



NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE(S) : M. Gaétan Veillette, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
M. Henrik Rasmussen, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

EXPÉDITEUR : 53-54 WSP Canada Inc.

COPIE : 53-54 WSP Canada Inc.
WSP Canada Inc.

OBJET : Résultats de la validation du modèle hydrologique de l'ancien site minier St. Lawrence Colombium - Volet hydrologique

N° DE PROJET : 201-00652-00

DATE : 4 février 2022

1. INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE

Depuis 2006, 134 millions de dollars (M\$) ont été investis par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) pour la restauration, la sécurisation, l'entretien et le suivi des sites miniers abandonnés. Au cours des dernières années, plusieurs sites ont fait l'objet de travaux de restauration dans différentes régions du Québec. L'ancien site minier St. Lawrence Columbiun (SLC) figure dans la catégorie des sites en restauration de la région des Laurentides.

Le site minier SLC est situé sur le territoire de la municipalité d'Oka, à environ 32 km à l'ouest de Montréal. Ce site minier comporte un parc à résidus miniers d'une superficie d'environ 18 hectares (ha), des haldes à stériles miniers d'une superficie totale d'environ 10 ha et deux fosses contiguës occupant environ 4 ha. Le site comporte aussi un secteur industriel, où des fondations et des structures des anciennes installations sont présentes.

Après l'étude de caractérisation environnementale de l'ancien site minier SLC menée par WSP Canada Inc. (WSP, 2018), le MERN fait appel à WSP afin de l'accompagner dans le développement d'un plan de restauration de ce même site.

Dans le cadre de la restauration de l'ancien site minier SLC, WSP a été mandatée afin de procéder à la caractérisation hydrologique du site. Dans le cadre de cette caractérisation, une première note technique regroupant les résultats de la campagne de mesures organisée par WSP, soit les mesures de niveau d'eau et les résultats de jaugeages réalisés à différents points stratégiques à l'intérieur et aux alentours de site à l'étude, a été transmise en janvier 2021 (version préliminaire).

La présente note technique est pour donner suite à la caractérisation hydrologique de l'ancien site minier SLC.



1.2 OBJECTIFS

Cette note technique a pour but de présenter le modèle hydrologique de l'ancien site minier SLC dans son état actuel, et sa validation basée sur les données recueillies du terrain (saison de terrain de 13 juillet 2020 au 10 novembre 2020). Le rapport présente les sections suivantes :

- Caractérisation des différents bassins versants de la zone d'étude;
- Établissement du modèle hydrologique du site minier dans son état actuel;
- Résultats de la validation du modèle hydrologique.¹

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 CARATÉRISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude pour la caractérisation hydrologique intègre les bassins versants de l'ancien site minier SLC ainsi que les bassins versants entourant le site, au droit des sondes à niveaux installées durant l'été/l'automne 2020. Les bassins versants du site minier SLC drainent vers quatre principaux exutoires : fosse 1 (fosse Nord); fosse 2 (fosse Sud); effluent n° 2 (vers l'ouest du site); et effluent Saint Pierre à l'est du site à l'étude.

L'effluent n° 2 longe la partie nord-ouest du site pendant quelques centaines de mètres, avant de bifurquer légèrement juste avant le Rang Sainte-Sophie, où il rentre dans un ponceau. Le tracé observé de ce cours d'eau se trouvait décalé de quelques mètres du tracé officiel (Réseau hydro national [RHN])². De l'autre côté du ponceau, d'après les informations reçues de la municipalité d'Oka, l'effluent n° 2 est canalisé dans une conduite souterraine traversant sous la terre agricole, pour rejoindre le ruisseau Rousse. Les données concernant la géométrie et le matériau de cette conduite ne sont pas disponibles. Le tracé de cette conduite, comme indiqué sur la carte 1, est approximatif. Les eaux de la partie *est* du site sont drainées par un cours d'eau intermittent, dénommé effluent Saint-Pierre sur un plan de 1974 (WSP, 2018), qui s'écoule vers le sud-est. Un autre fossé est également présent tout au long de la limite sud-est du site à l'étude (WSP, 2018). Entre 1975 et 1980, l'étang de clarification s'est retrouvé divisé en deux parties : une située sur le sommet du parc à résidus miniers et l'autre en bordure du boisé, à l'est. Le tracé de la conduite enfouie reliant l'étang sur le sommet du parc à résidus et l'effluent Saint-Pierre, comme mentionné sur la carte 1, est approximatif. Selon l'historique du site minier, cette conduite est existante; néanmoins, le relevé géophysique ne l'a pas localisée.

Les bassins versants entourant le site à l'étude sont en majorité des bassins agricoles (vergers et champs) et des sous-bois denses avec la présence de quelques résidences et commerces, de taille et de pente moyennes. L'occupation des terrains avoisinant le site minier est décrite dans le tableau 1 (WSP, 2018).

¹ Dans cette note technique, les termes modèle hydrologique, modèle PCSWMM ou modèle du site minier, réfèrent au même modèle.

² <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/a4b190fe-e090-4e6d-881e-b87956c07977>



Tableau 1 Occupation des terrains voisins

Limite	Description
Limite nord-est	Terrain boisé
Limite nord-ouest	Terrains agricoles, incluant un verger (Vergers Cœur de Pomme)
Limite sud-ouest	Rang Sainte-Sophie suivi de terrains agricoles
Limite sud-est	Résidences, terrains vacants et terrains agricoles

Les caractéristiques des bassins versants au droit des sondes à niveaux sont résumées dans au tableau 2.

Tableau 2 Caractéristiques des bassins versants au droit des sondes à niveaux installées en juillet 2020

	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4	Sonde 5	Sonde 6	Sonde 7
Bassin versant (BV)	BV10-5 : bassin versant de la Fosse 1 (Fosse Nord)	BV10-3 : Bassin versant de la Fosse 2 (Fosse Sud)	BV3 et BV 10-7	BV3, BV 10-6 et BV 10-7	BV 1 et BV2	BV1, BV2, BV3, BV10-6, BV10-7, BV6, BV7, BV8 et BV9	BV5, BV10-2, BV10-1 et BV4
Plan d'eau	Fosse 1	Fosse 2	Effluent n° 2 ³	Effluent n° 2	Ruisseau Rousse ⁴	Ruisseau Rousse	Effluent Saint-Pierre
Superficie totale des BV (ha)	14,7	12,8	59	62,8	546,3	873	71,6
Pente moyenne des BV (%)	19,2	20,0	18,0	21,0	10,7	15,6	19,7
Longueur du cours d'eau principal (m)	-	-	251,3	470,2	3125,4	5446,8	360,27
Pente moyenne du cours d'eau (%)	-	-	0,44	0,82	0,33	0,21	0,98

2.2 DONNÉES DISPONIBLES

2.2.1 CAMPAGNE DE RELEVÉS

Une campagne de terrain a été réalisée à l'été/automne 2020 afin de caractériser sept sites à l'intérieur et à l'extérieur de l'ancien site minier SLC. La première visite s'est déroulée du 13 au 15 juillet 2020.

³ Les sondes 3 et 4 ont été placées sur l'effluent n° 2, avec la sonde 3 plus en amont.

⁴ Les sondes 5 et 6 ont été installées sur le ruisseau Rousse. La sonde 5 se trouvait en amont à la fois du double ponceau de la ruelle du verger et du ponceau du rang Sainte-Sophie, la sonde 6 plus en aval juste en amont du ponceau de la route 344.



Les travaux suivants ont été réalisés au cours de cette visite :

- installation du pluviomètre et des sondes à niveau : les sondes ont été installées aux endroits indiqués sur la carte 1;
- jaugeages (mesure du débit) au droit des sondes installées;

La deuxième visite s'est déroulée le 28 septembre 2020 et a consisté aux travaux suivants :

- vérification de bon fonctionnement des sondes;
- jaugeages (mesure du débit) au droit des sondes installées.

La dernière visite de terrain a eu lieu le 10 novembre 2020, afin d'effectuer des jaugeages supplémentaires et de récupérer les équipements.

Des relevés bathymétriques de deux fosses ont été effectués en date du 6 novembre 2020.

Une note technique décrivant le protocole de la campagne de terrain et les résultats obtenus a été émise en version préliminaire en janvier 2021. Les données (niveaux d'eau, jaugeages et pluviométrie) recueillies lors de la campagne de terrain ont été utilisées pour la validation du modèle hydrologique de la zone d'étude.

2.2.2 TOPOGRAPHIE ET PÉDOLOGIE DES BASSINS VERSANTS

Les cartes topographiques utilisées proviennent des données cartographiques numériques publiées par Ressources naturelles Canada (feuillet 31g09102 et 31g08202). Ces données montrent que le site à l'étude est à une altitude qui varie entre un peu moins de 100 m et un peu plus de 130 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Le point le plus haut du site minier se trouve sur le parc à résidus miniers. Ces cartes sont utilisées pour faciliter la délimitation des bassins versants du site minier et des bassins versants des cours d'eau relevés. Des modèles numériques de terrain (MNT) du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) sont également utilisés pour raffiner la délimitation des bassins versants, extraire les pentes des bassins versants et des cours d'eau et pour estimer les sections en travers des cours d'eau.

Les cartes pédologiques utilisées proviennent des documents pédologiques de l'institut de recherche et de développement en agroenvironnement (feuillet 31G08202 et 31G09102). Les données sur la pédologie des bassins versants de la zone d'étude permettent de donner une idée sur le pourcentage d'imperméabilité et le stockage en surfaces perméables et imperméables.

2.2.3 DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

Les données enregistrées par le pluviomètre du terrain s'étalent sur une période de presque quatre mois (du 13 juillet 2020 au 10 novembre 2020). L'annexe 1 représente la série des données pluviométriques journalières du terrain.

2.3 MODÉLISATION HYDROLOGIQUE

2.3.1 MODÈLE UTILISÉ

Les comportements hydrologique et hydraulique des bassins versants soumis à une précipitation peuvent être complexes. Un modèle nous fournit une vue simplifiée permettant de réduire cette complexité et de résoudre des problèmes spécifiques.



Le recours à la modélisation pour l'ancien site minier SLC permet, dans un premier temps, de comprendre la variation des niveaux d'eau dans les cours d'eau instrumentés et dans les deux fosses. Une fois le modèle avec les conditions actuelles calibré, il sera utilisé pour tester divers scénarios de restauration.

Le modèle utilisé est un modèle hydrologique élaboré à l'aide du logiciel PCSWMM (*Storm Water Management Model*) de l'agence américaine de protection de l'environnement (*US Environmental Protection Agency* [EPA]), appelé SWMM, version 5.1.013. L'utilisation de PCSWMM permettra de répondre au besoin de modéliser l'état actuel du site, puisque la plupart des conditions hydrologique/ hydraulique et de contrôles retrouvés dans l'ancien site minier et les bassins versants au droit des sondes peuvent être simulées.

Les processus pris en compte pour la modélisation hydrologique sont les suivants :

- L'évaporation : Les moyennes mensuelles de l'évaporation sont obtenues à partir des données sur les normales climatiques au Canada de 1981 à 2010 de la station météorologique Montreal/Pierre Elliott Trudeau Intl A (ID climatologique : 7025250).
- L'interception et le stockage dans les dépressions : La fraction d'eau interceptée varie selon le type du bassin versant modélisé (naturel ou aménagé). Le stockage dans les dépressions comprend l'eau emmagasinée dans les creux.
- Le ruissellement, dont les paramètres principaux sont le pourcentage d'imperméabilité de chaque bassin versant selon l'occupation du sol (sous-bois, stériles, résidus miniers, etc.), le coefficient de Manning-Strickler pour les surfaces imperméables et la hauteur d'eau stockée sur les surfaces imperméables.
- L'infiltration : L'estimation de l'importance de ce processus permet d'estimer quelle fraction d'eau tombée sur un bassin versant alimentera l'écoulement de surface et l'écoulement souterrain. L'infiltration d'eau dans le sol varie d'un bassin de drainage à un autre selon le type de sol, la couverture du sol, la topographie, etc. Dans la modélisation faite sur PCSWMM de la zone d'étude, l'infiltration est définie par le modèle d'Horton, et les paramètres à déterminer pour chaque bassin versant sont : le taux d'infiltration maximal et minimal, le taux de séchage et la constante de décroissance.

À noter que les écoulements souterrains ne sont pas pris en considération dans le modèle élaboré.

2.3.2 INTRANTS POUR LE MODÈLE

DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Les données du pluviomètre installé sur le site durant la période de 13 juillet 2020 au 10 novembre 2020 sont utilisées pour la modélisation. Le tableau 3 présente les caractéristiques du pluviomètre utilisé. La série de pluie utilisée pour la modélisation est au pas de 15 minutes, pour pouvoir observer la réaction des petits bassins versants de la zone d'étude qui ont un temps de réponse très court, et les variations des niveaux d'eau à la suite des événements pluviométriques.



Tableau 3 **Caractéristiques des stations météorologiques**

Station météorologique	Latitude	longitude	Altitude (m)	Période d'enregistrement
Pluviomètre de terrain	263699.194 m	5040523.806 m	141,822	13 juillet 2020 - 10 novembre 2020
Station Montréal/Pierre Elliott Trudeau Intl A	45°28'00.000" N	73°45'00.000" O	36,00	Normales et moyennes climatiques au Canada 1981-2010

Le module évaporation a été également intégré dans le modèle hydrologique. Une recherche des stations météorologiques à proximité de la zone d'étude a permis de déterminer que la station Montreal/Pierre Elliott Trudeau Intl A (ID climatologique : 7025250) d'Environnement Canada est la plus proche du site minier SLC ayant des données sur l'évaporation. Cette station se trouvait à une distance de 22 km de site d'étude. Les caractéristiques de cette station sont détaillées au tableau 3. Les moyennes mensuelles d'évaporation sont présentées au tableau 4.

Tableau 4 **Moyennes mensuelles d'évaporation (Normales climatiques au Canada de 1981 à 2010)**

	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Évaporation des lacs (mm)	0	0	0	0	4,2	4,6	4,6	3,8	2,6	1,7	0	0

COURBES DE STOCKAGE DES FOSSES

Les courbes de stockage de deux fosses sont extraites à partir des relevés bathymétriques de la fosse 1 et de la fosse 2, effectués le 6 novembre 2020 par l'équipe d'hydrométrie/bathymétrie de WSP. Les relevés bathymétriques sont présentés dans l'annexe 2.

PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS

Les paramètres hydrologiques des bassins versants de la zone d'étude sont déduits à partir :

- des observations de terrain;
- des données pédologiques;
- du type d'occupation des sols (agriculture, sous-bois dense...);
- de l'historique de site minier sur l'occupation de terrain (résidus miniers, stériles, etc.);
- des données topographiques;
- du Manuel de conception des ponceaux du MTQ (2004).

Le coefficient de Manning choisi pour les cours d'eau est de 0,04 pour des cours d'eau sans débris, sinueux, avec présence de fosses et de hauts-fonds (Manuel de calcul et de conception des ouvrages municipaux de gestion des eaux pluviales, 2017). Ces paramètres sont choisis comme base pour les simulations.



2.3.3 VALIDATION DU MODÈLE

Une validation du modèle PCSWMM est effectuée à partir des données recueillies lors de la campagne de terrain réalisée entre 13 juillet 2020 et 10 novembre 2020. Les paramètres du modèle ont ainsi été ajustés de manière à reproduire autant que possible les niveaux d'eau observés.

2.3.4 PRÉCISION DE MODÈLE

Les limites de la modélisation sont les suivantes :

- bathymétrie : absence de relevé bathymétrique des fonds des cours d'eau modélisés;
- dysfonctionnement de la sonde 7, installée en aval de l'effluent Saint Pierre (données aberrantes pour cette sonde);
- les écoulements souterrains ne sont pas pris en considération dans le modèle élaboré;
- précision des instruments de mesure, en particulier pour les faibles débits;
- incertitudes inhérentes à la modélisation numérique;
- aucune mesure en hiver ou lors de la fonte printanière.

3. RÉSULTATS

La validation du modèle a été faite avec des données de pluviométrie, de débits et de niveaux d'eau relevés durant la période de 13 juillet 2020 au 10 novembre 2020, ce qui exclut la période de la fonte de neige printanière. À noter que pour l'effluent Saint-Pierre, la validation n'a pas pu être effectuée avec les données de niveaux d'eau relevés lors de la campagne de terrain, en raison du dysfonctionnement de la sonde 7.

Les graphiques des niveaux d'eau simulés vis-à-vis les niveaux d'eau observés (relevés de terrain à l'emplacement des sondes) sont présentés dans l'annexe 3. Les données de précipitations sont également présentées sur ces graphiques.

3.1.1 FOSSES

Sur les deux premiers graphiques représentant les niveaux d'eau simulés et observés dans les fosses 1 et 2, l'allure générale des graphiques observés montre une descente de niveau d'eau depuis le début de l'enregistrement (14 juillet 2020) jusqu'à la désinstallation de deux sondes (10 novembre 2020) de 45 cm et 42 cm, respectivement pour la Fosse 1(Obs.) et la Fosse 2 (Obs.), alors qu'aucun exutoire n'a été observé. L'effet de l'évaporation ne permet pas à lui seul d'expliquer cette allure descendante des niveaux d'eau.

Deux principales causes pourraient expliquer ce graphique, soit l'existence d'un ponceau ou autre exutoire qui ramène l'eau des deux fosses vers un cours d'eau avoisinant (p. ex. effluent n° 2) ou l'infiltration des eaux vers la nappe souterraine, possiblement via des anciennes galeries souterraines.

Les observations sur le terrain ainsi que les discussions avec les hydrogéologues impliqués dans le projet de restauration du site minier SLC n'ont pas permis de confirmer l'existence d'un ponceau qui drainerait l'eau des fosses vers un cours d'eau avoisinant. L'hypothèse d'infiltration des eaux est donc retenue.



Cette infiltration dans la Fosse 1 et la Fosse 2 est traduite par l'ajout d'une conductivité hydraulique saturée (mm/h) dans le modèle au niveau des fosses, et la valeur est ajustée de manière à reproduire les niveaux d'eau observés le plus proche que possible. Une valeur de 0,3 mm/h est ainsi retenue. Cette valeur est considérée élevée pour être attribuée uniquement à l'infiltration au travers du roc ou matériaux existant au fond des fosses. Elle représente, en réalité certainement, l'écoulement de l'eau à travers les anciennes galeries souterraines désormais vides et abandonnées, et non modélisées dans le modèle hydrologique.

À noter que la valeur de conductivité hydraulique obtenue à la suite de cet exercice n'est valable que pour les périodes d'été et d'automne (période de mesure). Pendant le printemps, à la suite de la fonte de la neige et des chutes de pluie, le comportement des deux fosses n'a pas été enregistré et est susceptible de changer, ce qui rend la valeur de conductivité trouvée par validation potentiellement non valide pour cette période de l'année.

En analysant les graphiques de l'annexe 3, on constate également les points suivants :

- Pour les deux fosses, le graphique des niveaux d'eau simulés présente une allure générale qui ressemble au graphique des données observées. À la suite d'un événement pluvial important, le niveau d'eau remonte puis descend. Le modèle reproduit bien ces variations. Les pics de niveau sont légèrement décalés des pics de pluviométrie (quelques heures), ce qui correspond au temps de concentration des bassins versants des fosses.
- Les graphiques des deux fosses montrent que le modèle sous-estime les niveaux d'eau pour la période de fin octobre-début novembre. Ceci pourrait être dû à l'effet des interactions avec les eaux souterraines, qui soutiennent les niveaux d'eau dans les fosses durant les périodes sans pluie. En effet, en réalité, le taux d'infiltration est probablement variable selon les saisons, alors qu'un taux constant a été utilisé dans le modèle. Le modèle semble toutefois satisfaisant pour représenter le comportement des fosses.

3.1.2 COURS D'EAU

Pour les sondes 3 et 4, le modèle produit bien une allure générale qui correspond à ce qui est attendu pour des petits cours d'eau (longueur totale de l'effluent n°2 est 473 m), avec des petits bassins versants (59 ha pour la sonde 3; 62,8 ha pour la sonde 4) : montée rapide des niveaux d'eau à la suite d'un événement pluviométrique, et descente un peu plus lente. Pour les niveaux d'eau simulés, la descente est un peu plus rapide que les données observées. De plus, pour la sonde 4, les niveaux d'eau simulés reviennent systématiquement à un niveau de base, qui correspond à l'élévation du fond du cours d'eau, après la fin de chaque événement pluviométrique, ce qui n'est pas le cas pour les niveaux d'eau observés. En effet, on observe une tendance à la hausse des niveaux observés à partir de la mi-août. Ceci pourrait être lié à la formation d'un contrôle hydraulique dans le cours d'eau (branches d'arbres, empierrement, embâcles de végétation, etc.), courant dans ce type de petit cours d'eau qui soutient les niveaux d'eau observés et qui ne peut pas être modélisé.

Le graphique de la sonde 3 montre que le modèle est sensible aux événements pluviométriques de forte intensité et de courte durée (événements isolés : 19 juillet, 26 juillet, 23 août), et réagit un peu plus qu'en réalité (très faibles variations de niveau d'eau observées). Un des paramètres caractérisant le bassin versant en question et qui permettrait de réduire l'amplitude de ces pics est le stockage en surface (perméable ou imperméable).



Les premiers millimètres de la pluie seront stockés dans des dépressions et seront par la suite infiltrés ou évaporés, ce qui réduira la fraction d'eau ruisselée. La hauteur de stockage dans des dépressions sur surfaces perméables et imperméables pour le bassin versant de la sonde 3 (BV3) est de 12 mm.

- Les graphiques de la sonde 5 et la sonde 6, installées respectivement en amont et en aval de ruisseau Rousse, montrent qu'il y a une montée très rapide de niveaux d'eau simulés à la suite d'un événement pluviométrique, suivi d'une redescente un peu plus lente, ce qui ressemble à ce qu'était observé. À partir du mois d'octobre, l'évolution des niveaux d'eau observés diffère de celles simulées. Les niveaux d'eau observés redescendent très lentement sans jamais revenir à leur niveau initial, signe de formation d'un contrôle hydraulique (tronc d'arbre, embâcle de végétation, etc.) qui soutient les niveaux d'eau, ce qui ne peut pas être simulé. Toutefois, les pics de niveaux d'eau observés et simulés concordent bien.
- Les niveaux d'eau observés pour la sonde 7 ne représentent que le bruit de fond de l'appareil. Aucune validation du modèle n'a pas pu être faite et des paramètres hydrologiques similaires à ceux des autres bassins versants ont été appliqués. L'allure générale de graphique des niveaux d'eau simulés montre que le bassin versant de la sonde 7 (BV5) réagit bel et bien aux événements pluviométriques. Quant à l'ampleur de cette réaction (surestimation ou sous-estimation de niveaux d'eau), elle ne pourrait pas être jugée sans des données observées fiables.

Pour tous les graphiques des niveaux d'eau observés, les petites oscillations de faible amplitude correspondent au bruit du fond des sondes et sont ignorées dans la validation du modèle.

4. CONCLUSION

D'une façon optimale, la mise en place d'un modèle hydrologique nécessite un travail complexe qui peut être subdivisé en trois étapes : la recherche et la préparation des données, l'estimation des paramètres /la validation du modèle, et l'exploitation du modèle. Dans la présente note technique, les deux premières étapes ont été complétées, soit la préparation des données et la validation du modèle. Une fois le modèle validé, la prochaine étape (travaux ultérieurs) sera l'exploitation du modèle pour les études futures désirées, soit la caractérisation de l'hydrologie de site aux conditions actuelles avec différentes pluies, et selon les différents scénarios de restauration proposés.

La validation du modèle de la zone d'étude consistait à valider les paramètres hydrologiques choisis, de façon à obtenir des réponses (niveaux d'eau simulés) qui soient aussi proches que possible des observations.

Pour les deux fosses, et durant les périodes estivale et automnale, les niveaux d'eau ont tendance à baisser, malgré des petites hausses ponctuelles durant les événements pluviométriques importants. Cette baisse ne peut pas être expliquée simplement par le phénomène d'évaporation. L'hypothèse stipulant une potentielle recharge de la nappe facilitée par l'existence des galeries souterraines a été retenue. La conductivité hydraulique estimée pour les deux fosses est de 0,3 mm/h, qui représente à la fois la conductivité du roc, mais aussi l'écoulement à travers les anciennes galeries souterraines vides, qui paraît acceptable d'un point de vue hydrogéologique. Selon le MERN, l'hypothèse de l'existence d'un lien réel entre l'ancien site minier SLC et la nappe phréatique est démontrée. En effet, les données d'archives montrent qu'au fur et à mesure que la mine gagnait en profondeur, les puits d'eau creusés par les résidents dans les années 1970 tarissaient.



L'inventaire des puits d'alimentation en eau potable, qui a été fait par WSP et mis à jour en novembre 2020, montre l'existence d'une vingtaine de puits dans un rayon de 1 km autour de la mine. L'utilisation de ces puits pour des fins agricole ou pour consommation humaine pourrait donc avoir un impact sur les niveaux de la nappe phréatique actuellement.

Comme les données enregistrées par la sonde 7 (installée en aval de l'effluent Saint-Pierre) sont aberrantes, il n'était pas possible de valider les paramètres hydrologiques pour le bassin versant de la sonde. Toutefois, ces paramètres ont été choisis en se basant sur les observations de terrain, les données topographiques et pédologiques recueillies, le type d'occupation du sol ainsi que les données des autres bassins versants. Une nouvelle sonde à niveau a été installée en aval de l'effluent Saint-Pierre durant la deuxième campagne de terrain (de 26 avril 2021 au 25 novembre 2021) pour mieux comprendre ce bassin versant, qui inclut la propriété de M. Saint-Pierre, très sensible aux fluctuations d'eau sur sa propriété. Ceci sera pris en considération lors de l'élaboration des scénarios de restauration impliquant l'eau sur le site.

Pour le reste des sondes, il a été validé que le modèle reproduit assez bien les niveaux d'eau observés. Il est constaté que le modèle a une tendance à surestimer les niveaux d'eau dans le cas des événements de forte intensité et de courte durée. Ceci a été réduit au maximum en modifiant les valeurs de stockage en surface et le pourcentage d'imperméabilité. Néanmoins, il faut toujours rester cohérent dans le choix de ces paramètres pour rester dans des limites physiques acceptables.

Préparé par :

Révisé par : _____

53-54

Approuvé par :

53-54

SH/ES/SSC/lp

p. j.



RÉFÉRENCES

- WSP. 2018. Caractérisation environnementale. Site minier St-Lawrence Columbian. Oka (Québec). Rapport produit pour Ministre de l'Énergie et des Ressources naturelles. 128 pages et annexes.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Portrait sommaire du bassin versant de la rivière des Outaouais. 2015. 51 pages. [En ligne].
<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/outaouais/portrait-sommaire.pdf>
(page consultée le 15/03/2021).



CARTE 1



- Limite de propriété
- Limite de bassin versant et identification
- Pluviomètre
- Sonde et numéro
- Ponceau
- Conduite reliant l'étang à l'effluent Saint-Pierre (tracé approximatif)
- Conduite souterraine
- Route
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent
- Tracé approximatif de l'effluent n°2 observé sur le terrain
- Sens d'écoulement

Restauration de l'ancien site minier St. Lawrence Columbian
Résultats de la calibration du modèle hydrologique : Volet hydrologique

Carte 1
Bassins versants aux conditions actuelles

Sources :
Géobase du réseau hydrographique du Québec, MERN
BDGA, 1:1000000, MERN, 2014
Image : 2020, Maxar technologies inc. / ESRI ©

0 150 300 m
MTM, fuseau 8, NAD83

Avril 2021





ANNEXE 1

PLUVIOMÉTRIE DE TERRAIN

Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Pluie journalière 1 de 3

Date	Pluie (mm)
2020-07-13	0,2
2020-07-14	0,8
2020-07-15	0
2020-07-16	6,4
2020-07-17	12,2
2020-07-18	0
2020-07-19	13,4
2020-07-20	2
2020-07-21	0
2020-07-22	0,4
2020-07-23	2,2
2020-07-24	0
2020-07-25	0
2020-07-26	10,8
2020-07-27	6,2
2020-07-28	0
2020-07-29	2,8
2020-07-30	0
2020-07-31	0,8
2020-08-01	0
2020-08-02	21
2020-08-03	0
2020-08-04	39,2
2020-08-05	7,6
2020-08-06	0
2020-08-07	0
2020-08-08	0
2020-08-09	0,2
2020-08-10	0
2020-08-11	6,4
2020-08-12	0
2020-08-13	0
2020-08-14	0
2020-08-15	0
2020-08-16	0
2020-08-17	7,4
2020-08-18	2,4
2020-08-19	0
2020-08-20	0
2020-08-21	6,2

Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Pluie journalière 2 de 3

2020-08-22	0
2020-08-23	19
2020-08-24	20,4
2020-08-25	0,2
2020-08-26	0
2020-08-27	0
2020-08-28	0
2020-08-29	43,4
2020-08-30	0,2
2020-08-31	0
2020-09-01	0
2020-09-02	1,6
2020-09-03	0,2
2020-09-04	0,2
2020-09-05	0
2020-09-06	0
2020-09-07	2,2
2020-09-08	4
2020-09-09	0,4
2020-09-10	0,2
2020-09-11	0
2020-09-12	0
2020-09-13	18,6
2020-09-14	1
2020-09-15	0
2020-09-16	0
2020-09-17	0
2020-09-18	0
2020-09-19	0
2020-09-20	0
2020-09-21	0
2020-09-22	0
2020-09-23	0
2020-09-24	1
2020-09-25	0
2020-09-26	0
2020-09-27	0
2020-09-28	1,2
2020-09-29	3,6
2020-09-30	26,6
2020-10-01	1,4
2020-10-02	1

Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Pluie journalière 3 de 3

2020-10-03	0,2
2020-10-04	0
2020-10-05	0,6
2020-10-06	0,4
2020-10-07	17,2
2020-10-08	0
2020-10-09	0
2020-10-10	4,4
2020-10-11	0
2020-10-12	0
2020-10-13	31
2020-10-14	0,2
2020-10-15	3,2
2020-10-16	11,6
2020-10-17	0
2020-10-18	0
2020-10-19	6,2
2020-10-20	15,2
2020-10-21	9,6
2020-10-22	0
2020-10-23	0
2020-10-24	2,8
2020-10-25	0
2020-10-26	8,4
2020-10-27	0,2
2020-10-28	0
2020-10-29	0
2020-10-30	0
2020-10-31	0
2020-11-01	2,4
2020-11-02	0
2020-11-03	1,4
2020-11-04	0
2020-11-05	0
2020-11-06	0
2020-11-07	0
2020-11-08	0
2020-11-09	0
2020-11-10	0



ANNEXE 2

RELEVÉS BATHYMÉTRIQUES DES FOSSÉS



Métadonnées pour levés bathymétriques

WSP Canada Inc.

Informations générales	
Localisation du sondage	<i>Oka, Qc</i>
Type de levé	<i>Bathymétrie multifaisceaux</i>
Date du début et de fin de collecte des données	Début : 2020-11-06 Fin : 2020-11-06
Coordonnées de l'organisation et du contact en charge du levé	WSP Canada Inc. 1135, boul. Lebourgneuf, Québec (Québec) G2K 0M5 Responsable : Michel Bilodeau
Analysé pour avis à la navigation	Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>
Restriction de diffusion des données, telles que reçues	Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>

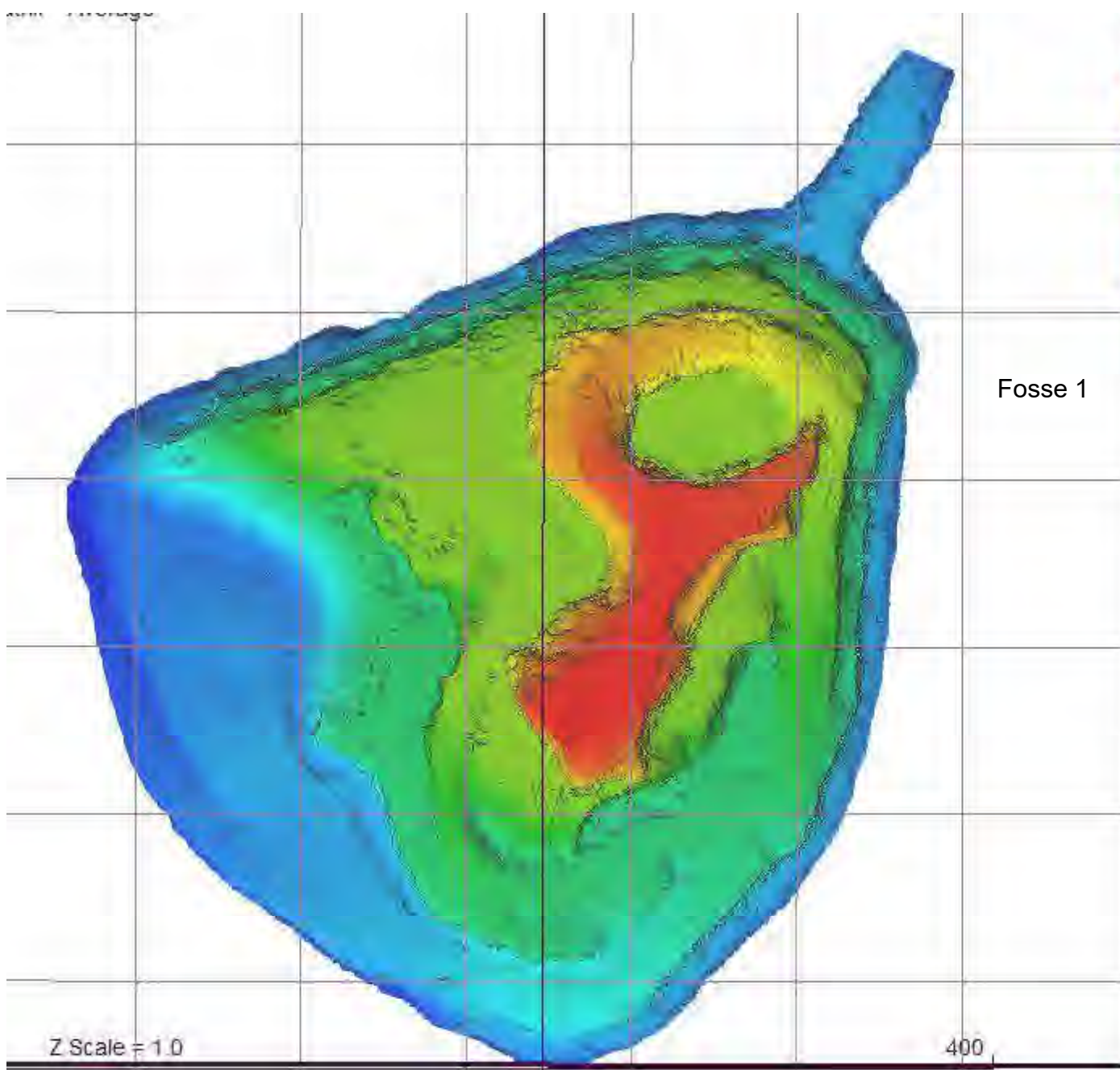
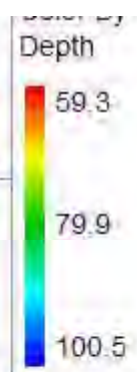
W

Collecte de données	
Nom de l'embarcation	<i>KingFisher</i>
Modèle d'échosondeur	<i>R2Sonic 2022</i>
Méthode de collecte de données verticales	<i>Multifaisceaux, couverture totale</i>
Résolution	<i>Matrice cube 0,3 m x 0,3 m</i>
Logiciel d'acquisition des données utilisé	<i>Hypack-Hysweep</i>
Logiciel de traitement des données utilisé	<i>Hypack-Hysweep</i>

Références horizontales	
Système de coordonnées horizontales	<i>WGS84 Nord, Est</i>
Datum horizontal	<i>Nad 83</i>
Projection	<i>MTM zone 8</i>
Méthode de positionnement utilisé	<i>Aplanix PosMv utilisé en RTK</i>
Système de positionnement utilisé	<i>Trimble R8</i>
N° de référence du point d'origine	<i>Base du MERN (Montréal)</i>

Références verticales	
Système de référence verticale	<i>CGVD28</i>
N° de référence du point d'origine	<i>Base du MERN (Montréal)</i>
Méthode de la réduction de niveau d'eau	<i>RTK, EAJ 2020-11-06_Lac Nord :101.89m EAJ 2020-11-06_Lac Sud :101.92m</i>

km Average

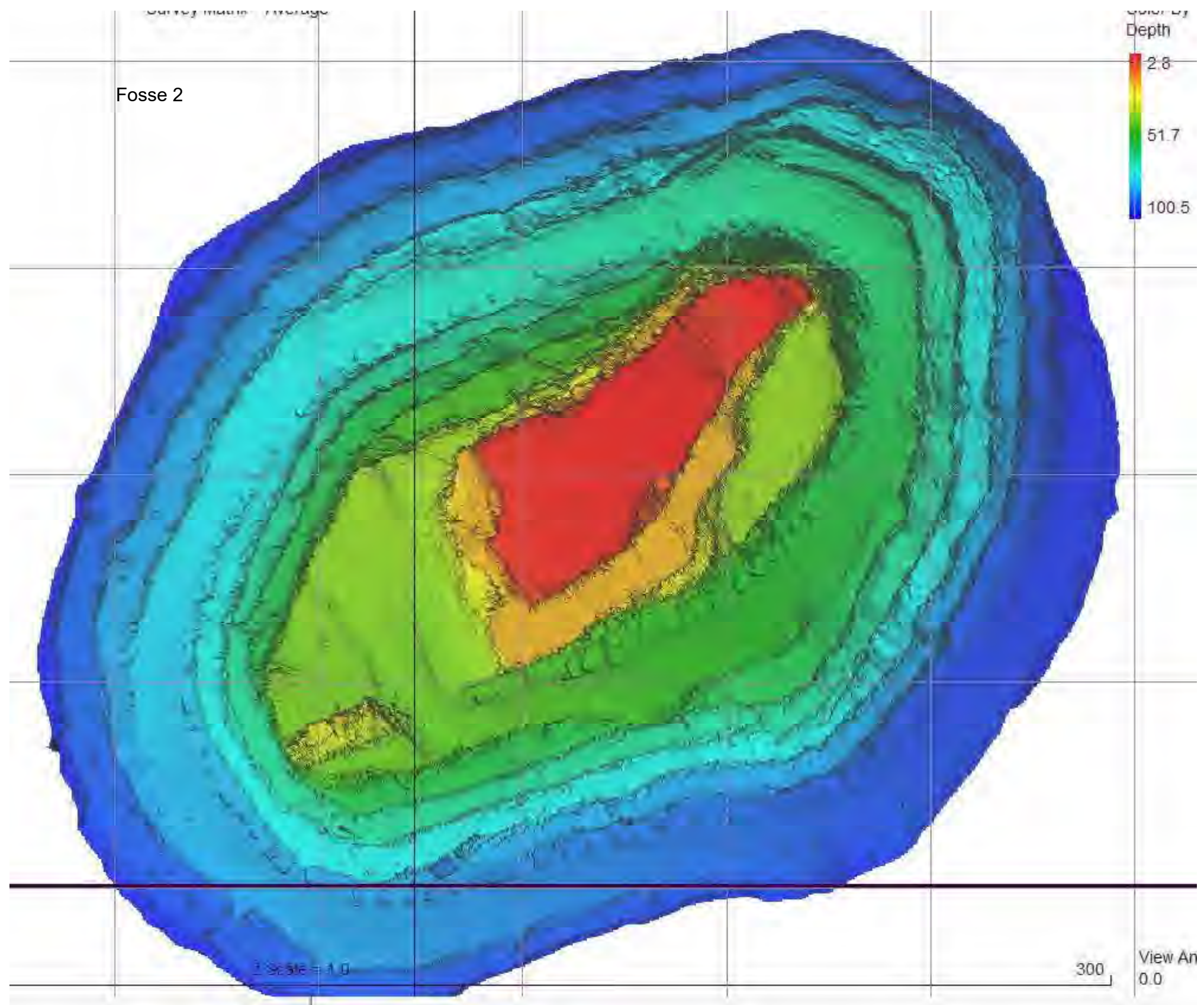


Fosse 1

Z Scale = 1.0

400

View Ang
0.0

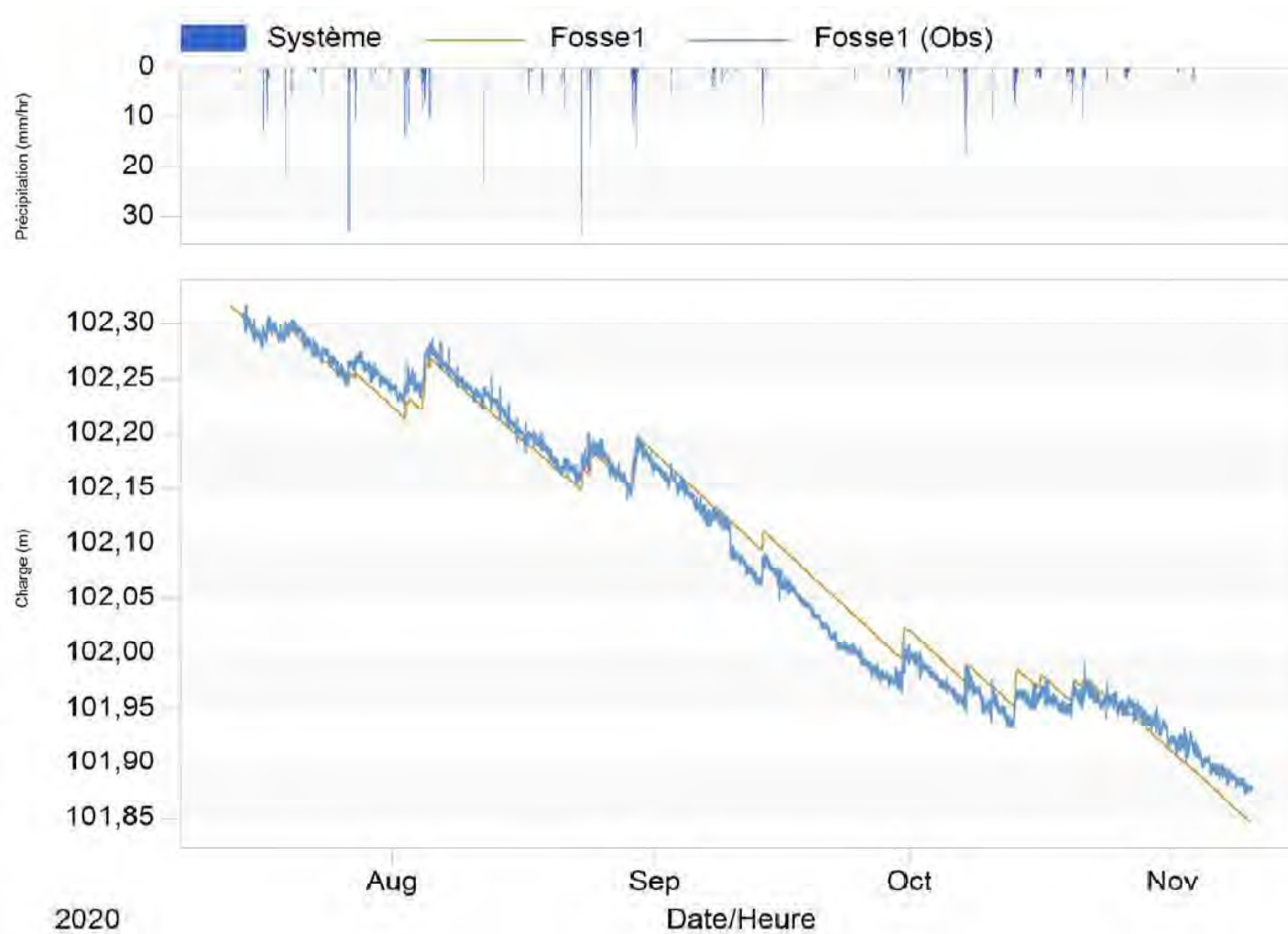




ANNEXE 3

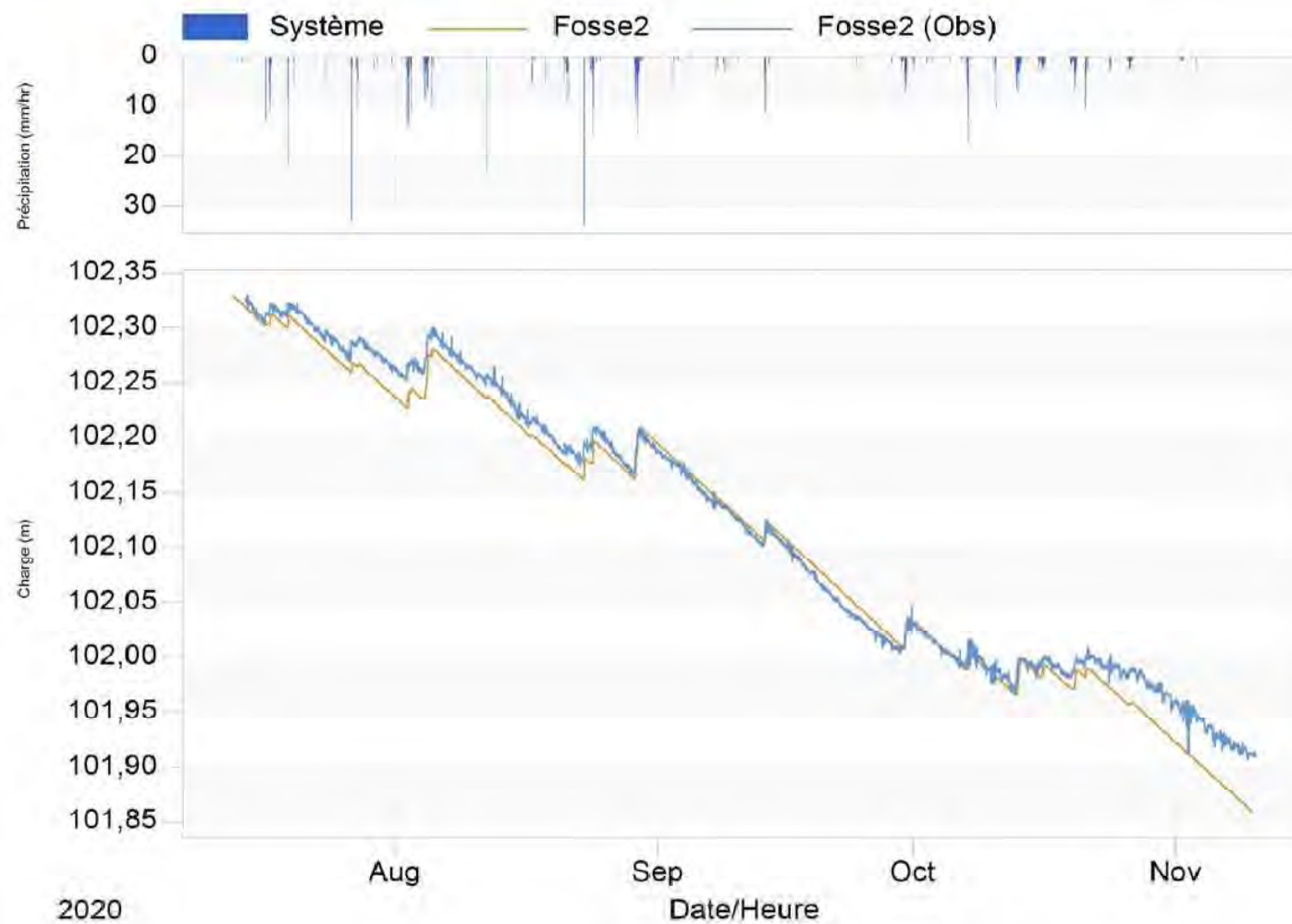
GRAPHIQUES DE VALIDATION DU MODÈLE

Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Graphique 1 de 7

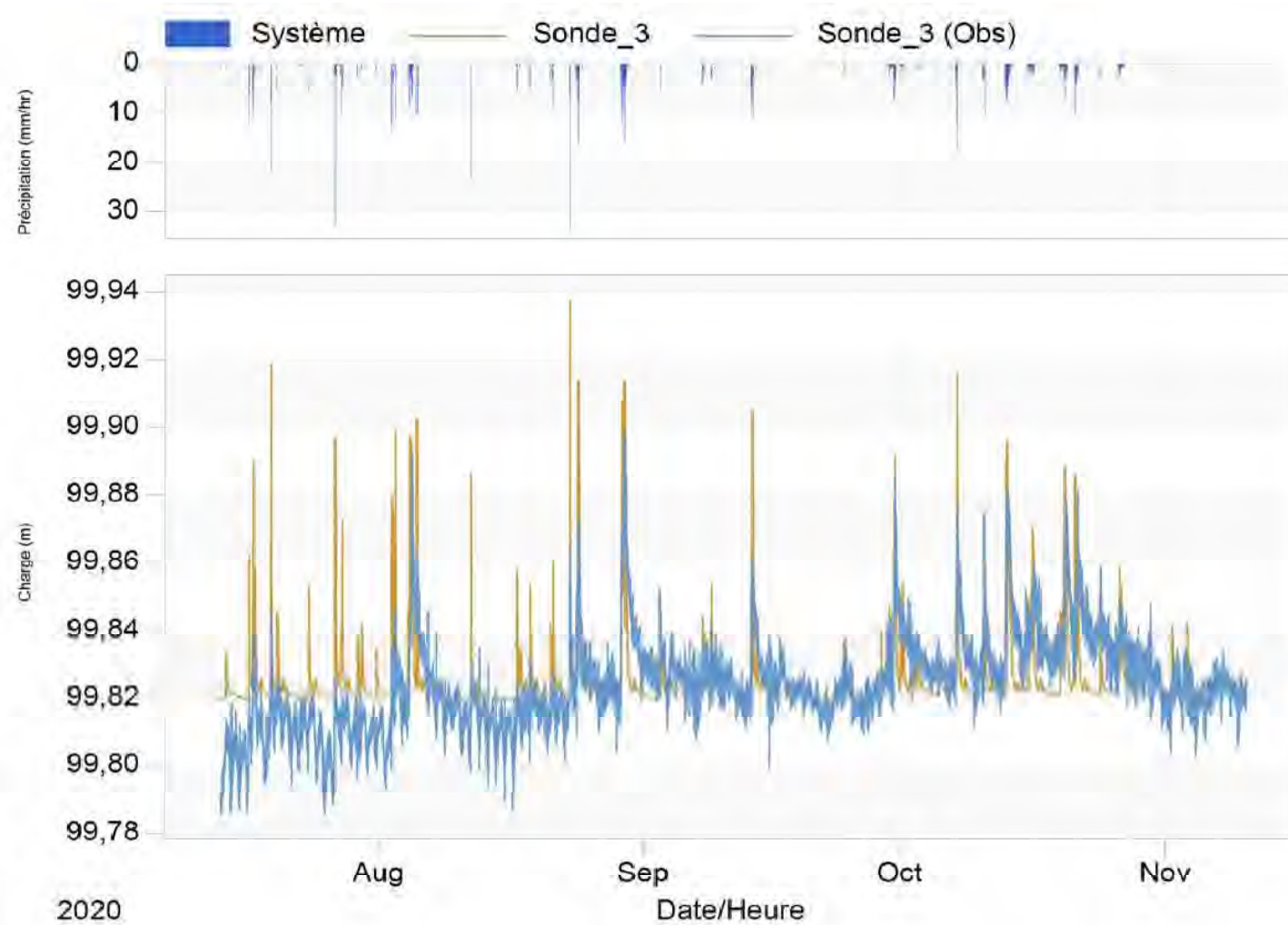


Système: précipitations enregistrées par le pluviomètre de terrain de 13 juillet au 10 novembre 2020 (pas de 15 minutes)
Obs: données observées/ charge (m) = niveau d'eau (m)

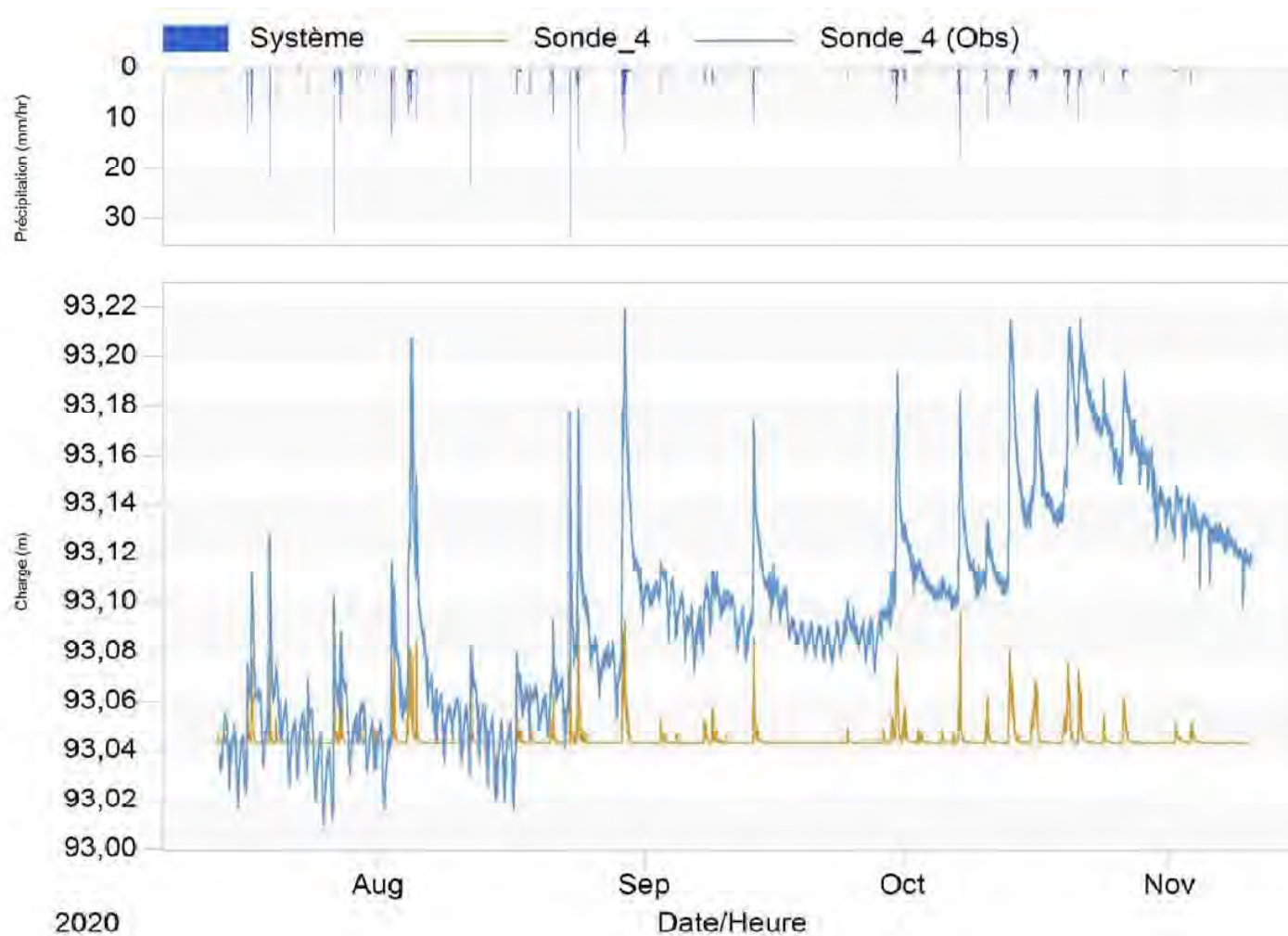
Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombie
Numéro de projet : 201-00652-00
Graphique 2 de 7



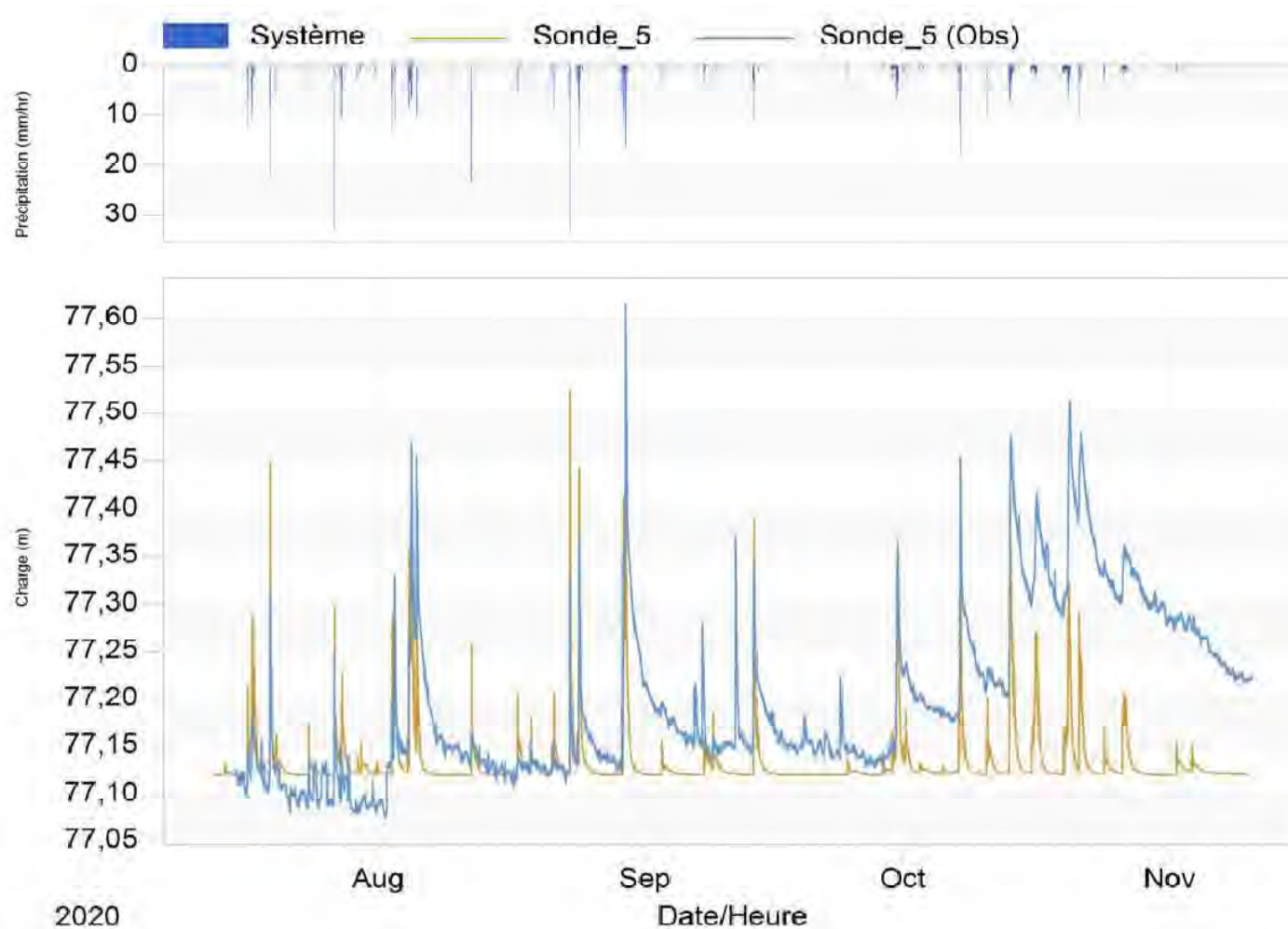
Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Graphique 3 de 7



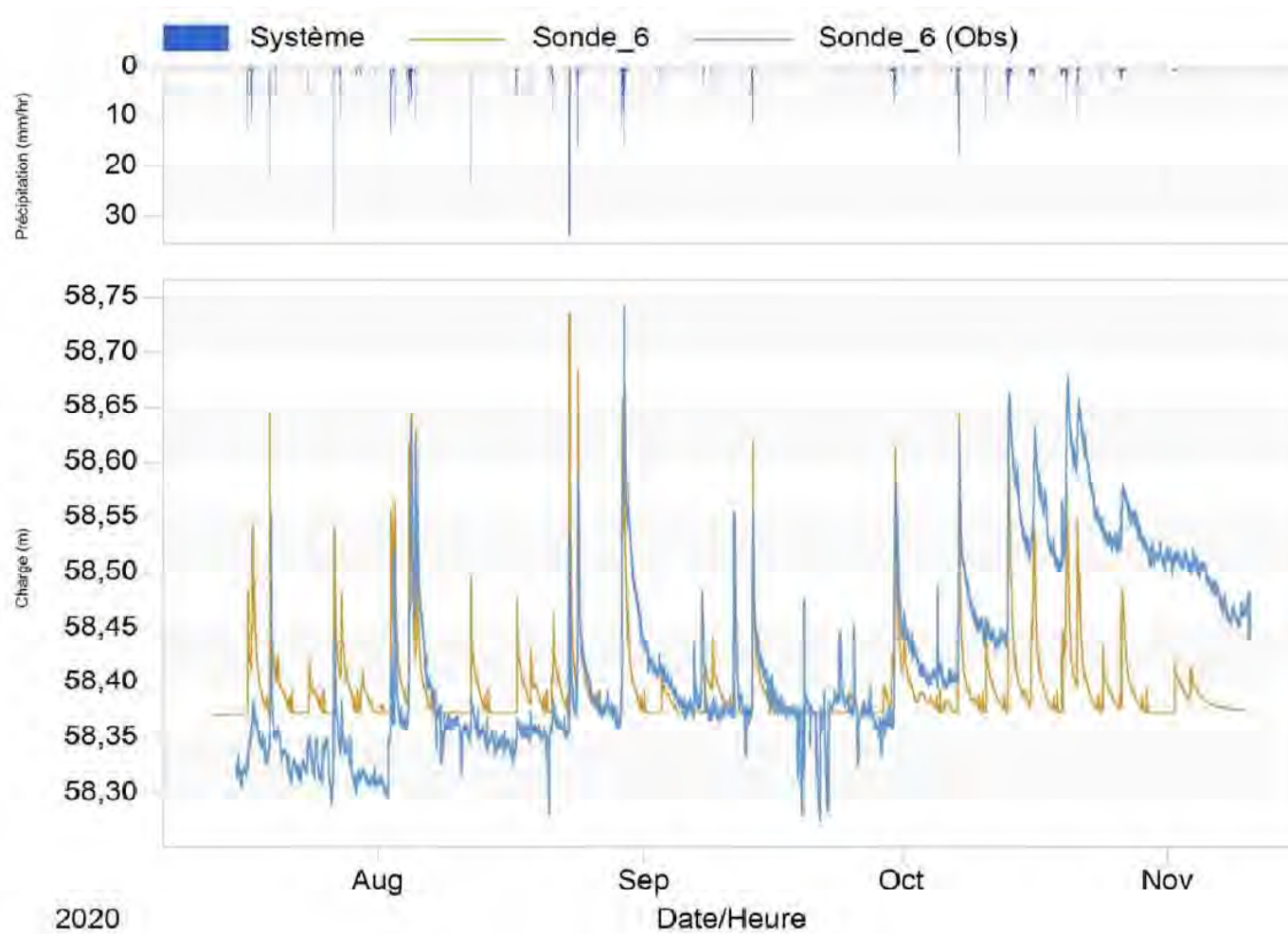
Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Graphique 4 de 7



Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Graphique 5 de 7



Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Graphique 6 de 7



Résultats de la validation du modèle hydrologique
Ancien site minier St. Lawrence Colombium
Numéro de projet : 201-00652-00
Graphique 7 de 7

