unitaires de crue inférieurs.

Tableau 3-14 Débits de crue au point P1 aux périodes de retour 2, 10, 25, 50 et 100 ans, obtenus par la méthode rationnelle et par transfert de bassin versant

Période de retour (années)	Méthode rationnelle (retenue) (m ³ /s)	Transfert de bassin versant (m ³ /s)	Atlas hydroclimatique (m ³ /s)
2	3,10	4,40	1,44
10	4,90	6,99	2,12
25	5,80	8,27	-
50	6,30	9,22	-
100	7,14	10,17	2,95

Tableau 3-15 Débits de crue au point P2 aux périodes de retour 2, 10, 25, 50 et 100 ans, obtenus par la méthode rationnelle et par transfert de bassin versant

Période de retour (années)	Méthode rationnelle (retenue) (m ³ /s)	Transfert de bassin versant (m ³ /s)	Atlas hydroclimatique (m ³ /s)
2	2,46	3,16	1,03
10	3,89	5,01	1,52
25	4,61	5,93	-
50	5,01	6,61	-
100	5,68	7,29	2,12

Tableau 3-16 Débits de crue au point P3 aux périodes de retour 2, 10, 25, 50 et 100 ans, obtenus par la méthode rationnelle et par transfert de bassin versant

Période de retour (années)	Méthode rationnelle (retenue) (m ³ /s)	Transfert de bassin versant (m ³ /s)	Atlas hydroclimatique (m ³ /s)
2	2,56	3,80	1,24
10	4,05	6,02	1,83
25	4,80	7,13	-
50	5,21	7,95	-
100	5,91	8,77	2,54

Tableau 3-17 Débits de crue au point P3a aux périodes de retour 2, 10, 25, 50 et 100 ans, obtenus par la méthode rationnelle et par transfert de bassin versant

Période de retour (années)	Méthode rationnelle (retenue) (m ³ /s)	Transfert de bassin versant (m ³ /s)	Atlas hydroclimatique (m ³ /s)
2	0,91	2,81	0,92
10	1,44	4,46	1,36
25	1,71	5,29	-
50	1,84	5,89	-
100	2,10	6,50	1,89

3.3.3.2 DÉBITS D'ÉTIAGE

Les tableaux 3-18 à 3-21 présentent respectivement les débits d'étiage aux points de calcul P1 (bassin versant CE06B), P2 (bassin versant CE02), P3 (bassin versant de l'exutoire du lac SN2) et P3a (bassin versant SN2-T1), calculés au droit des sondes, à partir de la méthode de transfert de bassin versant et de la méthode d'estimation des débits d'étiage des régions du Nord québécois du MELCCFP. Les débits d'étiage obtenus par transfert de bassin versant du tronçon ABIT00491 de l'Atlas hydroclimatique du CEHQ sont également présentés dans le tableau à des fins de comparaison.

Le débit d'étiage annuel $Q_{10,7}$ est estimé entre 0,8 l/s/km² avec la méthode de régression linéaire et 5,2 l/s/km² par transfert de bassin, tandis que le débit d'étiage annuel $Q_{2,7}$ est estimé entre 1,7 l/s/km² par régression linéaire et 6,5 l/s/km² par transfert de bassin. Cette différence assez importante, notamment en hiver, s'explique par le fait que la méthode de régression linéaire est très conservatrice tandis que la station des Eaux Volées, qui est utilisée pour le transfert de bassin versant, est localisée plus au sud; elle a donc des étiages hivernaux beaucoup moins marqués. Les débits d'étiages provenant du transfert de bassin des débits de l'Atlas hydroclimatique sont généralement un intermédiaire entre les débits obtenus avec les deux autres méthodes, se rapprochant davantage de ceux de la régression linéaire pour les étiages estivaux.

Tableau 3-18 Débits d'étiage du point P1 obtenus par transfert de bassin versant et par la méthode de régression linéaire du MELCCFP

Période de retour (années)	Transfert de bassin versant		Régression linéaire (méthode retenue)		Atlas hydroclimatique	
	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)
Q _{2,7} annuel	0,09	89,46	0,02	22,77	0,05	52,98
Q _{10,7} annuel	0,07	71,26	0,01	11,18	0,04	41,12
Q _{5,30} annuel	0,08	84,91	0,02	15,19	0,05	48,02
Q _{2,7} estival	0,17	174,37	0,06	55,90	0,06	64,85
Q _{10,7} estival	0,13	130,40	0,02	24,72	0,04	36,70
Q _{5,30} estival	0,19	186,50	0,05	52,86	0,05	50,64

Tableau 3-19 Débits d'étiage au point P2 obtenus par transfert de bassin versant et par la méthode de régression linéaire du MELCCFP

Période de retour (années)	Transfert de bassin versant		Régression linéaire (méthode retenue)		Atlas hydroclimatique	
	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)
Q _{2,7} annuel	0,06	59,01	0,02	15,02	0,03	34,95
Q _{10,7} annuel	0,05	47,01	0,01	7,38	0,03	27,12
Q _{5,30} annuel	0,06	56,01	0,01	10,02	0,03	31,67
Q _{2,7} estival	0,12	115,02	0,04	36,87	0,04	42,78
Q _{10,7} estival	0,09	86,02	0,02	16,30	0,02	24,21
Q _{5,30} estival	0,12	123,02	0,03	34,87	0,03	33,40

Tableau 3-20 Débits d'été au point P3 obtenus par transfert de bassin versant et par la méthode de régression linéaire du MELCCFP

Période de retour (années)	Transfert de bassin versant		Régression linéaire (méthode retenue)		Atlas hydroclimatique	
	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)
Q _{2,7} annuel	0,07	74,30	0,02	18,91	0,04	44,01
Q _{10,7} annuel	0,06	59,19	0,01	9,29	0,03	34,15
Q _{5,30} annuel	0,07	70,52	0,01	12,61	0,04	39,88
Q _{2,7} estival	0,14	144,82	0,05	46,43	0,05	53,86
Q _{10,7} estival	0,11	108,30	0,02	20,53	0,03	30,48
Q _{5,30} estival	0,15	154,89	0,04	43,90	0,04	42,06

Tableau 3-21 Débits d'été au point P3a obtenus par transfert de bassin versant et par la méthode de régression linéaire du MELCCFP

Période de retour (années)	Transfert de bassin versant		Régression linéaire (méthode retenue)		Atlas hydroclimatique	
	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)
Q _{2,7} annuel	0,05	51,12	0,01	13,01	0,03	30,28
Q _{10,7} annuel	0,04	40,72	0,01	6,39	0,02	23,49
Q _{5,30} annuel	0,05	48,52	0,01	8,68	0,03	27,44
Q _{2,7} estival	0,10	99,64	0,03	31,94	0,04	37,06
Q _{10,7} estival	0,07	74,51	0,01	14,12	0,02	20,97
Q _{5,30} estival	0,11	106,57	0,03	30,20	0,03	28,93

3.3.3.3 DÉBITS MOYENS MENSUELS

Le tableau 3-22 présente les débits moyens mensuels aux points de calcul P1 (bassin versant CE06B), P2 (bassin versant CE02), P3 (bassin versant de l'exutoire du lac SN2) et P3a (bassin versant SN2-T1), estimés au droit des sondes, par transfert de bassin à partir de la station de référence de la rivière des Eaux Volées.

Tableau 3-22 Débits moyens mensuels spécifiques à la station des Eaux Volées

Mois	Point P1 (m ³ /s)	Point P2 (m ³ /s)	Point P3 (m ³ /s)	Point P3a (m ³ /s)
Janvier	0,17	0,11	0,14	0,10
Février	0,14	0,09	0,11	0,08
Mars	0,13	0,09	0,11	0,08
Avril	0,47	0,31	0,39	0,27
Mai	1,50	0,99	1,24	0,86
Juin	0,70	0,46	0,58	0,40
Juillet	0,47	0,31	0,39	0,27
Août	0,37	0,24	0,31	0,21
Septembre	0,38	0,25	0,31	0,21
Octobre	0,47	0,31	0,39	0,27
Novembre	0,44	0,29	0,36	0,25
Décembre	0,25	0,17	0,21	0,15

3.3.3.4 ANALYSE DES RÉSULTATS

DÉBITS DE CRUE

Le débit de crue de récurrence 2 ans du cours d'eau CE06B calculé par la méthode rationnelle s'élève $3,10 \text{ m}^3/\text{s}$ (tableau 3-14). Cette valeur est cohérente et d'un ordre de grandeur avec les valeurs mesurées sur le terrain, soit de $0,07$ à $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$. De la même façon, les débits de crue des cours d'eau CE02, SN2-E1 et SN2-T1 obtenus par la méthode rationnelle (tableau 3-15 à 3-17) semblent raisonnablement fiables par rapport aux débits mesurés.

DÉBITS D'ÉTIAGE

Les débits mesurés au cours d'eau CE06B lors des campagnes de 2015, 2016 et 2021 s'étendent de $0,07$ à $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$. Tous ces débits ont été mesurés durant la période considérée comme estivale par le CEHQ (du 1^{er} juin au 30 novembre). Les débits d'étiage estivaux estimés par la méthode de transfert de bassin versant de la station des Eaux Volées (tableau 3-18) sont du même ordre de grandeur ($0,13$ à $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$). Ces résultats suggèrent que les débits d'étiage fournis par la méthode de transfert de bassin de la station des Eaux Volées sont légèrement surestimés au cours d'eau CE06B, car les valeurs mesurées ne correspondaient pas au minimum enregistré par les sondes à niveau durant l'été. Les résultats de la méthode de régression linéaire, plus conservateurs (notamment grâce à l'application d'un coefficient de sécurité lors du calcul des indicateurs de débits d'étiage), sont donc privilégiés ici pour l'étude des étiages du cours d'eau CE06B.

La conclusion reste similaire quant à la fiabilité des débits d'étiage estival fournis par la méthode de transfert de bassin versant de la station des Eaux Volées au cours d'eau CE02 (tableau 3-19), puisque les valeurs des indicateurs de débits d'étiage ($0,09$ à $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$) sont du même ordre de grandeur que les débits mesurés sur le terrain ($0,03$ à $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$), mais qu'ils surestiment probablement les débits. En revanche, la méthode de régression linéaire fournit des valeurs de débits d'étiage estival ($0,02$ à $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$) qui sont plus semblables aux valeurs de débits mesurés sur le terrain ($0,03$ à $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$).

Les mêmes conclusions peuvent être tirées pour l'exutoire du lac SN2 quant à ces deux différentes méthodes de calcul (tableau 3-20). Les débits mesurés ($0,09$ à $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$) sont du même ordre de grandeur que les débits d'étiages des différentes méthodes, mais le transfert de bassin versant avec la station des Eaux Volées surestime probablement les étiages ($0,11$ à $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$), étant donné que les mesures n'ont pas été prises aux moments où les niveaux d'eau étaient au plus bas de la saison.

Pour ce qui est du tributaire 1 du lac SN2, les débits d'étiages des différentes méthodes (tableau 3-21) sont également dans le même ordre de grandeur que les mesures prises sur le terrain en dehors d'une période de crue ($0,02$ à $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$). La méthode de transfert de bassin versant, cependant, surestime probablement aussi les débits d'étiage ($0,07$ à $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$).

Les débits d'étiage obtenus par transfert de bassin versant à partir du tronçon ABIT00491 de l'Atlas hydroclimatique semblent également être de bons estimateurs des étiages des trois bassins versants à l'étude, mais considérant le manque de fiabilité et de précision de cette source de données, ces débits ne sont pas retenus pour la présente étude.

DÉBITS MOYENS MENSUELS

Les valeurs de débits moyens mensuels des mois d'octobre et de novembre calculés à l'aide de la méthode de transfert de bassin versant aux trois points de calcul (tableau 3-22) correspondent à des valeurs plusieurs fois plus grandes que les débits mesurés en octobre et en novembre. Cette différence peut à la fois provenir de l'incertitude dans la méthode de calcul par transfert de bassin, mais aussi du fait qu'une valeur mesurée sur le terrain est une valeur instantanée de débit, alors que la moyenne mensuelle intègre le ruissellement dû aux précipitations ayant eu lieu durant le mois concerné.

4 CONCLUSION

Ce rapport présente un portrait climatique global de la zone d'inventaire et caractérise les cours d'eau potentiellement affectés par le projet minier Windfall, incluant une synthèse des données disponibles et des campagnes de terrain réalisées par WSP en 2015, en 2016, en 2021 et en 2022 dans le cadre du projet.

Les données météorologiques des stations météorologiques d'Environnement et Changement climatique Canada de Lebel-sur-Quévillon et d'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'inventaire est de type continental humide, 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 de Lebel-sur-Quévillon à 95 km à l'ouest du site à l'étude étant de $-43,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ et de $34,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le mois de janvier est le mois le plus froid, avec une température moyenne de $-17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ alors que juillet est le mois le plus chaud, avec une température moyenne de $17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Les précipitations totales annuelles atteignent en moyenne $927,8\text{ mm}$ et sont plus abondantes d'avril à octobre. Les chutes de neige s'échelonnent de novembre à avril et équivalent en moyenne à $226,2\text{ mm}$ d'eau. Ces caractéristiques climatiques ont une incidence sur les débits des cours d'eau présents sur le site du projet minier Windfall.

Les débits caractéristiques (débits moyens, de crue et d'étiage) des cours d'eau potentiellement touchés par le projet dans la zone d'inventaire ont été estimés. Au nord le cours d'eau CE02, au sud le cours d'eau CE06B et à l'est l'exutoire du lac SN2 et le tributaire 1 du lac SN2 (SN2-T1) ont fait l'objet de caractérisations hydrologiques. Le débit moyen annuel spécifique des cours d'eau de la zone d'inventaire est estimé à $33,1\text{ l/s/km}^2$. Le débit d'étiage annuel $Q_{10,7}$ est estimé entre $0,8$ et $5,2\text{ l/s/km}^2$ et le débit d'étiage annuel $Q_{2,7}$, entre $1,7$ et $6,5\text{ l/s/km}^2$ selon les méthodes utilisées. Les débits de crue évalués par la méthode rationnelle varient de $1,2$ à $2,7\text{ l/s/ha}$ pour une période de retour de 2 ans. Ces valeurs faibles sont dues au fait que les bassins versants sont assez plats, avec un grand pourcentage de lacs et de milieux humides.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANCTIL, F. 2005. *Hydrologie, cheminements de l'eau*. Presses internationales Polytechnique éd. 317 p.
- CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2022. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional, Indicateurs 2011-2040*. En ligne: <https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/index.htm>.
- CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2020. *Débits de crue aux stations hydrométriques du Québec (Débits moyens journaliers)*. En ligne: <https://www.cehq.gouv.qc.ca/debits-crues/index.htm>.
- CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2014. *Débits d'étiage aux stations hydrométriques du Québec*. En ligne: <https://www.cehq.gouv.qc.ca/debit-etiage/index.htm>.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (ECCC). 2022. *Normales et moyennes climatiques de 1981-2010*. En ligne: www.climat.meteo.gc.ca.
- GOLDER. 2020. *Climate parameters for preliminary economical assessment reporte - Windfall project, Quebec*. Technical Memorandum.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2017. *Portail Québec – Services Québec – Géographie*. En ligne: www.gouv.qc.ca/FR/LeQuebec/Pages/Geographie.aspx#climat.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ). 2020. *Manuel de conception des ponceaux*. Bibliothèque nationale du Québec.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017. *Estimation des débits d'étiage pour le Nord-du-Québec : Solution à court terme*. 5 pages.

ANNEXE

A

**RÉPERTOIRE
PHOTOGRAPHIQUE**

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 1

Point de calcul P1 – vue vers l’aval, au droit de la sonde SO1 - 24/10/2015



Photo 2

Point de calcul P1, installation de la sonde SO1 - 25/10/2015

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 3

Point de calcul P2, installation de la sonde SO2 - 23/10/2015



Photo 4

Site de jaugeage J2 au droit de la sonde SO2 - 23/10/2015

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 5

Point de calcul P1 – vue vers l’amont, installation de la sonde SO1 - 31/05/2016



Photo 6

Point de calcul P1 – vue vers l’aval, installation de la sonde SO1 - 31/05/2016

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 7

Installation du pluviomètre, site sud - 01/06/2016



Photo 8

Point de calcul P2, installation de la sonde - 31/05/2016

PROJET MINIER WINDFALL
 Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 9

Site de jaugeage J2 au droit de la sonde SO2 - 31/05/2016



Photo 10

Point de calcul P1 – vue vers l’amont, retrait de la sonde SO1 - 25/10/2016

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie

**Photo 11**

Point de calcul P1 – vue vers l’aval, retrait de la sonde SO1 - 25/10/2016

**Photo 12**

Retrait du pluviomètre rempli de neige, site sud - 25/10/2016

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 13

Point de calcul P2, retrait de la sonde SO2 - 25/10/2016



Photo 14

Installation de la sonde SO3 - 08/06/2021

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 15

Point de calcul P3 – vue vers l’amont, site du jaugeage J3 à l’exutoire du lac SN2 - 08/06/2021



Photo 16

Tributaire 1 du lac SN2, site du jaugeage J3a - 08/06/2021

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 17

Tributaire 2 du lac SN2, site du jaugeage J3b - 21/10/2021



Photo 18

Barrage de castor en aval de la ligne d'eau réalisée sur le cours d'eau SN2-E1
(PK 0,0) - 23/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 19

PK 0,25 SN2-E1 - 23/10/2021



Photo 20

Barrage de castor sur le cours d'eau SN2-E1 (PK 1,51) - 23/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 21

Allure générale du cours d'eau SN2-E1 - 23/10/2021



Photo 22

Ponceau en TTO relevé sur le cours d'eau CE07 - 19/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL

Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie

**Photo 23**

CE07, site du jaugeage J4 en amont du lac Windfall - 20/10/2021

**Photo 24**

Étang 2 en amont de la ligne d'eau relevée sur le cours d'eau CE07 20/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL

Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie

**Photo 25**

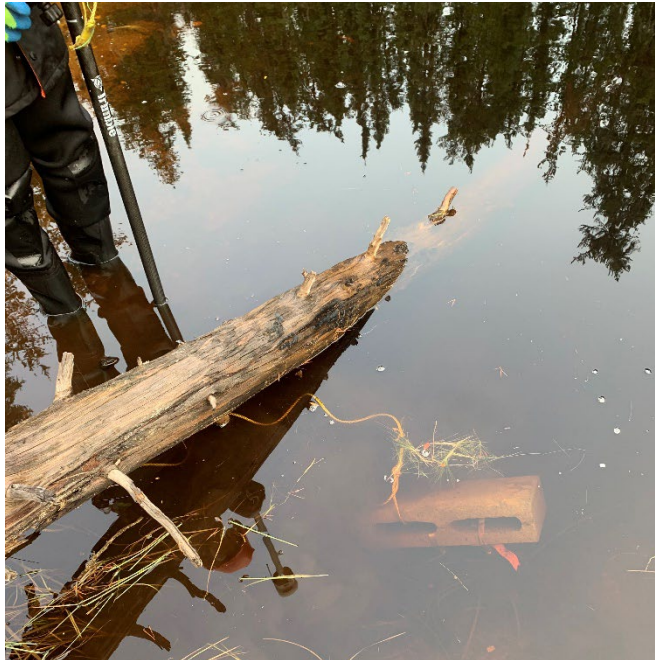
Portion du cours d'eau CE07 plus abrupte avant de se jeter dans le lac Windfall (PK 0,02) 20/10/2021

**Photo 26**

Barrage de castor sur le cours d'eau CE06B (PK 0,38) 20/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL

Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie

**Photo 27**

Sonde SO4 lors de son retrait - 20/10/2021

**Photo 28**

Point de calcul P1, jaugeage J1 au droit de la sonde SO1 - 20/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL

Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 29

Point de calcul P2 – Jaugeage dans le ponceau au droit de la sonde SO2 - 20/10/2021



Photo 30

Ponceau situé au PK 0,80 - 20/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL
Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 31

Lac SN5 – vue de l'amont (PK 2,14) - 20/10/2021



Photo 32

Lac SN8 – vue de l'amont (PK 2,60) - 20/10/2021

PROJET MINIER WINDFALL

Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie



Photo 33

Localisation de la sonde SO5, dans le lac SN4 - 10/06/2021



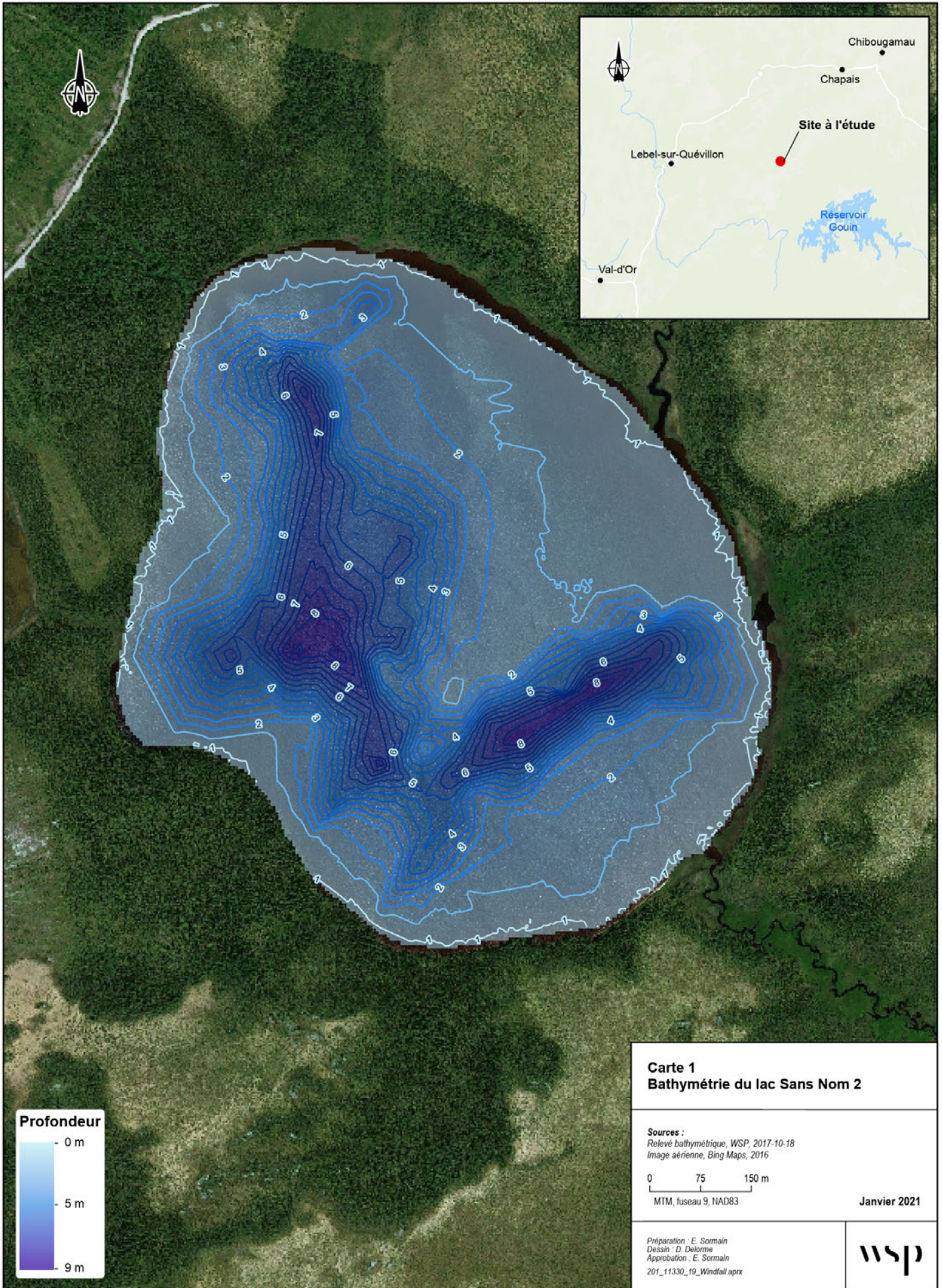
Photo 34

Sonde SO5, près de l'exutoire du lac SN4 - 20/10/2021

ANNEXE

B

BATHYMÉTRIE DU
LAC SN2



La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.

