



GOLDER

RAPPORT

Inspection de sécurité des digues 2019 des bassins de résidus et de polissage

Mine Louvicourt

Soumettre à:

Morgan Lypka, P.Eng.

Teck Resources Ltd.
601 Knighton Road
Kimberley (BC)
V1A 3E1

Proposé par:

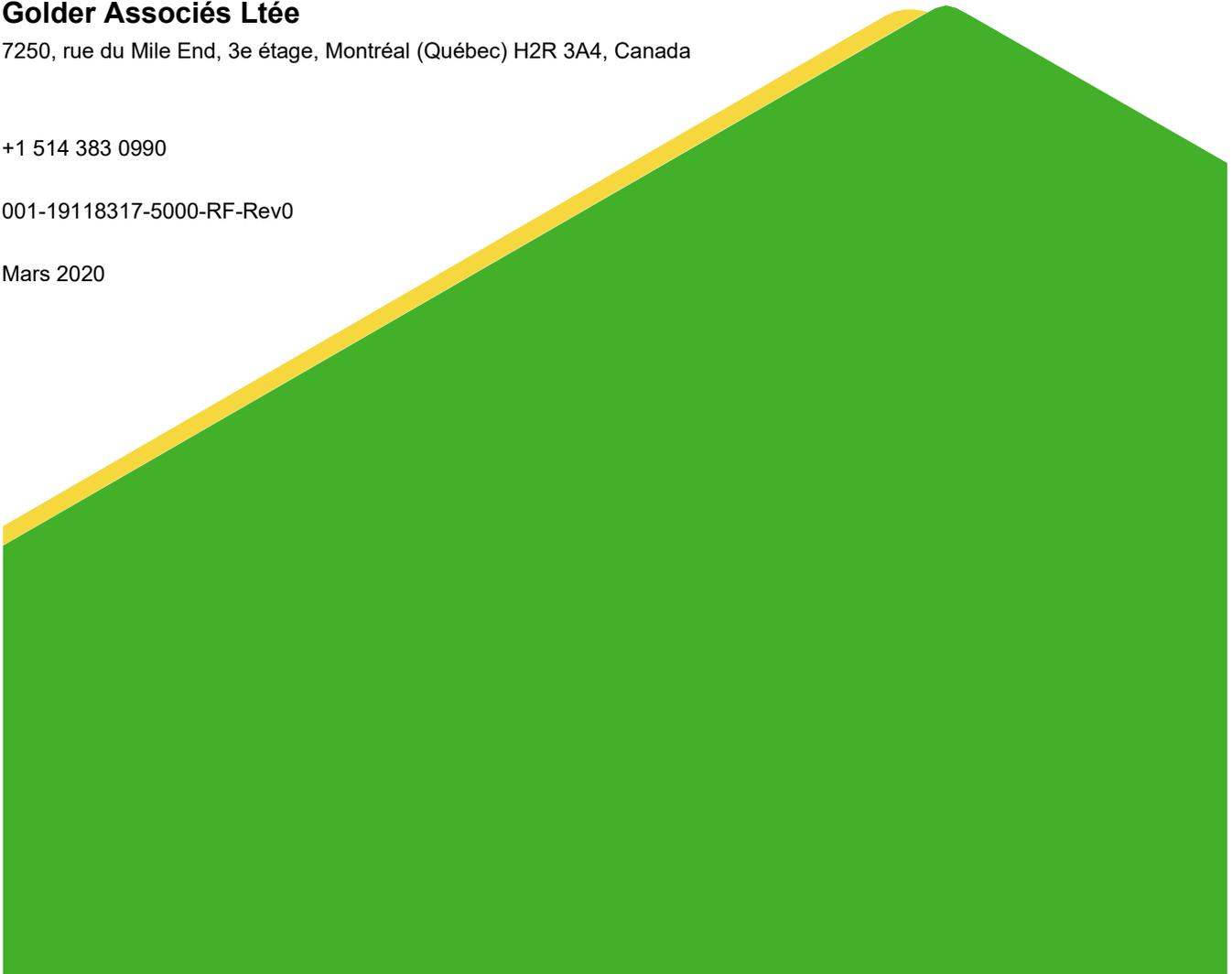
Golder Associés Ltée

7250, rue du Mile End, 3e étage, Montréal (Québec) H2R 3A4, Canada

+1 514 383 0990

001-19118317-5000-RF-Rev0

Mars 2020



Liste de distribution

1 copie électr. : Teck Resources Ltd., Kimberley, CB

1 copie électr. : Golder Associés Ltée, Saskatoon, SK

1 copie électr. : Golder Associés Ltée, Montréal, QC

1 copie électr. : MELCC, Rouyn-Noranda, QC

1 copie papier : MELCC, Rouyn-Noranda

Limitations de cette traduction

Le présent rapport constitue une traduction de la version originale anglaise et a été préparé pour le bénéfice des lecteurs francophones. En cas de doute sur le sens ou le contenu du rapport traduit, de même qu'en cas de divergence entre les deux versions, le lecteur est invité à consulter et à se fier d'abord à la version originale qui aura préséance et demeure la seule officielle. Sans égard aux autres conditions et limitations spécifiées dans l'une ou l'autre version de ce rapport, Golder Associés Ltée ne pourra être tenue responsable de quelques dommages que ce soit, résultant d'une quelconque utilisation de la présente traduction par le lecteur.

Sommaire exécutif

Ce rapport présente l'inspection de sécurité annuelle 2019 des digues (ISD) du parc à résidus (PAR) et du bassin de polissage du site minier fermé de la mine Louvicourt, située près de Val-d'Or, Québec. Ce rapport est basé sur une visite de site réalisée le 24 septembre 2019 par Laurent Gareau et Simon Chapuis de Golder Associés Ltée (Golder) ainsi que par Morgan Lypka et Jason McBain de Teck Resources Limited (Teck, propriétaire), Jonathan Charland de Glencore Canada (Glencore, propriétaire) et Rene Fontaine de WPS (qui effectue des inspections de routine avec le personnel de Glencore) ainsi que sur une revue des données disponibles représentatives des conditions depuis la dernière ISD. Golder Associés est le concepteur d'origine du parc en plus d'être l'ingénieur de référence depuis 2017. Golder a réalisé une inspection en 2009, et réalise maintenant des inspections annuelles du parc depuis 2014. Laurent Gareau a pris en charge le rôle d'ingénieur de référence du parc à résidus Louvicourt en 2018. L'objectif de la visite de site dans le cadre de l'ISD pour ce genre de site est d'observer les conditions physiques des structures du parc à la recherche de signes de changement des performances géotechniques comme le tassement, les déformations, la fissuration, l'érosion, les exfiltrations et la formation de renards. La revue des données vient compléter les observations visuelles et fournit une perspective historique de la performance annuelle du parc.

L'ISD est agrémentée d'inspections de routine, de la surveillance de l'instrumentation et de la qualité de l'eau du parc, le tout effectué par des consultants externes et par le personnel de Glencore au cours de l'année.

Résumé de la description du parc

La mine Louvicourt est une mine de métaux de base (cuivre et zinc avec un peu d'or et d'argent), maintenant fermée, située au nord de la route 117, environ 20 km à l'est de Val-d'Or, Québec. Le PAR est situé à environ 8,5 km au nord-ouest de l'ancien site minier. La propriété Louvicourt appartient présentement à Teck (55 %) et à Glencore (45 %). Le PAR et le parc du bassin de polissage sont gérés par Teck.

Les infrastructures de confinement sur le site consistent en un parc à résidus juxtaposé à un bassin de polissage. Le bassin de polissage est situé immédiatement en aval (à l'est) du parc à résidus. Le parc à résidus est circonscrit par les digues 1A, 1B et 1C au nord, par les digues 1D et 1E à l'est, par les digues 2A et 2B à l'ouest, et par un terrain naturel élevé au sud. Un déversoir opérationnel ainsi que deux déversoirs d'urgence sont situés à l'est de la digue 1E, au coin nord-est de l'aire.

Le bassin de polissage est circonscrit par la digue 4 au nord, par la digue 1D (agissant comme limite entre le bassin de polissage et le parc à résidus) à l'ouest, et par un terrain naturel élevé au sud et à l'est. Un déversoir opérationnel ainsi qu'un déversoir d'urgence sont situés à l'extrémité nord du bassin, à l'est de la digue 4B.

Le site est inspecté chaque semaine pendant la période estivale et chaque mois pendant les mois d'hiver.

Résumé des risques et conséquences principaux

Tel que requis lors d'une inspection de sécurité des digues, une étude a été réalisée en matière de sécurité de digue sur les données d'instrumentation et des observations du site en septembre 2019 par rapport aux modes de rupture potentiels. Les trois risques clés identifiés pour le parc à résidus et le bassin de polissage, des modes de rupture pouvant menacer la sécurité des digues, sont l'érosion interne, l'instabilité et le débordement. La conception de référence de chacun des modes de rupture est également présentée.

Érosion interne

Les débits aux déversoirs en V et aux points d'exfiltration autour du PAR sont estimés et mesurés régulièrement. Les écoulements observables et les zones d'accumulation d'eau sont régulièrement observés pour les solides en suspension ou les écoulements troubles, ce qui pourrait indiquer la présence d'érosion interne. Au moment de la visite de site, les débits mesurés se situaient à l'intérieur des limites historiques normales et il n'y avait aucune preuve de solides en suspension dans l'écoulement ni de résidus indiquant la présence de tels solides au cours de la dernière année. Bien que les écoulements des déversoirs en V fluctuent en fonction des précipitations et de la fonte des neiges, les données historiques n'indiquent pas qu'il y a une tendance à l'augmentation des débits d'exfiltration. Les écoulements observés étaient clairs et ne contenaient pas de particules en suspension visibles. Aucune zone de subsidence ni affaissements indicatifs d'érosion interne n'ont été observés sur le site. Aucune évidence d'érosion interne n'a donc été observée lors de l'ISD ni indiquée par le suivi du débit. Cela a été le cas tout au long de l'exploitation et pendant la période de fermeture de la mine.

Instabilité

Les Recommandations de sécurité des barrages de l'Association canadienne des barrages (ACB, 2013), section 3.6.3, suggèrent l'usage d'instrumentation sur les digues afin de bonifier l'évaluation visuelle régulière de la performance des digues, relativement à leurs modes potentiels de rupture. Pour le PAR de Louvicourt, l'instrumentation de suivi de la performance consiste en des piézomètres et des monuments d'arpentage.

Quatre piézomètres sont installés dans l'alignement de l'empreinte des digues. Ces instruments indiquent un niveau piézométrique stable sans tendance significative à la hausse ou à la baisse. Des instruments supplémentaires sont en cours d'installation au site, et leurs données seront incluses dans la revue de stabilité présentement en cours.

Tous les monuments ont été arpentés du 4 au 15 octobre 2019 par Corriveau J.L. & Assoc. (Corriveau), un arpenteur basé à Val-d'Or. Les données (annexe B) indiquent que, dans la plupart des cas, les mouvements verticaux et horizontaux incrémentiels sont inférieurs à l'intervalle de précision déclarée du levé. Les déplacements totaux depuis l'installation sont relativement faibles et certains mouvements saisonniers peuvent se produire. Les éléments généraux suivants ont été notés :

- Le total des tassements pour tous les monuments d'arpentage ne dépasse en aucun cas 27 mm.
- Un point de données de règlement anormal a été enregistré en 2019 pour SP-11-3. Le levé par GPS différentiel a suggéré un tassement de 30 mm. Ce chiffre n'est pas confirmé par le résultat du relevé total de la station, qui indiquait un tassement de 3 mm. Le point de relevé différentiel est considéré comme anormal et n'est pas jugé représentatif des conditions réelles du site, sur la base de l'ensemble de la base de données du relevé. La mesure du tassement total de la station est considérée comme plus précise que la mesure GPS.
- Au cours de la dernière année (2018 à 2019), les tassements différentiels ont généralement été inférieurs à 2 mm (ce qui correspond à la précision déclarée du levé). Le tassement progressif maximal était de 7 mm pour un instrument (SP-11-5 à la digue 4B).
- Il n'y a aucun signe d'accélération des tassements.
- Selon les données horizontales, huit des 18 monuments d'arpentage indiquent des mouvements totaux depuis leur installation inférieurs à ceux mesurés en 2018, c'est-à-dire que ces huit monuments se sont

déplacés vers leur emplacement d'origine au cours de la période 2018-2019. Les autres monuments d'arpentage présentaient des mouvements progressifs de moins de 10 mm (la précision indiquée du levé) et des mouvements horizontaux totaux de moins de 25 mm depuis leur installation.

Un programme est en cours d'exécution au moment de la préparation de ce rapport, qui aboutira à un renforcement du système de suivi sur le site. Le système comprendra des piézomètres supplémentaires (colonne montante et VWP), des déversoirs en V supplémentaires et des thermistances. Les informations supplémentaires seront résumées lors de la prochaine inspection annuelle et des futures inspections. Une station météorologique dédiée est également envisagée.

D'après les résultats de suivi, la déformation et l'instabilité potentielle n'étaient pas une préoccupation notée pour l'aire en 2019.

Débordement

Les digues du parc à résidus et de l'étang de polissage ont été initialement conçues avec une revanche respective de 2,0 m et de 1,5 m. Klohn Crippen Berger (2011) a examiné l'évaluation de la revanche du bassin de résidus par rapport aux exigences de l'ACB (2007) dans son évaluation de la sécurité des digues (ESD) indépendante de 2010. Ce rapport fournit un résumé des niveaux des bassins de résidus et de polissage. En 2019, la revanche disponible était supérieure aux exigences minimales de l'ACB en tout temps. Ces conditions ne posent pas de risque de débordement.

Classification des conséquences

Une étude de SNC-Lavalin (2012) a conclu que les digues à stériles devraient être classées comme des digues à conséquences « très élevées », conformément aux critères de l'ACB 2007. Lors de l'évaluation de la sécurité des digues (ESD) effectuée en 2010 (Klohn Crippen Berger, 2011), il a été déterminé que la digue 4B, qui confine le bassin de polissage, était de classe à « risque élevé ». La classification était déterminée par les conséquences environnementales d'une rupture de digue qui aurait un impact sur la rivière Bourlamaque, dont les travaux de réhabilitation seraient complexes. Au moment de la préparation du présent rapport, la classification des digues était en cours d'examen et devrait être abordée de nouveau dans le cadre du prochain ESD, prévu en 2020.

Résumé des observations clés

Résumé des observations de terrain

Une inspection de site a été effectuée le 24 septembre 2019 par Laurent Gareau et Simon Chapuis de Golder, et Morgan Lypka et Jason McBain de Teck. Jonathan Charland (Glencore) et Rene Fontaine (WSP) ont également participé à l'inspection. M. Charland et M. Fontaine sont respectivement chargés de mener des inspections hebdomadaires et mensuelles sur le site. Les observations principales suivantes ont été émises au moment de l'ISD :

- Toutes les bermes étaient en bon état et ne présentaient aucun signe de détérioration géotechnique.
- Les déversoirs de la digue 4B et 1D étaient fonctionnels et en bonne condition.
- Le peigne à débris en amont du déversoir du bassin de résidus est endommagé et devrait être réparé dans le cadre de bonnes pratiques d'entretien.
- Des accumulations d'eau ou des exfiltrations à faible débits ont été observés au pied de plusieurs digues, généralement aux endroits indiqués les années précédentes. De manière générale, les accumulations et les exfiltrations étaient semblables à celles des années passées. L'exception est l'accumulation d'eau au pied

de la digue 2A, qui connaît de l'accumulation plus importante que prévue en raison de l'activité des castors en aval. Il a été recommandé d'éliminer le blocage du castor, ce qui a été fait en octobre 2019. Les autres instances d'accumulation et d'exfiltration d'eau ne posent aucun problème de sécurité pour les digues.

- L'activité des castors dans les ponceaux au nord-ouest du bassin de résidus entraîne une augmentation de l'accumulation dans le ruisseau sans nom à l'ouest de la digue 2B. Il a été recommandé d'éliminer le blocage du castor, ce qui a été fait en octobre 2019.
- Une érosion mineure a été observée sur les crêtes de la digue en raison des conditions météorologiques (gel-dégel et activité éolienne). Cette situation devrait continuer d'être surveillée et des efforts d'entretien pourraient s'avérer nécessaires à l'avenir.
- Une zone de 15 m de large à l'est du déversoir principal du bassin de polissage a été conçue pour servir de déversoir d'urgence, avec une élévation de crête de 309,3 m. Un matériau d'enrochement a été placé en travers de cette section du déversoir d'urgence à une élévation approximative de 309,8 m (0,5 m de remblai estimé) pour permettre l'accès à l'équipement nécessaire à l'entretien du déversoir principal. L'analyse est en cours pour confirmer que la présence du matériau d'enrochement à l'est n'a pas d'impact sur la section de débordement à l'ouest de la capacité du déversoir opérationnel à surmonter adéquatement la crue de conception.

Résumé des bilans climatique et hydrique

La période de référence des données climatiques s'étend du 1^{er} novembre 2018 au 31 octobre 2019. Les précipitations de l'hiver 2018/2019 ont généralement demeuré sous les moyennes historiques mensuelles multi-annuelles. Les précipitations du printemps 2019 étaient pour leur part supérieures aux moyennes historiques mensuelles multi-annuelles. Plus précisément, le mois de juin (134,3 mm) a été très humide (50 % de plus que la moyenne), alors que des précipitations nettement inférieures à la moyenne ont été observées en juillet (48,4 mm, -107 %). Cependant, les précipitations totales au cours de la période considérée sont 2 % plus élevées que les moyennes à long terme.

D'après un bilan d'eau sommaire, il est estimé que 0,53 million de mètres cubes d'eau a été déchargé au bassin de polissage par le déversoir opérationnel du bassin de résidus.

Résumé des changements significatifs

En 2019, des poutrelles supplémentaires ont été insérées dans la structure du déversoir du bassin de polissage pour élever le radier à une élévation de 307,14 m, et la grille à déchets en travers du déversoir a été retirée et remplacée par un peigne à déchets en aval de l'installation, dans le canal de Parshall. Des caméras ont été ajoutées aux déversoirs opérationnels du bassin de résidus et du bassin de polissage pour permettre l'observation en temps réel de la performance du déversoir. Les caméras permettent de surveiller rapidement l'évolution des conditions, en particulier les blocages dus à l'activité des castors. Cela permet de mettre en œuvre les efforts d'entretien en temps utile, ce qui améliore la sécurité de l'installation.

Résumé de la revue du manuel EES et du PIU

Le manuel d'Exploitation, entretien et surveillance (EES) a été mis à jour en 2017. Au moment de la préparation du présent rapport, une autre mise à jour du manuel EES est en cours pour s'assurer que le format soit conforme à la directive Tailings and Water Retaining Structures (TWRS) de Teck, qui est entièrement conforme aux lignes directrices de l'Association minière du Canada (AMC) sur les pratiques exemplaires de l'EES. L'achèvement de la mise à jour est prévu pour le premier trimestre de 2020.

Le Plan d'intervention en cas d'urgence (PIU) a été mis à jour en mars 2019. Le PIU est adapté à l'objectif visé.

Évaluation de la sécurité des digues

Une ESD indépendante du parc à résidus et du bassin de polissage a été réalisée en 2015 (SNC-Lavalin, 2015). La prochaine ESD est prévue pour 2020.

Statut des actions clés recommandées à la suite de l'inspection de sécurité annuelle des digues

Les statuts des déficiences et des non-conformités sont présentés au tableau suivant.

Structure	Identifiant	Déficience ou non-conformité	Réglementation applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
Recommandations précédentes fermées ou remplacées						
Digue 1E	2018-01	Débris dans le déversoir opérationnel du parc à résidus.	Manuel EES section 6.2	Ôter les débris du déversoir.	3	FERMÉ – T4 2018 (Complété)
Recommandations précédentes en cours						
Digue 1E	2018-02	Le peigne à débris à l'entrée du déversoir opérationnel du bassin de polissage est endommagé.	Manuel EES section 6.2	Réparer le peigne à débris.	3	T2 2020
Digue 1D	2018-03	Le chemin d'accès au deuxième déversoir d'urgence est susceptible à l'érosion.	ACB 2013 section 3.5.5	Entreprendre une analyse de l'érosion afin d'évaluer l'intégrité de la berme. Au besoin, installer un dispositif de protection pour les pentes en travers de la route et du canal de sortie, afin d'éloigner l'écoulement potentiel du déversoir des bermes.	3	EN COURS – Données d'arpentage recueillies Analyse de l'érosion à effectuer d'ici T2 2020.
Tous	2015-06	Effectuer une revue de la stabilité sismique des digues et des conditions de liquéfaction.	Directive 019 section 2.9.3	Effectuer une revue de la stabilité sismique des digues et des conditions de liquéfaction.	4	EN COURS – Investigation terminée T4 2017; analyses en cours T2 2019; changement de la portée du mandat et ajout de l'évaluation des aléas sismiques, entraînant un retard d'achèvement T3 2019; finalisation de l'analyse sera repoussée jusqu'à l'achèvement de l'installation d'instrumentation supplémentaire (instrumentation installée)

Structure	Identifiant	Déficiance ou non-conformité	Réglementation applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
						en janvier 2020). Achèvement visé T2 2020.
Digue 2A	2018-04	Activité de castor en aval du point d'exfiltration 9, causant une accumulation d'eau plus importante adjacente à la digue 2A.	ACB 2007 section 3.5.8	Contrôler l'activité des castors et ôter le barrage de castors.	2	FERMÉ – T4 2019 (Complété)
Recommandations 2019						
Digue 4B	2019-01	Le barrage de castor construit en travers du point d'écoulement naturel provoque un excès d'accumulations à proximité de la digue.	ACB 2007 section 3.5.8	Ôter le blocage de castor.	2	FERMÉ – T1 2019 (Complété)
Digue 4B	2019-02	Un remblai granulaire a été placé à l'est du déversoir principal, dans une zone conçue comme un déversoir d'urgence.	ACB 2013 section 3.5.5	Évaluer si la configuration actuelle peut surmonter la tempête de conception. Selon les premières indications, la configuration actuelle ne pose pas de problème de débordement.	2	EN COURS – T2 2020 Des mesures correctives peuvent être nécessaires si les calculs préliminaires ne sont pas confirmés.
Digue 2B	2019-03	L'activité des castors dans les ponceaux qui traversent le ruisseau au nord-ouest de la digue provoque une accumulation excessive d'eau.	ACB 2007 section 3.5.8	Ôter le blocage de castor.	2	FERMÉ – T1 2019 (Complété)

Priorité (telle que définie par Teck Resources)	Description
1	Une probabilité élevée ou une préoccupation réelle à l'égard de la sécurité d'une digue, considérée comme immédiatement dangereuse pour la vie, la santé ou l'environnement ou un risque significatif de mise en application réglementaire.
2	Si non corrigé, cela pourrait vraisemblablement causer des préoccupations sur la sécurité d'une digue, conduisant à des blessures, un impact environnemental ou une mise en application réglementaire significative.
3	Occurrences uniques de déficiences ou de non-conformités qui, à elles seules, ne sont pas susceptibles de causer des préoccupations à l'égard de la sécurité d'une digue.
4	Meilleure pratique de gestion – Des améliorations additionnelles sont nécessaires de façon à rencontrer les meilleures pratiques de l'industrie ou à réduire les risques potentiels.

Remarque : La description des catégories de priorités est cohérente avec les directives de l'Association minière du Canada (AMC).

Table des matières

1.0	INTRODUCTION	1
1.1	Objectif, mandat et méthodologie	1
1.2	Exigences réglementaires	1
1.3	Description du parc	1
1.4	Historique et contexte du site	2
2.0	CONSTRUCTION, EXPLOITATION, ENTRETIEN ET SURVEILLANCE	2
3.0	DONNÉES CLIMATIQUES ET BILAN HYDRIQUE	3
3.1	Revue et synthèse des données climatiques	3
3.2	Revue et synthèse du bilan hydrique	4
3.3	Revanche et entreposage	6
3.4	Volumes de l'eau d'exfiltration	6
3.5	Qualité de l'eau d'exfiltration	6
4.0	OBSERVATIONS AU SITE	6
4.1	Observations visuelles	6
4.2	Photographies	8
4.3	Revue de l'instrumentation et des données	8
4.3.1	Niveaux d'eau	9
4.3.2	Déformations/tassement	9
4.3.3	Stabilité et mouvements latéraux	11
4.3.4	Débits d'exfiltration	12
4.4	Qualité de l'eau du bassin et d'exfiltration	13
4.5	Formulaires d'inspections du site	13
5.0	ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ DES DIGUES	14
5.1	Revue de la conception de référence	14
5.1.1	Généralités	14
5.1.2	Digues du bassin de résidus (digues 1 et 2)	14

5.1.3	Digue du bassin de polissage (digue 4B)	15
5.1.4	Paramètres de conception des digues	15
5.1.5	Conditions souterraines	16
5.1.6	Matériaux de remblai des bermes.....	16
5.1.7	Sismicité	17
5.2	Revue des risques et des modes de rupture (évaluation de la sécurité des digues relativement aux modes de rupture potentiels).....	17
5.2.1	Érosion interne	18
5.2.2	Instabilité	18
5.2.3	Débordement	20
5.3	Revue des conditions en amont et en aval	21
5.4	Revue de la classification des digues	21
5.4.1	Classification des conséquences relatives aux digues.....	21
5.4.2	Revue.....	23
5.5	Performance physique	23
5.6	Performance d'exploitation.....	24
5.7	Revue du manuel EES.....	24
5.8	Revue de la préparation et de l'intervention en cas d'urgence.....	24
6.0	SOMMAIRE ET RECOMMANDATIONS	24
6.1	Résumé des activités de construction, d'exploitation et d'entretien	24
6.2	Résumé des bilans climatique et hydrique	24
6.3	Résumé de la performance.....	25
6.4	Résumé des changements à l'aire ou aux conditions en amont et en aval.....	25
6.5	Classification des conséquences.....	25
6.6	Tableau des déficiences et des non-conformités.....	25
7.0	CLÔTURE	29
8.0	RÉFÉRENCES	30
9.0	LIMITATIONS DE L'ÉTUDE	31

TABLEAUX

Tableau 1 : Renseignements sur les stations climatiques d'Environnement Canada	3
Tableau 2 : Données mensuelles des précipitations de novembre 2018 à octobre 2019	4
Tableau 3 : Bilan d'eau du PAR de novembre 2018 à octobre 2019	5
Tableau 4 : Tassement et déplacement horizontal	9
Tableau 5 : Taux de débits mesurés aux déversoirs en V et taux d'exfiltration estimés en 2019	12
Tableau 6 : Géométrie de conception	15
Tableau 7 : Propriétés de conception mises à jour, applicables aux matériaux (SNC-Lavalin 2005).....	16
Tableau 8 : Valeurs de l'aléa sismique au site selon l'ESD de 2010 (adapté de Klohn Crippen Berger, 2011)....	17
Tableau 9 : Classification des digues en termes de conséquences de rupture (selon ACB, 2007)	22
Tableau 10 : Statut des actions clés recommandées à la suite de l'inspection de sécurité annuelle des digues	25
Tableau 11 : Priorités et niveaux de risques	28

FIGURES (APRÈS LE TEXTE)

Figure 1 : Vue générale du site de gestion des résidus
Figure 2 : Coupe typique des digues du parc à résidus
Figure 3 : Données mensuelles des précipitations de novembre 2017 à octobre 2018
Figure 4 : Mesures des niveaux d'eau – Piézomètres (fournies par Teck)
Figure 5 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage à la digue 1
Figure 6 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage à la digue 2
Figure 7 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage à la digue 4
Figure 8 : Bassin de résidus de la mine Louvicourt – Tendances historiques du débit des exfiltrations mesuré aux déversoirs en V (fournies par Teck)

ANNEXES

ANNEXE A

Fiche d'informations du PAR

ANNEXE B

Photographies

ANNEXE C

Arpentage relatif au suivi des déplacements

ANNEXE D

Tracés de points d'origine

DÉFINITIONS

Abréviation	Définition
ACB	Association canadienne des barrages
ISD	Inspection annuelle de sécurité des digues
ESD	Évaluation de la sécurité des digues
PIU	Plan d'intervention en cas d'urgence
EES	Exploitation, entretien et surveillance

Unité de mesure	Définition
kPa	kilopascal
m	mètre
m ³	mètre cube
t/j	tonnes par jour

Terme	Définition
Inspection annuelle de sécurité des digues (ISD)	Un rapport annuel résumant les résultats d'une inspection de sécurité des digues.
Évaluation de la sécurité des digues (ESD)	La revue systématique et l'évaluation de tous les aspects de la conception, de la construction, de l'entretien, de l'opération, des procédés et des systèmes affectant la sécurité des digues, incluant le système de gestion de la sécurité des digues (ACB, 2013).
Amont	La paroi d'un remblai située la plus éloignée d'un réservoir ou d'un bassin.
Résidus miniers	Matériaux résiduels à granulométrie fine qui résulte de l'extraction de produits utilisables à partir du minerai.
Revanche	La distance verticale entre l'élévation de surface de l'eau calme du réservoir et l'élévation la plus basse de la crête de la structure de confinement (ACB, 2013).
Amont	La paroi d'un remblai située la plus près d'un réservoir ou d'un bassin.
Stériles	Enrochement minéral de gros calibre (gravier à bloc). Aussi appelé remblai rocheux.

1.0 INTRODUCTION

1.1 Objectif, mandat et méthodologie

À la demande de Teck Resources Limited (Teck), Golder Associés Ltée (Golder) a mené l'inspection de sécurité des digues (ISD) 2019 du parc à résidus et du bassin de polissage de la mine Louvicourt, située près de Val-d'Or, Québec. L'aire comprend un bassin de résidus, un bassin de polissage et leurs structures connexes. Ce rapport est basé sur une visite de site réalisée le 24 septembre 2019 et sur la revue des données disponibles pour la période de référence (septembre 2018 à septembre 2019) par l'ingénieur de référence, Laurent Gareau de Golder. La dernière ISD annuelle des digues du parc à résidus a été réalisée en septembre 2018, tel que documenté dans le rapport ISD 2018 (Golder, 2019).

L'inspection 2019 comprenait l'inspection de toutes les digues de l'aire de polissage et des résidus :

- Les digues 1A à 1E
- Les digues 2A et 2B
- Les digues 4A et 4B

Ce rapport a été préparé en conjonction avec les directives « Teck Guideline for Tailings and Water Retaining Structures » (Teck, 2019). Les sections n'étant plus applicables en raison de la fermeture du parc ou du caractère particulier du parc à résidus Louvicourt ont été identifiées « sans objet ». Le lecteur est invité à lire les limitations et les utilisations prévues du rapport, à la suite du texte, qui en fait partie intégrante.

1.2 Exigences réglementaires

En plus des exigences de Teck présentées plus haut, l'ISD a été réalisée conformément aux exigences suivantes :

- *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec*, MERN (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec) et MDDELCC¹ (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques), novembre 2016
- *Directive 019 sur l'industrie minière*, MELCC, mars 2012

L'ISD annuelle est une exigence du certificat d'autorisation n° 7610-08-01-70141-52 émis par le ministère en octobre 2010.

1.3 Description du parc

La mine Louvicourt est une mine de métaux de base (cuivre et zinc avec un peu d'or et d'argent), maintenant fermée, située au nord de la route 117, environ 20 km à l'est de Val-d'Or, Québec. Une fiche d'informations sur le PAR est présentée à l'annexe A.

La propriété Louvicourt appartient présentement à Teck (55 %) et à Glencore (45 %). Le site était géré avec le soutien et sous le suivi de Golder Associés depuis sa fermeture jusqu'à la fin de 2016. De 2017 à la fin de 2018, le site a été géré par le superviseur en entretien et traitement des eaux de Teck, Eric Gingras. Depuis le début

¹ Le MDDELCC réfère au Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre le changement climatique, qui est responsable des projets miniers au Québec. Il est à noter que le nom de ce ministère a évolué avec le temps (anciennement MDDEP, actuellement MELCC) et lorsque ces acronymes sont utilisés dans le document, il est entendu qu'ils font référence de manière interchangeable au ministère actuel ou à l'un de ses prédécesseurs.

de 2019, le site est géré par Kathleen Willman et Morgan Lypka de Teck Legacy Properties. Les inspections de routine de l'installation sont effectuées par le personnel de Glencore (Jonathan Charland) et de WSP (René Fontaine) (qui effectue des inspections de routine avec le personnel de Glencore).

Les infrastructures de confinement sur le site consistent en un parc à résidus et un bassin de polissage, lequel est situé immédiatement en aval et à l'est du parc à résidus. Le parc à résidus est circonscrit par la digue 1 au nord et à l'est, par la digue 2 à l'ouest, et par un terrain naturel élevé au sud. À des fins de référence, les digues principales ont été divisées en plusieurs sous-sections, nommées digues 1A à 1E et digues 2A à 2B. Ces sous-sections sont typiquement séparées les unes des autres par des effleurements rocheux situés le long de leur axe.

Le bassin de polissage est retenu par la digue 4 au nord, par le parc à résidus à l'ouest, et par un terrain naturel élevé au sud et à l'est. À des fins de référence, la digue 4 est composée de deux segments, désignés 4A et 4B, séparés par un affleurement rocheux.

1.4 Historique et contexte du site

L'exploitation de la mine Louvicourt a débuté en 1994 selon un taux d'usinage nominal de 4 000 t/j et un taux de pointe estimé à 5 000 t/j. L'exploitation de la mine a pris fin vers juillet 2005.

Une vue en plan du PAR de Louvicourt et des installations du bassin de polissage est présentée à la figure 1. Une coupe transversale de digue typique des installations est présentée à la figure 2.

Environ un tiers des résidus issus du procédé d'usinage a été pompé au parc à résidus, situé à environ 8,5 km au nord-ouest de la mine/concentrateur. Le reste des résidus a servi de remblai en pâte à l'intérieur de la mine souterraine. Les résidus provenant du procédé d'usinage possédaient une teneur élevée en sulfures (30 % à 45 %) et sont générateur d'acide. Les résidus présents dans le parc sont recouverts, à des fins environnementales, d'une couche d'eau ayant environ 1 m d'épaisseur afin d'en empêcher l'oxydation et la génération de drainage minier acide.

Les résidus miniers étaient déposés dans le parc à l'aide d'une conduite flottante qui s'étendait des digues jusqu'à l'intérieur du parc. La conduite était déplacée latéralement selon les besoins afin de garder les résidus solides sous l'élévation 315 m. Durant l'exploitation de la mine, des levés bathymétriques ont été effectués régulièrement pour collecter l'information nécessaire afin de permettre l'ajustement du plan de déposition, de façon à combler les zones creuses et à éviter de trop remplir les zones élevées. Les zones locales de résidus dont l'élévation générée lors de la déposition était supérieure à 315 m ont généralement été étendues à l'aide d'une drague montée sur une barge ou d'une herse rotative.

La conception initiale des digues du parc à résidus et du bassin de polissage a été effectuée par Golder en 1993. Golder a réalisé une inspection en 2009, et réalise maintenant des inspections annuelles du parc depuis 2014. Mayana Kissiova de Golder est devenu l'ingénieure de référence pour le parc à résidus en 2017, puis Laurent Gareau a succédé à Mayana Kissiova en 2018.

2.0 CONSTRUCTION, EXPLOITATION, ENTRETIEN ET SURVEILLANCE

En 2019, des batardeaux supplémentaires ont été insérés dans la structure du déversoir du bassin de polissage pour élever le radier à une élévation de 307,14 m, et la grille à déchets en travers du déversoir a été retirée et remplacée par un peigne à déchets en aval de l'installation, dans le canal de Parshall. Pour effectuer cette

construction, du remblai a été placé sur une zone à l'est du déversoir principal, jusqu'à une élévation approximative de 309,8 m. Aucune autre construction ni exploitation n'a eu lieu en 2019. Les activités de surveillance et d'entretien suivantes ont été réalisées en 2019 :

- Inspections de routine
- Arpentage des monuments
- Élimination des débris dans le canal du déversoir actif du bassin de polissage et du bassin de résidus
- Démantèlement de l'activité des castors en aval de l'installation

3.0 DONNÉES CLIMATIQUES ET BILAN HYDRIQUE

3.1 Revue et synthèse des données climatiques

Les données de précipitations totales mensuelles du 1^{er} novembre 2018 jusqu'au 31 octobre 2019 sont résumées au tableau 2 et à la figure 3. Les données proviennent des stations climatiques d'Environnement Canada (tableau 1), situées à environ 15 km du site minier. Les données disponibles présentées au tableau 1 ont été combinées pour former une série chronologique continue sur la période 1951-2019, qui a été utilisée pour l'analyse des précipitations et le bilan hydrique présentés dans cette section.

À des fins de comparaison, les moyennes multi-annuelles mensuelles calculées à partir des séries combinées de précipitations sur la période 1951-2019 sont également fournies au tableau 2.

Tableau 1 : Renseignements sur les stations climatiques d'Environnement Canada

Nom et numéro de la station	Latitude, longitude (degrés)	Élévation de la station (m)	Données disponibles	Notes
VAL-D'OR A, 7098600	48.06, -77.79	337,4	1951 – 2019	Station principale jusqu'en 2011
VAL-D'OR, 7098603	48.06, -77.79	338,9	2008 – 2019	Station principale depuis 2012
VAL-D'OR A, 7098605	48.05, -77.78	337,4	2011 – 2019	Utilisée pour données manquantes

Les précipitations de l'hiver 2018/2019 ont généralement demeuré sous les moyennes historiques mensuelles multi-annuelles. Les précipitations du printemps 2019 étaient pour leur part supérieures aux moyennes historiques mensuelles multi-annuelles. Plus précisément, le mois de juin (134,3 mm) a été très humide (50 % de plus que la moyenne), alors que des précipitations nettement inférieures à la moyenne ont été observées en juillet (-107 %). Les précipitations totales au cours de la période considérée sont 2 % plus élevées que les moyennes à long terme.

Tableau 2 : Données mensuelles des précipitations de novembre 2018 à octobre 2019

Mois et année	Précipitations totales enregistrées à Val-d'Or (mm)*	Moyenne historique mensuelle multi-annuelle à Val-d'Or (mm)	Écart (%)
Novembre 2018	94,3	82,2	15 % ↑
Décembre 2018	62,3	67,6	-9 % ↓
Janvier 2019	51,9	59,7	-15 % ↓
Février 2019	51,8	47,8	8 % ↓
Mars 2019	31,0	55,3	-78 % ↓
Avril 2019	109,9	60,4	82 % ↓
Mai 2019	90,9	70,6	29 % ↓
Juin 2019	134,3	89,2	50 % ↓
Juillet 2019	48,4	100,1	-107 % ↓
Août 2019	68,6	94,3	-37 % ↓
Septembre 2019	99,4	101,3	-2 % ↓
Octobre 2019	89,8	84,0	7 % ↑
Total au cours de l'année hydrique de novembre 2018 à octobre 2019	932,6	912,7	2 % ↑

* : Valeurs basées sur les données historiques des stations climatiques d'Environnement Canada ID 7098600, ID 7098603 et ID 7098605.

** : Valeurs basées sur les données historiques des stations climatiques d'Environnement Canada ID 7098600, ID 7098603 et ID 7098605, de 1951 à 2019.

*** : Écart entre les précipitations de l'année courante à Val-d'Or et la moyenne historique mensuelle multi-annuelle.

↑ (↓) : Précipitations de l'année courante **supérieures** (inférieures) à la moyenne historique mensuelle multi-annuelle.

3.2 Revue et synthèse du bilan hydrique

Un bilan d'eau du parc à résidus (PAR) de la mine Louvicourt a été réalisé sur la base des données climatiques récentes. Les paramètres étaient alignés à ceux utilisés lors d'études précédentes (SNC-Lavalin, 2006) :

- Le ruissellement provenant de la zone du bassin versant externe au PAR a été estimé en considérant un coefficient de ruissellement volumétrique annuel moyen et constant de 0,6, tel qu'effectué dans l'étude

précédente. Cette valeur est cohérente avec les données de débits des grands bassins versants régionaux, mais n'a pas été validée avec des mesures de terrain locales.

- L'évaporation moyenne à long-terme du bassin a été calculée selon le modèle de Morton (Morton, 1983), avec des données climatiques historiques des stations climatiques à Val-d'Or (température de l'air, point de rosée, précipitations) et à Rouyn-Noranda (rayonnement solaire). La station climatique de Rouyn-Noranda ayant cessé de mesurer le rayonnement solaire en octobre 2018, il n'a pas été possible de calculer l'évaporation du bassin en 2018/2019. La moyenne de l'évaporation à long terme (1969 à 2018) a donc été utilisée pour la période 2018/2019.
- Les débits constants d'exfiltration ont été déterminés par la méthode des éléments finis, réalisée par Golder (1993) avant la construction. Ces débits n'ont pas été mis à jour depuis l'étude effectuée en 1993.
- Le débit du déversoir est estimé à partir d'un bilan massique, en supposant un débit net nul pour l'installation et qu'aucun volume d'eau ne s'accumule au fil du temps dans le bassin.

Le tableau 3 résume les débits annuels du bilan hydrique pour l'année considérée, c'est-à-dire du 1^{er} novembre 2018 au 31 octobre 2019, ainsi que pour une année typique (conditions climatiques moyennes). Des précipitations plus importantes pour l'année 2018/2019 ont causé une hausse estimée du volume d'eau évacué par le déversoir.

Tableau 3 : Bilan d'eau du PAR de novembre 2018 à octobre 2019

Composante du bilan d'eau	Débits annuels moyens (sur la base d'une année climatique moyenne) (m ³ /an)	Débits de l'année courante* (m ³ /an)	Écart (%)	Commentaire/Source
Précipitations sur le bassin	958 294	979 230	2 % ↑	Aire du bassin = 105 ha Précipitation annuelle moyenne = 912,7 mm/an Précipitation de l'année courante = 932,6 mm/an
Ruissellement de surface sur l'aire du bassin versant externe	572 786	585 300	2 % ↑	Aire du bassin versant = 104,6 ha ** Coefficient de ruissellement = 0,6
Apports totaux	1 531 080	1 564 530	2 % ↑	
Évaporation sur la surface du bassin	656 177	656 177	0 %	Selon le modèle de Morton (1983) Évaporation annuelle moyenne du bassin = 625 mm/an

Composante du bilan d'eau	Débits annuels moyens (sur la base d'une année climatique moyenne) (m ³ /an)	Débits de l'année courante* (m ³ /an)	Écart (%)	Commentaire/Source
Débit d'exfiltration	362 664	362 664	0 %	D'après des analyses réalisées avant la construction, Golder (1993) Débit d'exfiltration = 41,4 m ³ /h
Débit sortant du déversoir vers le bassin de polissage	512 240	528 837	3 % ↑	Évalué par bilan d'eau
Débits sortants totaux	1 531 080	1 564 530	2 % ↑	

* L'année courante s'étend de novembre 2018 jusqu'à octobre 2019.

** L'aire du bassin versant a été mis à jour dans le rapport hydrologique consolidé de Louvicourt (en préparation)

↑ (↓) : Valeur de l'année courante **supérieure** (inférieure) à la valeur moyenne historique.

3.3 Revanche et entreposage

La revanche et l'entreposage sont discutés à la section 5.2.3.

3.4 Volumes de l'eau d'exfiltration

D'après un bilan d'eau sommaire, il est estimé que 0,53 million de mètres cubes d'eau a été déchargé au bassin de polissage par le déversoir opérationnel.

3.5 Qualité de l'eau d'exfiltration

La qualité de l'eau d'exfiltration est présentée dans le rapport environnemental annuel de Louvicourt (Suivi environnemental post-restauration) soumis avant le 31 mars de chaque année au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec.

4.0 OBSERVATIONS AU SITE

Une inspection de site a été réalisée le 24 septembre 2019 par M. Simon Chapuis, ing., et M. Laurent Gareau, ing., ingénieur de référence, tous deux de Golder. Ils étaient accompagnés de Mme Morgan Lypka, ingénieure en résidus et environnement, et de M. Jason McBain, ingénieur sénior, résidus miniers, tous deux de Teck Resources. M. Jonathan Charland (Glencore Canada) et M. Rene Fontaine (WSP) ont également participé à l'inspection. La température lors de la visite était d'environ 10°C avec un ciel dégagé.

4.1 Observations visuelles

Les observations suivantes ont été réalisées lors de cette ISD :

- Le niveau d'eau du bassin de résidus était de 315,90 m (niveau d'eau du 24 septembre 2019).
- Le niveau d'eau du bassin de polissage était de 307,16 m (niveau d'eau du 24 septembre 2019).

Digues 1A à 1E

- L'enrochement sur les bermes en amont des digues 1B et 1D a été réparé avec un nouvel enrochement (photo 1). La taille des matériaux d'enrochement a été revue en 2018; il a alors été conclu que les matériaux tels qu'ils ont été placés offraient une protection appropriée aux digues.
- L'enrochement des digues 1A et 1C est resté inchangé par rapport à l'an dernier (photo 2). L'enrochement sera remplacé dans un délai raisonnable. Des procédures d'exploitation, y compris une disposition dans l'EES pour une inspection en cas d'évènement de vents extrêmes, sont utilisées pour gérer les risques de manière provisoire.
- Le peigne à débris en amont de l'entrée du déversoir est endommagé (voir photo 3) et devrait être réparé. La conception d'un nouveau peigne à débris est en cours.
- Une accumulation d'eau a été observée au pied des digues 1A à 1E, presque aux mêmes endroits que l'an dernier. L'eau semble être stagnante ou avoir un débit très faible. Une photo typique d'un lieu d'exfiltration est représentée par la photo 4. L'emplacement de chacun de ces points est illustré à la figure 1.
- Le déversoir d'urgence situé entre les digues 1D et 1E (désigné comme le deuxième déversoir d'urgence) était en bonne condition. La végétation dans le canal en aval a été défrichée en 2018; il y a eu une certaine repousse dans certaines zones (photos 5 et 6), ce qui nécessitera un entretien à l'avenir.

Par le passé, la végétation a été défrichée tous les deux ans, et le défrichage en 2020 est donc approprié. L'enrochement adjacent au seuil en béton du déversoir est en bon état. La route d'accès à la sortie du deuxième déversoir d'urgence est susceptible à l'érosion, ce qui pourrait affecter la berme de la digue.

- Le pont d'accès près du déversoir a été réhabilité en 2018 et semble être en bon état (photo 7).
- Plusieurs points d'érosion mineurs sont visibles sur la crête de la digue 1E. Ils ne constituent pas une source de préoccupation mais doivent continuer à être observés.
- Il y a présence de végétation au pied aval des digues 1A, 1B et 1C (photo 8). Ceci n'est pas un problème de stabilité.

Digues 2A et 2B

- Des points d'eau stagnante ont été observés au pied de la digue 2B, où l'ancienne zone d'exfiltration 13 avait été établie, près du déversoir en V n° 2, ayant un débit très faible. Plus au sud, les points d'exfiltration 10, 11 et 12 sont présents près du déversoir en V n° 1. Celui-ci présente un débit faible mais visible et l'eau est claire.
- De l'eau stagnante a été observée au pied de la digue 2A (photo 9). L'étendue de l'accumulation est accrue en raison des activités des castors; toutefois, il est à noter que cette zone représente un endroit où la topographie naturelle s'écoule vers le bassin de résidus, de sorte qu'une certaine accumulation à cet endroit est attendue.

- Les ponceaux situés de l'autre côté du ruisseau sans nom, juste au nord et à l'ouest du bassin de résidus, sont partiellement bloqués par l'activité des castors, ce qui entraîne des niveaux d'eau plus élevés que la normale à cet endroit (photo 10). Le blocage par les castors a été ôté en 2019.

Digues 4A, 4B et point de l'effluent final

- La digue 4A est une structure située sur un terrain naturel élevé et n'est plus en contact avec l'eau. La structure était en bon état et ne présentait aucun signe d'affaissement, de fissuration, de bombement ou d'autres déformations qui indiqueraient des problèmes de performance géotechnique.
- Les arbres commencent à empiéter sur les pentes latérales et la crête du remblai 4A (photo 11). Ces arbres ne représentent pas un problème géotechnique, car la structure ne retient pas l'eau actuellement et ne risque pas de le faire à l'avenir.
- Le déversoir principal de la digue 4B était en bon état, bien qu'aucun débit ne passe par-dessus l'ouvrage (photo 12).
- Le canal de sortie du déversoir vers le canal Parshall contient une végétation importante (photo 13). Cela ne représente pas un problème de performance pour le canal; cependant, une certaine élimination de la végétation pourrait éventuellement être nécessaire.
- Les ponceaux au point d'effluent final étaient dégagés (photo 14) bien qu'une végétation limitée soit présente en amont de ces ponceaux. Il n'y avait pas de débit important dans les ponceaux de sortie.
- La zone de 15 m située immédiatement à l'est du déversoir principal a été conçue pour servir de déversoir d'urgence à l'élévation 309,3. De l'enrochement a été placé à environ l'élévation 309,8 à cet endroit (photo 15) pour permettre des travaux d'entretien sur la structure principale du déversoir. Des analyses préliminaires suggèrent que la section de débordement à l'ouest du déversoir principal est adéquate pour passer le débit de la crue nominale, et cette analyse sera confirmée.
- La crête de la digue 4B était généralement en bon état et demeure inchangé depuis 2018. Les monuments d'arpentage sont visibles. Aucun changement notable n'est apparu visuellement (c.-à-d. des dommages) sur les monuments d'arpentage.
- Une accumulation d'eau a été observée au pied de la digue 4B, presque aux mêmes endroits que l'an dernier (points 13 à 15 à la figure 1). L'eau semble être stagnante.

4.2 Photographies

Les photographies clés de l'inspection sont présentées à l'annexe B.

4.3 Revue de l'instrumentation et des données

Les informations suivantes étaient disponibles au moment de la réalisation de cette ISD :

- Les données annuelles de suivi des monuments d'arpentage.
- Les dossiers d'inspections visuelles mensuelles.
- Les mesures de débit prises aux déversoirs en V et l'élévation des eaux souterraines des piézomètres existants depuis leur installation jusqu'à la fin de l'été 2019.

- Les mesures des niveaux d'eau du bassin de résidus et du bassin de polissage.

4.3.1 Niveaux d'eau

La figure 4 présente les niveaux d'eau souterraine disponibles pour les digues. Au total, quatre piézomètres (PZ02-04, PZ-04-04, D2A, D2B) sont installés sur les bermes de trois digues différentes. Six autres puits d'observation (PBR-4, PBR-6, PBR-7, PRB-8, PO-06-30, PO-06-31) se situent sur le terrain naturel, éloignés du pied des digues. L'emplacement de chacun de ces puits est illustré sur la figure 1. Les données de 2019 ont été compilées par Teck (figure 4). Il est possible de voir que les valeurs récentes sont très stables pour tous les puits et cohérentes avec les tendances précédentes.

Le piézomètre PZ-02-04 se situe à même la berme aval de la digue 1D. Les eaux souterraines à cet endroit correspondent à l'écoulement à travers la digue 1D et s'écoulent vers le bassin de polissage. Il est donc normal que la ligne de tendance pour ce puits soit légèrement plus élevée que le niveau du bassin de polissage.

4.3.2 Déformations/tassement

Une série de 15 monuments d'arpentage est placée le long des bermes et des crêtes des digues du parc à résidus, et quatre monuments supplémentaires se situent le long de la digue 4B du bassin de polissage. Certains de ces monuments ont été installés après la construction de 1993 et sont identifiés B-1 à B-11 à l'annexe C et SP-1 à SP-11 sur la figure 1. D'autres monuments, identifiés comme SP-11-1 à SP-11-8 sur la figure 1 et comme 2011-1 à 2011-8 à l'annexe C, ont été installés en septembre et octobre 2011. Tous les monuments ont été arpentés du 4 au 15 octobre 2019 par Corriveau J.L. & Assoc. (Corriveau), un arpenteur basé à Val-d'Or. Le rapport détaillé de Corriveau est présenté à l'annexe C. Le tableau 4 présente le tassement total et le déplacement horizontal de tous les monuments selon l'arpentage total des stations. La précision de ces résultats est de 10 mm pour les mouvements horizontaux et 2 mm pour les mouvements verticaux (tassement).

Tableau 4 : Tassement et déplacement horizontal

Monument	Année d'installation	Mouvements horizontaux (totaux)		Tassement (nombres négatifs = vers le haut)		
		Installation jusqu'en 2018	Installation jusqu'en 2019	Jusqu'en 2018	2018-2019	Jusqu'à présent
Digue 1D (crête)						
B-1 (SP-1)	2008	4 mm	6 mm	0 mm	1 mm	1 mm
B-2 (SP-2)	2008	18 mm	20 mm	25 mm	2 mm	27 mm
B-3 (SP-3)	2008	7 mm	4 mm	2 mm	0 mm	2 mm
Digue 1D (berme)						
2011-2 (SP-11-2)	2011	13 mm	15 mm	16 mm	N/A*	N/A*
Digue 1C (crête)						
B-4 (SP-4)	2008	16 mm	17 mm	-1 mm	0 mm	-1 mm

Monument	Année d'installation	Mouvements horizontaux (totaux)		Tassement (nombres négatifs = vers le haut)		
		Installation jusqu'en 2018	Installation jusqu'en 2019	Jusqu'en 2018	2018-2019	Jusqu'à présent
B-5 (SP-5)	2008	9 mm	13 mm	-3 mm	0 mm	-3 mm
Digue 1C (berme)						
2011-8 (SP-11-8)	2011	11 mm	N/A*	12 mm	-1 mm	11 mm
Digue 1B (crête)						
B-6 (SP-6)	2008	16 mm	15 mm	-1 mm	1 mm	0 mm
Digue 1A (crête)						
B-7 (SP-7)	2008	8 mm	6 mm	-21 mm	-1 mm	-22 mm
Digue 2B (crête)						
B-8 (SP-8)	2008	11 mm	2 mm	-1 mm	1 mm	0 mm
B-9 (SP-9)	2008	12 mm	7 mm	0 mm	1 mm	1 mm
B-10 (SP-10)	2008	6 mm	13 mm	-9 mm	0 mm	-9 mm
Digue 2B (berme)						
B-11 (SP-11)	2011	13 mm	4 mm	9 mm	4 mm	13 mm
2011-6 (SP-11-6)	2011	20 mm	8 mm	15 mm	3 mm	18 mm
2011-7 (SP-11-7)	2011	10 mm	24 mm	-14 mm	3 mm	-11 mm
Digue 4B (crête)						
2011-1 (SP-11-1)	2011	15 mm	14 mm	16 mm	3 mm	19 mm
2011-3 (SP-11-3)	2011	3 mm	8 mm	24 mm	3 mm	27 mm
2011-4 (SP-11-4)	2011	3 mm	10 mm	N/A*	N/A*	N/A*
Digue 4B (berme)						
2011-5 (SP-11-5)	2011	8 mm	10 mm	4 mm	7 mm	11 mm

* La mesure n'a pas été prise.

Selon les données horizontales, huit des 18 monuments d'arpentage indiquent des mouvements totaux de leur installation à 2019 inférieurs à leurs mouvements de leur installation à 2018, c'est-à-dire que ces huit monuments se sont déplacés vers leur emplacement d'origine au cours de la période 2018-2019. Tous les autres monuments d'arpentage ont connu des déplacements incrémentiels de moins de 10 mm de 2018 à 2019, et des déplacements totaux depuis leur installation de moins de 25 mm. Les mouvements observés ne sont pas préoccupants sur le plan géotechnique, mais un suivi continu est recommandé.

Depuis l'année précédente, les données verticales montrent que deux monuments indiquaient des mouvements ascendants mineurs et neuf monuments présentaient des tassements de 2 mm ou moins (ce qui correspond à la précision déclarée du levé). Six monuments présentaient des tassements incrémentiels supérieurs à 2 mm (3, 4 et 7 mm). Tous les monuments montrent un tassement total depuis l'installation de 27 mm ou moins. Afin de mieux évaluer les données de règlement, des graphes de tassement historique ont été préparés (figures 5 à 7).

À partir de ces données, les observations générales suivantes sont constatées :

- SP-2 (crête), situé dans la partie centrale de la digue 1D, montre le déplacement total maximal vers le bas le long de la digue 1, soit 27 mm.
- SP-11-6 (berme), situé au centre de la moitié sud de la digue 2B, montre le déplacement total maximal vers le bas le long de la digue 2, soit 18 mm.
- SP-11-3 (crête), situé dans la partie centrale nord de la digue 4B, montre le déplacement total maximal vers le bas le long de la digue 4, soit 27 mm.

Les levés de tassement de la station totale sont complétés par un levé vertical par GPS différentiel en temps réel. Une comparaison qualitative des deux ensembles de données a été entreprise. En général, les deux ensembles de données représentent un accord raisonnable tant en ce qui concerne la direction que l'ampleur du déplacement. Une exception avec l'ensemble de données de 2019 est pour SP-11-3, situé sur la crête de la digue 4B. Alors que l'ensemble de données de la station totale montre ~3 mm de tassement, l'ensemble de données du GPS différentiel montre 30 mm de tassement. En réponse, les mesures suivantes ont été prises :

- Corriveau a vérifié que leurs procédures de collecte de données étaient conformes au protocole. Aucune source d'erreur n'a pu être identifiée.
- Les notes d'inspection de l'ISD ont été examinées pour cette partie de remblai. Aucun signe de mouvement n'a été observé à cet endroit.
- Les rapports d'inspection réguliers ont été examinés spécifiquement pour évaluer si cette zone présentait des signes de mouvement du talus. Aucun signe de mouvement n'a été identifié.

L'ensemble de données totales de la station est plus précis que le GPS différentiel pour l'élévation, et il est conclu que le tassement total de la station représente la performance réelle de cette structure en 2018-2019. Ces mouvements ne sont pas préoccupants sur le plan géotechnique, mais un suivi continu est recommandé comme bonne pratique.

4.3.3 Stabilité et mouvements latéraux

Le tableau 4 ci-dessus présente le tassement et le déplacement horizontal totaux pour tous les monuments. Les données historiques sur les déplacements horizontaux sont présentées sous forme de tracés de points d'origine à l'annexe D. Les tracés de points d'origine montrent les points de données sur une base annuelle, par rapport au

point d'origine – c'est-à-dire les coordonnées mesurées des monuments au moment de leur installation. Ce type de tracé permet de déterminer la variabilité réelle des données et d'évaluer visuellement les tendances qui peuvent être révélatrices d'une déformation latérale. Les mouvements observés sont faibles et n'indiquent pas une progression latérale continue, ce qui pourrait indiquer qu'il n'y pas de mouvement important du remblai.

Les valeurs mesurées du déplacement latéral sont très faibles et ne représentent pas un problème de sécurité des digues, mais le suivi annuel devrait se poursuivre.

4.3.4 Débits d'exfiltration

Le débit d'exfiltration est mesuré à quatre déversoirs en V situés au pied des digues, installés entre 1997 et 2003. Le tableau 5 présente les taux de débit mesurés aux déversoirs en V en 2019, tel que fourni par Teck. Ce tableau présente également des observations ainsi que des taux d'exfiltration estimés visuellement lors de l'ISD, tel qu'identifié par les emplacements 1 à 18 illustrés à la figure 1.

Tableau 5 : Taux de débits mesurés aux déversoirs en V et taux d'exfiltration estimés en 2019

Emplacement	Digue	Débit (mesures locales)
Déversoir en V n° 1	2B	0,2 – 0,9 L/s (calculé et fourni par Teck). L'eau était claire.
Déversoir en V n° 2	2B	0,4 – 1,1 L/s (calculé et fourni par Teck). L'eau était claire.
Déversoir en V n° 3	1A	0,2 – 0,4 L/s (calculé et fourni par Teck). L'eau était claire.
Déversoir en V n° 4	1C	0,7 – 1,8 L/s (calculé et fourni par Teck). L'eau était claire.
1	1B	Flaque, aucun débit
2	1B	Flaque, très faible débit, eau claire
3	1B	Flaque, aucun débit
4	1A	Flaque, aucun débit
5	1A	Flaque, aucun débit
6	1A	Flaque, aucun débit
7	1A	Flaque, aucun débit
8	2B	Flaque, très faible débit, voir déversoir en V n° 2
9	2B	Flaque, très faible débit, eau claire
10	2B	Flaque, très faible débit, voir déversoir en V n° 1

Emplacement	Digue	Débit (mesures locales)
11	2A	Flaque, aucun débit
12	1E	Flaque, aucun débit
13	4B	Flaque, aucun débit
14	4B	Flaque, aucun débit
15	4B	Flaque, aucun débit
16	1C	Flaque, aucun débit
17	1C	Flaque, aucun débit
18	1C	Flaque, aucun débit

La figure 8 présente les tendances historiques des mesures du débit des exfiltrations à ces déversoirs en V depuis leur installation. La figure indique que les débits d'exfiltration mesurés au cours de l'année 2019 étaient cohérents avec les tendances historiques précédentes. Les débits d'exfiltration mesurés en 2019 étaient également légèrement inférieurs (de 5 % à 17 %) à ceux mesurés en 2018, sauf au déversoir en V n° 2. L'augmentation du débit d'exfiltration (14 %) mesuré au déversoir en V n° 2 a peut-être été causé par l'activité des castors à proximité de la digue 2A.

La somme des débits mesurables reflète à la fois l'infiltration de la digue et le ruissellement des eaux de surface dû aux précipitations. Les pics indiqués sur la figure 8 reflètent probablement les impacts du ruissellement de surface, tandis que les valeurs de la limite inférieure représentent plus probablement les débits de base dérivés principalement des infiltrations. Les valeurs de la limite inférieure (1,5 L/s) et de la limite supérieure (4,2 L/s) sont inférieures au taux d'infiltration prévu dans les études de conception de 1993 et dans le bilan hydrique (11,5 L/s). Les taux d'infiltration sont faibles et aucune tendance à l'augmentation du débit d'infiltration n'est perceptible. Cela est donc considéré comme se situant dans la gamme prévue et n'indique pas un problème de sécurité de digue.

4.4 Qualité de l'eau du bassin et d'exfiltration

La qualité de l'eau d'exfiltration est présentée dans le rapport environnemental annuel de Louvicourt (Suivi environnemental post-restauration) soumis avant le 31 mars de chaque année au ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques du Québec (MELCC).

4.5 Formulaire d'inspections du site

Les formulaires d'inspections de routine remplis par le personnel de suivi du site ont été revus par l'ingénieur de référence. Une accumulation importante de débris dans le déversoir du bassin de polissage a été observée en novembre 2018; elle a été corrigée en temps opportun. Aucun autre problème géotechnique potentiel n'a été observé lors des inspections régulières.

5.0 ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ DES DIGUES

5.1 Revue de la conception de référence

5.1.1 Généralités

Les digues 1A à 1E ainsi que 2A et 2B sont composées d'un noyau de till, d'épaulements constitués d'enrochement ou de sable et gravier, d'un filtre placé le long de la paroi aval du noyau, et d'un drain longeant le pied des digues. Une membrane géotextile a été installée entre les épaulements en gravier et la couche protectrice. La hauteur des digues varie le long de l'alignement, allant de quelques mètres de hauteur près des appuis jusqu'à environ 16 m dans les vallées plus profondes des digues 1 et 2. La partie supérieure des faces amont et aval est généralement construite selon des pentes de 2,5H:1V et 2H:1V respectivement, avec des bermes de stabilité amont et aval, établies environ à la mi-hauteur des digues, dans les portions les plus profondes des vallées. Les bermes de stabilité réduisent la pente générale entre 3,5h:1V et 7H:1V.

Le niveau du parc à résidus est contrôlé par un seuil déversant, situé à l'appui sud de la digue 1E. Lors de l'exploitation de la mine, des poutrelles étaient initialement utilisées pour contrôler le niveau du parc à résidus. À la suite de la fermeture de la mine, ces poutrelles ont été remplacées par du béton pour former le déversoir actif à l'élévation 316,1 m, dont 0,1 m supplémentaire fourni par une planche en bois. Les apports d'eau de crue pouvaient être évacués à l'élévation 316,3 m par un déversoir en béton de 5 m de largeur, adjacent au seuil déversant (appelé déversoir d'urgence). Si le seuil déversant et le premier déversoir d'urgence venaient à bloquer, les écoulements pourraient aussi être évacués passivement par un deuxième déversoir d'urgence situé environ 170 m au nord du seuil déversant en béton. Le déversoir d'urgence possède un socle de béton de forme trapézoïdale de 5 m de largeur avec des pentes latérales de 2H:1V. Tous les écoulements passant par le déversoir actif ou par les déversoirs d'urgence rejoignent en aval le bassin de polissage.

La construction du bassin de polissage a débuté à l'automne 1995 et a été complétée au printemps 1996. La conception de la digue 4B est semblable à celle des digues 1 et 2. La digue 4A est construite sur un terrain surélevé et ne retient présentement pas d'eau. L'eau qui déborde du bassin de polissage s'écoule au-dessus de poutrelles d'aluminium, enchâssées dans une structure en béton. Le niveau d'eau est actuellement contrôlé à l'élévation 307,1 m.

Un rapport produit par Golder présente des informations sur la géologie, la stratigraphie et les conditions de l'eau souterraine (Golder, 1993). Il n'y a pas eu de rehaussement des installations de gestion de résidus depuis leur construction initiale.

Depuis la fermeture de la mine en 2005, des inspections de routine sont réalisées. Les inspections mensuelles sont réalisées en marchant sur la crête des digues, alors que les inspections hebdomadaires sont réalisées en conduisant sur les digues à basse vitesse tout en inspectant les déversoirs. Des caméras ont été installées aux deux déversoirs, et les photos sont régulièrement examinées par plusieurs personnes qualifiées.

Des inspections de sécurité des digues (ISD) sont réalisées annuellement et des évaluations de la sécurité des digues (ESD) sont effectuées tous les cinq ans. La prochaine ESD devrait être réalisée en 2020.

5.1.2 Dignes du bassin de résidus (dignes 1 et 2)

La longueur combinée des cinq segments de la digue 1 est de 1 650 m. La digue 1 possède une hauteur moyenne de 8 m et une hauteur maximale de 18 m. La longueur combinée des deux segments de la digue 2 est de 880 m. La digue possède une hauteur moyenne de 10 m et une hauteur maximale de 18 m. Une section transversale typique des digues est illustrée à la figure 2. Les crêtes de la partie centrale de la digue 1D et d'une

partie de la digue 2B ont intentionnellement été construites 1 m plus haut que l'élévation de conception afin de compenser pour le tassement attendu à ces endroits.

Des piézomètres à corde vibrante et un inclinomètre ont été utilisés pour effectuer le suivi du comportement des digues pendant et après la construction. Ces instruments ne sont plus opérationnels. Les instruments présentement installés au parc à résidus comprennent quatre puits d'observation, quatre déversoirs en V et 15 monuments d'arpentage. Cinq autres puits d'observation se trouvent en aval des digues et servent à observer la qualité de l'eau. L'emplacement de ces instruments est présenté à la figure 1. De nouveaux instruments (piézomètres à corde vibrante, piézomètres à tube vertical, thermistances et déversoirs en V) sont en cours d'installation pour compléter le réseau de suivi des structures.

5.1.3 Digue du bassin de polissage (digue 4B)

Le bassin de polissage a été exploité jusqu'en 2011 à une élévation systématiquement inférieure à la valeur de conception de 309,0 m. Puis, jusqu'en 2018, le bassin a été exploité à une élévation de 306,54 m, puis à une élévation de déversoir de 307,1 m depuis. La conception de la digue 4B est semblable à celle des digues 1 et 2.

L'instrumentation actuelle du bassin de polissage comprend un puits d'observation et quatre monuments d'arpentage situés sur la crête et la berme au pied de la digue. L'emplacement de ces instruments est présenté à la figure 1. De nouveaux instruments (piézomètres à corde vibrante) sont en cours d'installation pour compléter le réseau de suivi des structures.

5.1.4 Paramètres de conception des digues

La géométrie de conception des digues est résumée au tableau 6.

Tableau 6 : Géométrie de conception

Élément	Critère de conception
Pente amont	2,5 H:1V
Largeur de la crête	8 m
Pente aval	2,0H:1V (inter banc, sans considérer les bermes aval)
Revanche minimale (depuis la crête de la digue)	2,0 m au parc à résidus 1,5 m au bassin de polissage
Niveau maximal des résidus (sous la crête des digues)	3,0 m
Élévation minimale de la crête des digues 1 et 2 au parc à résidus	318,0 m et certaines parties des digues 1D et 2B à 319,0 m
Élévation minimale de la crête de la digue 4B au bassin de polissage	310,5 m

5.1.5 Conditions souterraines

Les digues des installations de gestion de résidus sont situées dans des vallées entre des affleurements rocheux présentant un relief relativement élevé. Le parc à résidus a été construit de manière à relier ces affleurements rocheux et ainsi réduire le volume requis de remblai.

Des études géotechniques révèlent que la stratigraphie est généralement composée des couches suivantes :

- Une couche de surface constituée de matière organique ou de tourbe, typiquement 100 mm à 300 mm d'épaisseur.
- Un mort-terrain, composé de couches d'argile silteuse et de silt argileux alluvial/lacustre, de consistance molle à très raide. Une croûte supérieure et altérée d'argile raide a été observée dans la plupart des profils, sous laquelle la consistance des sols diminue généralement. Les matériaux d'argile silteuse et de silt argileux évoluent généralement vers un silt en profondeur et dans certains cas vers un sable silteux.
- Une couche de base de dépôt glaciaire, composée de silt à sable silteux/graveleux dans un état compact à dense.
- Un substrat rocheux, composé de granodiorite.

5.1.6 Matériaux de remblai des bermes

Les digues de rétention du parc à résidus et du bassin de polissage sont des structures zonées, constituées de remblai de sols, et construites d'un noyau de till compacté, avec un filtre le long de la paroi aval du noyau et d'un drain le long de la base des digues et du remblai/sable et des épaulements en gravier, comme illustré sur la section typique présentée à la figure 2.

Les propriétés mises à jour des résidus, des sols de remblai et des sols naturels de fondation, ont été utilisées dans l'ESD de 2005 (SNC-Lavalin, 2005). Les propriétés de ces matériaux sont énumérées au tableau 7.

Tableau 7 : Propriétés de conception mises à jour, applicables aux matériaux (SNC-Lavalin 2005)

Matériau	Poids volumique (kN/m ³)	Résistance en contraintes totales		Résistance en contraintes effectives	
		Cohésion (kPa)	Angle de friction (degrés)	Cohésion (kPa)	Angle de friction (degrés)
Sable et gravier (digues 1 et 2)	23 - 24*	-	-	0	35
Sable et gravier (digue 4)	20,8 - 22,6*	-	-	0	35
Filtre de sable	20	-	-	0	35
Till (noyau)	22 - 22,7*	-	-	0	35
Argile	15 - 16,5	30 - 85	0	0	26 – 29

Matériau	Poids volumique (kN/m ³)	Résistance en contraintes totales		Résistance en contraintes effectives	
		Cohésion (kPa)	Angle de friction (degrés)	Cohésion (kPa)	Angle de friction (degrés)
Till (fondation)	18,5 - 19	-	-	0	30 - 35
Résidus dans le parc à résidus	16	-	-	0	30

* Poids volumique saturé

À la suite d'une réévaluation des résidus (Golder 2018b), le poids volumique saturé des résidus a été révisé à 21,3 kN/m³. Les analyses de stabilité ont confirmé que cette modification a permis aux facteurs de sécurité d'atteindre les valeurs cibles.

5.1.7 Sismicité

L'analyse des valeurs sismiques du site a été effectuée par SNC-Lavalin lors de l'ESD de 2005 (SNC-Lavalin, 2005), et revue par Klohn Crippen Berger lors de l'ESD de 2010 (Klohn Crippen Berger, 2011). Les deux évaluations se sont basées sur la version 2005 du Code national du bâtiment. L'accélération maximale du sol (AMS) estimée de sols très denses lors des périodes de retour correspondantes est résumée au tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Valeurs de l'aléa sismique au site selon l'ESD de 2010 (adapté de Klohn Crippen Berger, 2011)

Structure	Période de retour (années)	AMS ¹ (g)
Digues du bassin de résidus	1 en 10 000	0,23
Digue du bassin de polissage	1 en 2 500	0,12

¹ Pour un site possédant un sol de classe « C » : sol très dense ou fondation rocheuse lâche.

5.2 Revue des risques et des modes de rupture (évaluation de la sécurité des digues relativement aux modes de rupture potentiels)

En tant que composante obligatoire de l'ISD, les principaux risques et modes de rupture ont été identifiés et évalués. Cette section passe en revue les implications relatives à la sécurité des digues découlant des données de l'instrumentation et des observations faites lors de la visite de site du 24 septembre 2019 à l'égard des modes de rupture potentiels. La conception de référence de chacun des modes de rupture typiques est également présentée.

5.2.1 Érosion interne

L'instabilité interne d'une digue peut être causée par des matériaux qui migrent hors de la structure sous l'effet des forces d'écoulement, laissant ainsi des vides. Cela se produit généralement avec des matériaux qui ne possèdent pas de compatibilité filtrante, à savoir que la fraction fine d'un matériau peut migrer dans ou à travers les vides du matériau adjacent sous l'effet d'un gradient hydraulique suffisamment élevé. Un phénomène de renard est induit par érosion régressive des particules qui migrent vers l'environnement extérieur jusqu'à former un tuyau continu.

Conception de référence

Les différentes granulométries nécessaires pour respecter les critères filtrants ont été établies par Golder lors de la phase initiale de conception des structures (Golder, 1993). La conception initiale a considéré les critères filtrants relatifs à la distribution granulométrique du noyau de till et du drain de sable adjacent ainsi qu'à celle entre le drain de sable et le drain de pied, constitué de gravier. La compatibilité du filtre a été brièvement commentée à la section 3.4 du rapport de SNC-Lavalin (2005) portant sur la revue de la sécurité des digues et a été décrite comme ayant été établie selon des « limites prudentes ».

Instrumentation et performance observée

L'emplacement des déversoirs en V et des exfiltrations est illustré à la figure 1. Les débits d'exfiltration mesurés aux déversoirs en V ainsi que des débits d'exfiltration visuellement estimés sont indiqués au tableau 5. L'eau s'écoulant des drains de pied, des points d'exfiltration et des déversoirs en V était claire et ne contenait pas de particules en suspension visibles. Les débits étaient généralement faibles et correspondaient aux valeurs attendues.

Aucune zone de tassement ou dépression qui indiquerait la présence de vides dus soit à de la suffusion ou à un phénomène de renard n'a été observée. Aucune évidence d'érosion interne n'a été observée. Il a donc été conclu qu'aucune érosion interne n'a lieu qui pourrait nuire à l'intégrité des structures.

5.2.2 Instabilité

Conception de référence et revues subséquentes

Des analyses de stabilité ont été effectuées lors de la phase initiale de conception des digues de rétention (Golder, 1993). Les dimensions des digues initiales ont été conçues pour atteindre un facteur de sécurité minimal de 1,5, sous des conditions de fin de construction et d'opération. À ce temps, les analyses sismiques des digues ont été effectuées en utilisant une accélération sismique ayant une période de récurrence de 1:1 000 ans. La valeur sismique a été modulée sur la base d'une analyse unidimensionnelle de réponse de la colonne de sols. L'accélération horizontale de la surface du sol ainsi déterminée a été utilisée dans les analyses de stabilité pseudo-statique. Les résultats démontraient un facteur de sécurité légèrement au-dessus de 1,1 pour toutes les digues. Il est à noter que les analyses de stabilité initiales se servent de la méthode d'analyse Bishop, populaire à l'époque. La méthode de Bishop n'est pas aussi rigoureuse que les méthodes actuellement utilisées et il n'est donc pas valable de comparer ces résultats aux critères de conformité modernes.

En se basant sur les résultats de la campagne de terrain initiale de 1992, l'ESD de 2005 (SNC-Lavalin, 2005) a confirmé un facteur de sécurité minimal de 1,3 pour des conditions à long terme, sauf pour la digue 1D. Ce résultat a mené à l'élargissement de la berme en aval de la digue 1D en 2005. Le facteur de sécurité de 1,3 était jugé suffisant pour la condition d'exploitation à long terme. Un facteur de sécurité post-fermeture de 1,5 était recommandé. Les analyses sismiques effectuées lors de l'ESD de 2005 se basaient sur un événement sismique

ayant une période de retour de 10 000 ans et contenaient également une analyse de réponse unidimensionnelle du sol pour tenir compte de la présence d'une colonne de sol. L'accélération horizontale de la surface du sol ainsi déterminée a été utilisée dans les analyses de stabilité pseudo-statique. Les résultats ont confirmé des facteurs de sécurité légèrement au-dessus de 1 pour toutes les digues. L'analyse du potentiel de liquéfaction a indiqué que des zones localisées de till de densité relativement basse, présentes dans les fondations des digues, pouvaient être potentiellement liquéfiables dans le cas du séisme de conception. Des analyses post-liquéfaction ont confirmé que si ces zones devaient se liquéfier, les digues demeureraient stables.

L'ESD de 2010 (Klohn Crippen Berger, 2011) comprenait une évaluation préliminaire du potentiel de liquéfaction et une évaluation de la perte de résistance cyclique sur la base des résultats de la campagne initiale de terrain menée en 1992. L'ESD de 2010 a conclu qu'une proportion plus grande que précédemment estimée des matériaux de fondation pouvait être potentiellement liquéfiable. Une évaluation préliminaire de stabilité a conclu que les facteurs de sécurité en condition post-liquéfaction, pour une section typique de la digue du parc, ne répondaient pas aux lignes directrices actuelles recommandées. Il avait été recommandé qu'une investigation de terrain et des études en laboratoire additionnelles soient effectuées.

Golder a effectué une analyse supplémentaire d'évaluation de liquéfaction et des analyses de stabilité post-liquéfaction en 2013 (Golder, 2013). Sur la base des données géotechniques de terrain collectées en 1992, l'analyse a indiqué qu'il existait un potentiel que la strate de silt située sous les digues 1C et 2B se liquéfie lors de l'événement sismique de conception. Les analyses qui ont été effectuées en utilisant des paramètres de résistance proches de la limite inférieure pour le silt liquéfié ont indiqué que la digue 2B avait des facteurs de sécurité inférieurs à la cible. Cependant, ces analyses ne prenaient pas en compte la consolidation ayant possiblement pu se produire après la construction des digues; de plus, il a été observé que les données d'investigation de terrain n'utilisaient pas des techniques actuelles, puisqu'elles n'existaient pas en 1992. Il a donc été recommandé qu'un programme d'investigation géotechnique ciblé soit entrepris afin de confirmer la validité des analyses. La nouvelle investigation de terrain a été complétée à l'automne 2017 et les analyses subséquentes étaient en cours au moment de la rédaction de ce rapport. En support aux analyses de stabilité, une évaluation révisée des risques sismiques propres au site a été effectuée. En outre, des instruments supplémentaires sont en cours d'installation pour valider les hypothèses piézométriques des analyses.

Instrumentation de monuments d'arpentage

L'analyse détaillée des données de suivi est présentée à la section 4.3.

Les Recommandations de sécurité des barrages de l'ACB (ACB, 2013), section 3.6.3, suggèrent l'usage d'instrumentation sur les digues en mesure complémentaire aux évaluations visuelles régulièrement faites afin de vérifier la performance des digues, relativement à leurs modes potentiels de rupture. La section 4.3.2 présente un résumé du tassement et des mouvements horizontaux mesurés et observés au parc à résidus.

Les mouvements horizontaux des monuments présentés au tableau 4 demeurent relativement limités. Certaines tendances ont été remarquées et les commentaires suivants ont été émis :

- L'arpentage n'est pas réalisé à la même période à chaque année. Certains monuments individuels démontrent des tendances qui pourraient être attribuées à des effets saisonniers. Un effort sera fait pour réaliser l'enquête à la même période de l'année à l'avenir.

- Les monuments présentent des mouvements avec des amplitudes similaires à celles de l'étude de 2018. Le monument SP-11-6, sur la digue 2B, démontre le déplacement total le plus important du site, c'est-à-dire de 20 mm en direction aval.
- Les tassements progressifs (de 2018 à 2019) étaient généralement inférieurs à 2 mm (ce qui correspond à la précision déclarée du relevé). Le tassement progressif maximal était de 7 mm (vertical) pour un instrument (SP-11-5) situé sur la berme de la digue 4B.
- SP-2, SP11-1, SP11-3 et SP11-4 présentent des tassements annuels de quelques millimètres par an. Cependant, il n'y a aucun signe d'accélération des tassements et les tassements totaux sont relativement faibles (valeur maximale de tassement total de 27 mm). Les autres monuments d'arpentage présentent le nombre total d'établissements qui se sont stabilisés ou qui sont variables (mouvements mineurs vers le haut et vers le bas) au fil des ans.
- SP-5 (crête) et SP-11 (banc) montrent des mouvements ascendants incrémentiels depuis l'installation. Le taux des mouvements est faible.

Les mouvements horizontaux des monuments présentés au tableau 4 demeurent relativement limités. Quelques tendances et observations sont présentées ci-dessous :

- Les résultats des relevés des stations totales indiquent certains mouvements notables attribués à l'action du gel et aux limites des relevés. Toutefois, les amplitudes sont faibles et se situent dans les limites acceptées.
- Le plus grand mouvement (tassement de 27 mm) se produit à SP-11-3 situé sur la digue 4B. L'ampleur des déformations indiquées par les instruments de suivi se situe dans les limites admises; elle ne présente pas un problème de sécurité de la digue mais justifie un suivi continu en tant que meilleure pratique.
- Une valeur de tassement anormale a été observée sur SP-11-3, comme indiqué à la section 4.3.2. Le relevé GPS anormal n'a pas été observé dans les données totales de station et n'est donc pas représentatif d'une tendance de tassement en hausse.

Performance observée

L'apparition de fissures longitudinales a été documentée le long de la crête de la digue 1 lors des derniers hivers. Une observation générale est que la gravité de la fissuration de la crête en 2019 est moins marquée que les années précédentes. Golder (2015) a inspecté et analysé les fissures et a conclu qu'elles étaient causées par l'action du gel, exacerbée par le déneigement éolien de l'épaulement amont de la digue. Aucune preuve contraire n'a été observée au moment de l'inspection.

Il est probable qu'il continuera d'avoir des fissures longitudinales annuellement. Il peut être nécessaire d'entreprendre des enquêtes pour confirmer qu'il n'y a aucun risque associé à l'intégrité du noyau. Un suivi continu des fissures est requis.

5.2.3 Débordement

Conception de référence

Les digues du parc à résidus et de l'étang de polissage ont été initialement conçues avec une revanche respective de 2,0 m et de 1,5 m. En 2019, la revanche variait entre 1,75 m et 2,05 m dans le parc à résidus et de 3,15 à 3,39 m au bassin de polissage. Dans les deux cas, les niveaux d'eau élevés sont associés à la crue printanière.

Une revue de la revanche a été réalisée lors de l'ESD de 2010 (Klohn Crippen Berger, 2011), conformément aux lignes directrices de l'ACB (2007). Les résultats indiquent que les vagues pourraient atteindre une élévation inférieure ou égale à 316,89 m dans le PAR, en conditions normales et lors des conditions de crue maximum probable. Puisque cela est moindre que l'élévation minimum en crête de 318,0 m, il a été conclu que la protection contre une condition de franchissement des vagues était suffisante pour le parc à résidus. Quant à l'étang de polissage, la revanche actuelle de 3,15 m est considérée plus que suffisante.

La capacité d'évacuation des crues a été améliorée par la construction d'un deuxième déversoir d'urgence au parc à résidus en 2005. SNC-Lavalin (2006) a estimé que dans le cas où le déversoir actif et le premier déversoir d'urgence étaient bloqués par l'activité des castors, le deuxième déversoir d'urgence serait en mesure de passivement évacuer l'événement de crue 1:10 000 ans selon une élévation d'étang maximum de 316,77 m. Ce niveau est proche du sommet du noyau de till, mais demeure au moins 1,23 m sous l'élévation de la crête de la digue.

Données d'instrumentation

Le niveau d'eau du bassin de résidus a été mesuré à l'aide d'une jauge limnimétrique en eaux libres en 2019. Pour la période 2011-2019, l'élévation varie généralement d'une valeur minimale de 315,95 m à l'automne, à une valeur maximale de 316,25 m (charge hydraulique de 15 cm sur le seuil) au printemps. Les niveaux minimaux historiques ont été enregistrés à l'automne 2010 (315,17 m) et les niveaux maximaux au printemps 2019 (316,25 m). Cela peut refléter des précipitations printanières plus importantes que la moyenne ainsi qu'une augmentation de la fréquence des mesures, effectuée en 2019. Les exigences de revanche minimum, prescrites par l'ACB, ont été maintenues en 2018-2019.

Performance observée

Lors de la visite de site, le niveau d'eau du parc à résidus était de 315,96 m. La revanche était supérieure aux exigences minimales de l'ACB au moment de l'inspection du site et ne constituait pas, par conséquent, une préoccupation de sécurité. La présence de trois déversoirs au bassin de résidus et de deux déversoirs au bassin de polissage permet d'atténuer considérablement le risque de débordement.

5.3 Revue des conditions en amont et en aval

Aucun changement aux conditions générales en aval des bassins de résidus et des bassins de polissage n'a été signalé à Golder, et les observations faites dans les zones au pied des bermes appuient cette conclusion. Les conditions amont concernent seulement un bassin versant très limité. Aucun changement aux conditions dudit bassin versant n'a été rapporté à Golder.

5.4 Revue de la classification des digues

5.4.1 Classification des conséquences relatives aux digues

La classification des conséquences relatives aux digues a changé avec le temps. Présentement, cette classification a été établie comme un risque « très élevé » pour toutes les digues, à l'exception de la digue 4H, dont le risque a été établi comme « élevé ».

La classification des conséquences relatives aux digues est fondée sur les conséquences d'une rupture, quelle que soit la probabilité d'une rupture potentielle de la digue, et ne doit pas être confondue avec le risque de rupture, qui est une combinaison de la probabilité et des conséquences. Klohn Crippen Berger a effectué la classification des conséquences de rupture des digues dans le cadre de l'ESD 2010 (Klohn Crippen

Berger, 2011). Le tableau 9 présente les critères de classification des digues lesquels sont basés sur les directives de l'ACB (2007). La classification des digues au parc à résidus (digues 1 et 2) a été établie comme un risque « très élevé » à « extrême ». La classification de la digue 4B au bassin de polissage a été établie comme un risque « élevé ». Les digues du parc à résidus ont été classifiées dans les catégories de conséquences « très élevée » à « extrême » puisqu'il est attendu que la population à risque soit constituée de résidents permanents dont les maisons sont situées sur le parcours de l'inondation et pour lesquels les pertes de vie potentielles sont prévues être entre 10 à plus de 100. Il est à noter, cependant, que la population à risque a été estimée sans l'avantage d'une analyse de la rupture de la digue, et que la classification doit donc être considérée comme qualitative.

Tableau 9 : Classification des digues en termes de conséquences de rupture (selon ACB, 2007)

Classe de la digue	Population à risque ^(a)	Pertes incrémentales		
		Pertes de vie ^(b)	Valeurs sur le plan de l'environnement et des biens culturels	Infrastructure et pertes économiques
Risque faible	Aucun	0	Pertes à court terme minimales. Aucune perte à long terme.	Faibles pertes économiques; zone ne comptant qu'un nombre limité d'infrastructures ou de services.
Risque important	Temporaire seulement	Nombre non spécifié	Aucune perte significative ni détérioration de l'habitat piscicole ou faunique. Perte d'habitat marginal seulement. Restauration ou indemnisation en nature très possible.	Pertes d'installations de loisirs, de lieux de travail saisonnier et de voies de transport peu utilisées.
Risque élevé	Permanente	10 ou moins	Perte ou détérioration d'une partie importante de l'habitat piscicole ou faunique. Restauration ou indemnisation en nature très possible.	Pertes économiques élevées touchant les infrastructures, le transport public et les installations commerciales.
Risque très élevé	Permanente	100 ou moins	Perte ou détérioration importante de l'habitat piscicole ou faunique essentiel. Restauration ou indemnisation en nature possible mais non pratique.	Pertes économiques très élevées touchant des infrastructures ou des services importants (p. ex. autoroutes, installations industrielles et installations d'entreposage de produits dangereux).
Risque extrême	Permanente	Plus de 100	Perte majeure de l'habitat piscicole ou faunique essentiel.	Pertes extrêmes touchant des infrastructures ou des services

Classe de la digue	Population à risque ^(a)	Pertes incrémentales		
		Pertes de vie ^(b)	Valeurs sur le plan de l'environnement et des biens culturels	Infrastructure et pertes économiques
			Restauration ou indemnisation en nature impossible.	essentiels (p. ex. hôpitaux, complexes industriels importants et grandes installations d'entreposage de produits dangereux).

Source : ACB (2007)

(a) Définitions visant la population à risque :

Aucune – Il n'y a pas de population à risque définissable, donc aucune possibilité de pertes de vie autre que par suite d'un incident imprévisible.

Temporaire – Les personnes ne sont présentes que provisoirement (en raison, p. ex., de leur utilisation saisonnière d'une maison de campagne, de leur circulation sur une route ou de leur participation à des activités de loisirs) dans la zone qui serait inondée en cas de rupture du barrage.

Permanente – La population à risque se trouve habituellement (p. ex. les résidents permanents) dans la zone qui serait inondée s'il y avait rupture du barrage; on recommande d'utiliser trois classes de risques (élevé, très élevé, extrême) pour obtenir une estimation plus détaillée du nombre potentiel de pertes de vie (pour aider à la prise de décisions si l'analyse appropriée est effectuée).

(b) Implications en ce qui concerne les pertes de vie :

Nombre non spécifié – Le niveau de sécurité nécessaire au barrage lorsque des personnes sont provisoirement à risque dépend du nombre de personnes, de la durée d'exposition, de la nature de leurs activités et d'autres facteurs. Une classe de risque supérieure pourrait être plus appropriée, si les conditions l'exigent. Toutefois, l'exigence de la crue de sécurité, par exemple, pourrait ne pas être plus élevée si la population temporaire est vraisemblablement absente durant la saison des crues.

Une étude du parcours d'inondation relatif à l'installation de gestion des résidus a par la suite été effectuée par SNC-Lavalin (2012) sur la base des directives de l'ACB (2007). L'étude a pris en compte deux scénarios potentiels de rupture et a évalué l'impact qui en découlerait pour des récepteurs situés en aval. Les résultats ont indiqué que la classification des conséquences pour les digues du parc à résidus était de niveau « très élevé ». La classification était déterminée par les conséquences environnementales d'une rupture de digue qui aurait un impact sur la rivière Bourlamaque, dont les travaux de réhabilitation seraient complexes. La réduction de « extrême » à « très élevée » est le résultat de la réduction de la population estimée à risque en cas de rupture d'une digue à moins de 100. Une analyse révisée de rupture de digues est en cours au moment de la rédaction de ce rapport.

5.4.2 Revue

Aucun nouvel élément n'est disponible pour supporter une modification à la classification des digues. Cependant, il est à noter qu'une nouvelle analyse de rupture de digues est en cours au moment de la rédaction de ce rapport, ce qui pourrait mener à une modification à la classification. Les niveaux de classification déterminés par l'analyse des ruptures de digues en 2012 (SNC-Lavalin, 2012) devraient être maintenus pour cette ISD.

5.5 Performance physique

La performance générale du parc à résidus Louvicourt et du bassin de polissage est bonne. Les observations faites lors de l'inspection sont conformes aux bonnes performances géotechniques. La revue des lectures de

l'instrumentation présentée à la section 4.3 ne démontrait pas de tassement ni de déplacement qui indiquerait une détérioration de la stabilité physique.

Les sections 4.1 et 6.6 présentent les observations effectuées au site ainsi que les actions recommandées afin de supporter la performance du parc à résidus sur le long terme. Les résultats des analyses de stabilité des digues 1C et 2B devraient être prises en considération dans l'évaluation continue de leur performance physique.

5.6 Performance d'exploitation

Le parc à résidus Louvicourt est fermé et aucune activité d'entreposage des résidus ni d'exploitation des bassins n'a lieu.

5.7 Revue du manuel EES

Le manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance (EES) pour le parc à résidus a été mis à jour en mars 2017 (Golder, 2017). Une nouvelle version suivant le guide OES 2019 de l'Association minière du Canada (AMC) devrait être terminée au premier trimestre 2020.

5.8 Revue de la préparation et de l'intervention en cas d'urgence

Un plan de préparation et d'intervention en cas d'urgence pour le parc à résidus a été finalisé en 2017. Golder a effectué la revue de la version publiée le 22 mars 2019. Le plan est considéré comme étant à jour et approprié.

6.0 SOMMAIRE ET RECOMMANDATIONS

6.1 Résumé des activités de construction, d'exploitation et d'entretien

Aucune construction n'a eu lieu en 2019. Des poutrelles ont été placées dans le déversoir du bassin de polissage, et des caméras ont été ajoutées pour permettre la surveillance en temps réel des deux déversoirs opérationnels sur le site. Les activités de surveillance et d'entretien suivantes ont été réalisées en 2019 :

- Inspections de routine
- Arpentage des monuments
- Élimination de la végétation dans les déversoirs d'urgence
- Élimination des débris dans le canal du déversoir actif du bassin de polissage
- Nettoyage des chemins d'accès au pied des digues 1A, 1B, 1C et 4D

6.2 Résumé des bilans climatique et hydrique

Les précipitations de l'hiver 2018/2019 ont généralement demeuré sous les moyennes historiques mensuelles multi-annuelles. Les précipitations du printemps 2019 étaient pour leur part supérieures aux moyennes historiques mensuelles multi-annuelles. Plus précisément, le mois de juin (134,3 mm) a été très humide (50 % de plus que la moyenne), alors que des précipitations nettement inférieures à la moyenne ont été observées en juillet (-107 %). Les précipitations totales au cours de la période considérée sont 2 % plus élevées que les moyennes à long terme.

D'après un bilan d'eau sommaire, il est estimé que 0,53 million de mètres cubes d'eau a été déchargé au bassin de polissage par le déversoir.

6.3 Résumé de la performance

La performance générale du parc à résidus Louvicourt et du bassin de polissage est bonne, et ne nécessite pas de travaux ni de correctifs majeurs. Les travaux mineurs à prendre en considération sont résumés à la section 6. Toutes les actions recommandées à la section 6.6 visent à obtenir une bonne performance à long terme ou à améliorer la compréhension globale des problèmes de stabilité potentiels à long terme.

6.4 Résumé des changements à l'aire ou aux conditions en amont et en aval

Des caméras ont été installées sur les déversoirs du bassin de résidus et du bassin de polissage pour permettre la surveillance à distance des déversoirs. En 2019, des poutrelles supplémentaires ont été insérées dans la structure du déversoir du bassin de polissage pour élever le radier à une élévation de 307,14 m, et la grille à déchets en travers du déversoir a été retirée et remplacée par un peigne à déchets en aval de l'installation, dans le canal de Parshall.

6.5 Classification des conséquences

Aucun changement n'est recommandé en lien avec la classification des conséquences du parc à résidus. Une analyse de rupture de digues est en cours, ce qui pourrait causer un changement de classification.

6.6 Tableau des déficiences et des non-conformités

Revue des déficiences et des non-conformités précédentes

Lors de la visite effectuée en 2019, il a été observé que les digues du bassin de résidus et du bassin de polissage étaient en bon état. Aucun changement significatif de l'état des digues depuis l'ISD de 2018 n'a été constaté. Les déficiences et non-conformités notées lors de l'ISD ainsi que leur statut sont présentées au tableau 10. Le tableau 11 fournit une description des niveaux de priorité utilisés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Statut des actions clés recommandées à la suite de l'inspection de sécurité annuelle des digues

Structure	Identifiant	Déficience ou non-conformité	Réglementation applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
Recommandations précédentes fermées ou remplacées						
Digue 1E	2018-01	Débris dans le déversoir opérationnel du parc à résidus.	Manuel EES section 6.2	Ôter les débris du déversoir.	3	FERMÉ – Q4 2018 (Complété)
Recommandations précédentes en cours						
Digue 1E	2018-02	Le peigne à débris à l'entrée du déversoir opérationnel du	Manuel EES section 6.2	Réparer le peigne à débris.	3	T2 2020

Structure	Identifiant	Déficiance ou non-conformité	Réglementation applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
		bassin de polissage est endommagé.				
Digue 1D	2018-03	Le chemin d'accès au deuxième déversoir d'urgence est susceptible à l'érosion.	ACB 2013 section 3.5.5	Entreprendre une analyse de l'érosion afin d'évaluer l'intégrité de la berme. Au besoin, installer un dispositif de protection pour les pentes en travers de la route et du canal de sortie, afin d'éloigner l'écoulement potentiel du déversoir des bermes.	3	EN COURS – Données d'arpentage recueillies Analyse de l'érosion à effectuer d'ici T2 2020.
Tous	2015-06	Effectuer une revue de la stabilité sismique des digues et des conditions de liquéfaction.	Directive 019 section 2.9.3	Effectuer une revue de la stabilité sismique des digues et des conditions de liquéfaction.	4	EN COURS – Investigation terminée T4 2017; analyses en cours T2 2019; changement de la portée du mandat et ajout de l'évaluation des aléas sismiques, entraînant un retard d'achèvement T3 2019; finalisation de l'analyse sera repoussée jusqu'à

Structure	Identifiant	Déficiance ou non-conformité	Réglementation applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
						l'achèvement de l'installation d'instrumentation supplémentaire (instrumentation installée en janvier 2020). Achèvement visé T2 2020.
Digue 2A	2018-04	Activité de castor en aval du point d'exfiltration 9, causant une accumulation d'eau plus importante adjacente à la digue 2A.	ACB 2007 section 3.5.8	Contrôler l'activité des castors et ôter le barrage de castors.	2	FERMÉ – T4 2019 (Complété)
Recommandations 2019						
Digue 4B	2019-01	Le barrage de castor construit en travers du point d'écoulement naturel provoque un excès d'accumulations à proximité de la digue.	ACB 2007 section 3.5.8	Ôter le blocage de castor.	2	FERMÉ – T1 2019 (Complété)
Digue 4B	2019-02	Un remblai granulaire a été placé à l'est du déversoir principal, dans une zone conçue comme un	ACB 2013 section 3.5.5	Évaluer si la configuration actuelle peut surmonter la tempête de conception. Selon les	2	EN COURS – T2 2020 Des mesures correctives peuvent être nécessaires si les calculs

Structure	Identifiant	Déficiences ou non-conformité	Réglementation applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
		déversoir d'urgence.		premières indications, la configuration actuelle ne pose pas de problème de débordement.		préliminaires ne sont pas confirmés.
Digue 2B	2019-03	L'activité des castors dans les ponceaux qui traversent le ruisseau au nord-ouest de la digue provoque une accumulation excessive d'eau.	ACB 2007 section 3.5.8	Ôter le blocage de castor.	2	FERMÉ – T1 2019 (Complété)

Tableau 11 : Priorités et niveaux de risques

Priorité (telle que définie par Teck Resources)	Description
1	Une probabilité élevée ou une préoccupation réelle à l'égard de la sécurité d'une digue, considérée comme immédiatement dangereuse pour la vie, la santé ou l'environnement ou un risque significatif de mise en application réglementaire.
2	Si non corrigé, cela pourrait vraisemblablement causer des préoccupations sur la sécurité d'une digue, conduisant à des blessures, un impact environnemental ou une mise en application réglementaire significative.
3	Occurrences uniques de déficiences ou de non-conformités qui, à elles seules, ne sont pas susceptibles de causer des préoccupations à l'égard de la sécurité d'une digue.
4	Meilleure pratique de gestion – Des améliorations additionnelles sont nécessaires de façon à rencontrer les meilleures pratiques de l'industrie ou à réduire les risques potentiels.

Remarque : La description des catégories de priorités est cohérente avec les directives de l'Association minière du Canada (AMC).

7.0 CLÔTURE

Nous espérons que le présent rapport répond à vos attentes. Nous demeurons disponibles pour répondre à toute question ou demande concernant ce rapport.

Golder Associés Ltée

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Simon Chapuis, ing., M.Sc.A.
Ingénieur géotechnique

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Laurent Gareau, ing., M.Sc.
Associé principal, Ingénieur géotechnique senior

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Hayet Chaouche, ing. jr.
Ingénieure junior, ressources en eau

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Vlad Rojanschi, ing., Ph.D.
Associé, Ingénieur en ressources en eau senior

LG/SC/HC/AH/jlm

Golder et le concept G sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation

8.0 RÉFÉRENCES

- Association canadienne des barrages (ACB) 2013. *Dam Safety Guidelines*. Original en date de 2007, révisé en 2013.
- ACB 2014. *Application des recommandations de sécurité des barrages aux barrages miniers*. Bulletin technique. Publié octobre 2014.
- Environment Canada (Environment Canada National Climate Data and Information Archive). 2019. *Données de la station climatique 7098603 (Val-d'Or)*. Disponible au : http://www.climate.weather.gc.ca/climateData/dailydata_e.html
- Golder Associés (Golder) 1993. *Rapport de conception, Parc à résidus, Projet Louvicourt*, Volumes 1 et 2, projet 921-7025E, janvier 1993.
- Golder 2013. *Liquefaction Potential Assessment for Louvicourt Mine Tailings Management Facility Dams, Val-d'Or*, Quebec, Canada, projet 12-1118-0045, version préliminaire émise le 9 juillet 2013.
- Golder 2015. *Site Visit Summary – Louvicourt Tailings Facility, Technical Memo 07-1227-3006-002-TM-Rev0-5200*.
- Golder 2017. *Louvicourt Tailings Pond Post-Closure Operation Manual*, projet 1772996, mars 2017.
- Golder 2018. *Louvicourt Tailings and Polishing Ponds 2017 Dam Safety Inspection*, projet 1775965, mars 2018.
- Golder 2018b. *Update to tailings design criteria for the Louvicourt talings sorage facility (TSF)*, projet 18111951, novembre 2018.
- Klohn Crippen Berger 2011 (KCB, 2011). *Louvicourt Tailings Facility 2010 Dam Safety Review, Report M09682A01*, Final report, January 2011.
- MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques) *Directive 019 sur l'industrie minière*, Mars 2012
- MERN et MDDELCC *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec*, (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques), Novembre 2016.
- Morton, F.I., 1983. *Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology*. Journal of Hydrology 66: 1-76.
- SNC-Lavalin 2005. *Dam Safety Review Louvicourt Tailings Facility*, File M-6837-1 (603562), janvier 2005.
- SNC-Lavalin 2006. *Maintien d'une couverture aqueuse au parc à résidus Louvicourt*, dossier 016944, mars 2006.
- SNC-Lavalin 2012. *Tailings Pond Dam Break Analysis, Louvicourt Tailings Management Facility*, file 609461-4H00-40ER-0001, février 2012.
- SNC-Lavalin 2015. *2015 Dam Safety Review – Final Report, Louvicourt Tailings Management Facility*, file 631224-0000-4GER-0001-00, juin 2017.
- Teck 2014. *Teck Guideline for Tailings and Water Retaining Structures*, Teck Resources Ltd., novembre 2014.

9.0 LIMITATIONS DE L'ÉTUDE

Golder Associés Ltée (Golder) a préparé ce document d'une façon similaire au niveau de soin et de compétence qui est ordinairement porté par les membres des professions des sciences et du génie œuvrant actuellement dans des conditions similaires, à l'intérieur de la juridiction dans laquelle les services sont rendus, et qui sont soumis à des limites de temps et des contraintes physiques similaires à celles sous lesquelles ce document a été produit. Aucune garantie, expresse ou implicite, n'est fournie.

Ce document, incluant tous les textes, données, tableaux, plans, figures, dessins et autres documents contenus ici, a été préparé par Golder pour le bénéfice exclusif de Teck Resources Limited. Ce document représente le jugement professionnel de Golder, basé sur la connaissance et l'information qui étaient disponibles au moment de la rédaction du rapport. Golder n'est responsable d'aucune utilisation ou modification non autorisée de ce document. Toute tierce partie qui se fie à ce document le fait à ses propres risques.

Les données factuelles, les interprétations, suggestions, recommandations et opinions exprimées font référence au projet spécifique, aux conditions du site, à l'objectif de la conception, au développement et au but, décrits à Golder par Teck Resources Limited, et ne sont applicables à aucun autre projet ou emplacement. De façon à comprendre adéquatement les données factuelles, interprétations, suggestions, recommandations et opinions exprimées dans ce document, il faut faire référence à la totalité de celui-ci.

Ce document, y compris tous les textes, données, tableaux, plans, figures, dessins et autres documents, ainsi que les supports électroniques préparés par Golder, sont considérés comme le produit professionnel de son travail. Golder se réserve tous les droits d'auteur afférents aux produits de son travail professionnel. Teck Resources Limited peut effectuer des copies de ce document en nombre raisonnablement suffisant pour les besoins des parties impliquées et travaillant spécifiquement en lien avec le sujet de ce document ou en appui ou en réponse à des requêtes réglementaires et des comptes rendus. Les contenus électroniques sont susceptibles de subir des modifications non autorisées, une détérioration et une incompatibilité et, par conséquent, aucun groupe ne peut se fier exclusivement aux versions électroniques de ce document.

Figures

Figure 1 : Vue générale du site de gestion des résidus

Figure 2 : Coupe typique des digues du parc à résidus

Figure 3 : Données mensuelles des précipitations de novembre 2017 à octobre 2018

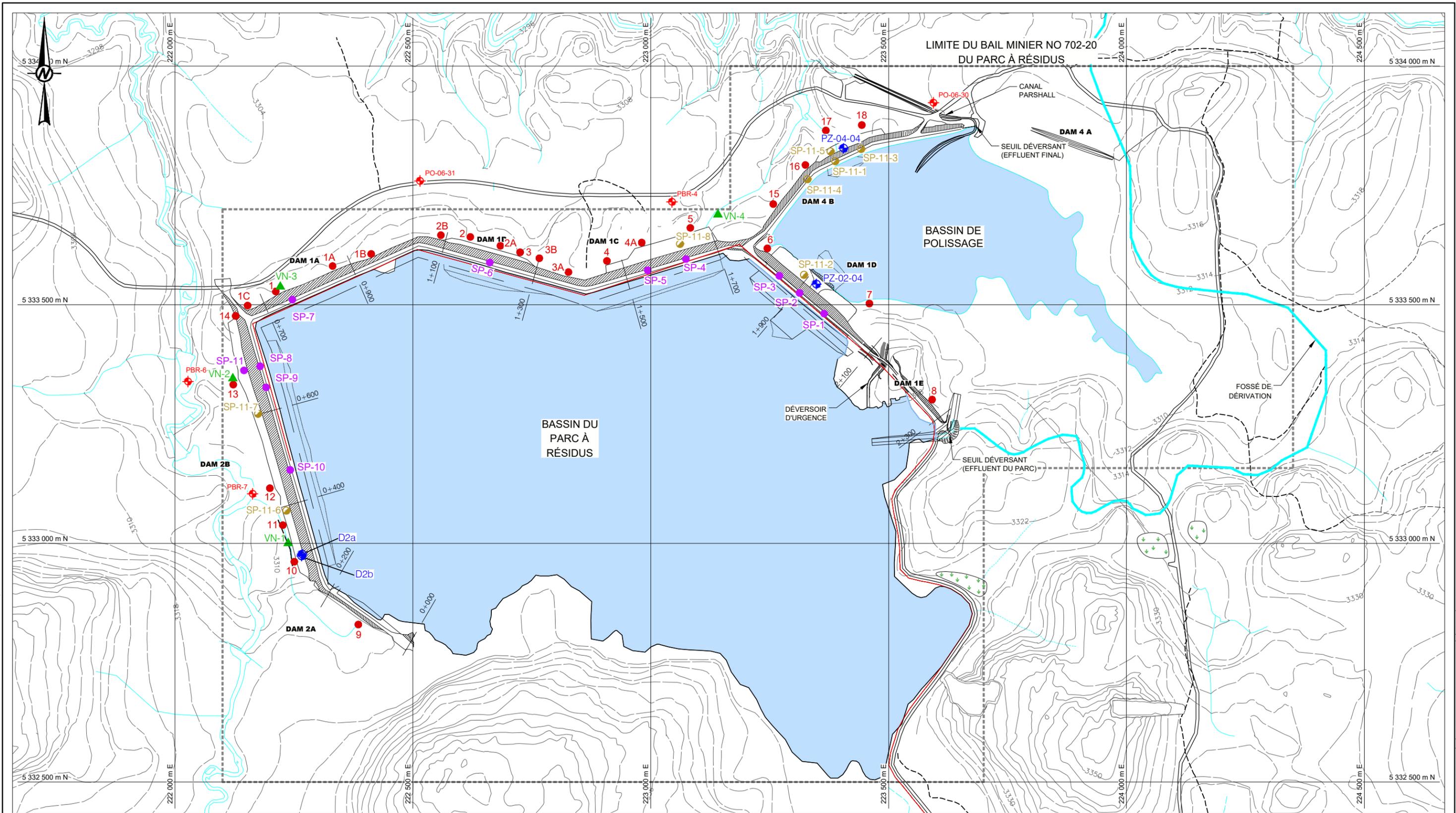
Figure 4 : Mesures des niveaux d'eau – Piézomètres (fournies par Teck)

Figure 5 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage à la digue 1

Figure 6 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage à la digue 2

Figure 7 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage à la digue 4

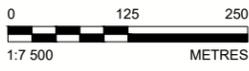
Figure 8 : Bassin de résidus de la mine Louvicourt – Tendances historiques du débit des exfiltrations mesuré aux déversoirs en V (fournies par Teck)



Chemin: \\golder\grain\monreal\SIG\CAD\PROJET\TECK\LOUVICOURT\PRODUCTION\19118317\6000-01.dwg | Nom du fichier: 19118317-6000-01.dwg | Dernière édition par: annuel Date: 2020-03-31 Heure: 12:59:02

LÉGENDE

	PIÉZOMÈTRE		POINT DE MESURE DU TASSEMENT (GOLDER, 2011)
	SEUIL DE MESURE EN V		FACE AVAL DES DIGUES
	ZONE D'EXFILTRATION		PUIS D'OBSERVATION
	POINT DE MESURE DU TASSEMENT		



CLIENT
TECK
MINE LOUVICOURT

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ	2020-03-31
DESSINÉ	A.ANNUAL
PROJETÉ	S.CHAPUIS
RÉVISÉ	L.GAREAU
APPROUVÉ	L.GAREAU

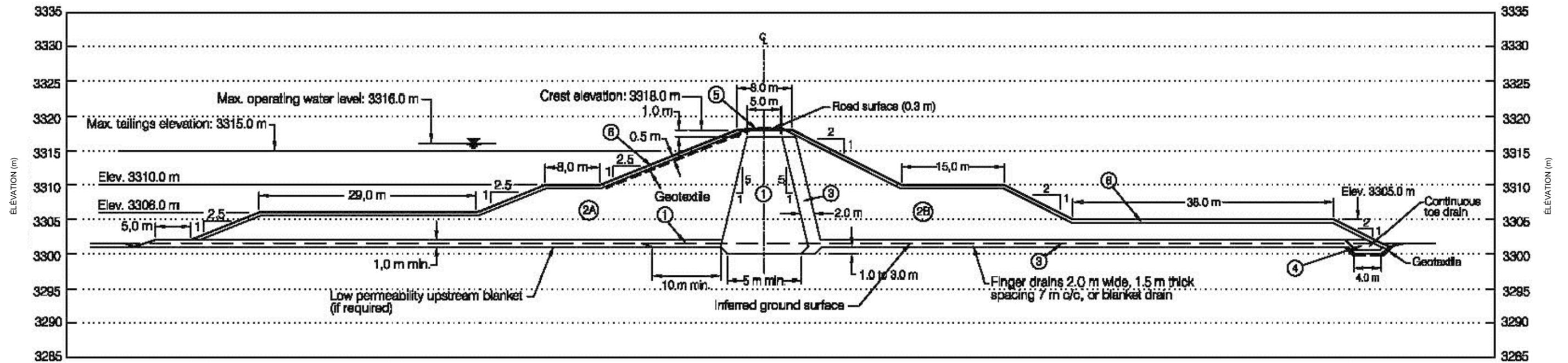
PROJET
INSPECTION ANNUELLE 2019 DE SÉCURITÉ DES DIGUES

TITRE
VUE GÉNÉRALE DU SITE DE GESTION DES RÉSIDUS

N° PROJET	PHASE	RÉV.	FIGURE
19118317	5000	0	1

25 mm SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE. ANS/B

Chemin: \\golder\gds\gds\projets\TECK\LOUVICOURT\PRODUCTION\19118317\6000-01.dwg | Nom du fichier: 19118317-6000-01.dwg | Dernière édition par: annuel Date: 2020-03-31 Heures: 12:40:37 | Imprimé par: Avenoval Date: 2020-03-31 Heures: 12:50:33



LÉGENDE

- | | |
|---|----------------------------------|
| ① NOYAU DE TILL | ④ DRAIN DE PIED : GRAVIER TRAITÉ |
| ②A ÉPAULEMENT AMONT EN SABLE OU EN SABLE ET GRAVIER TOUT VENANT | ⑤ SURFACE DE ROUTE |
| ②B ÉPAULEMENT AVAL EN SABLE OU EN SABLE ET GRAVIER | ⑥ ENROCHEMENT |
| ③ SABLE FILTRE TRAITÉ | |

CLIENT
TECK
MINE LOUVICOURT

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ	2020-03-31
DESSINÉ	A.ANNOUAL
PROJETÉ	S.CHAPUIS
RÉVISÉ	L.GAREAU
APPROUVÉ	L.GAREAU

PROJET
INSPECTION ANNUELLE 2019 DE SÉCURITÉ DES DIGUES

TITRE

VUE GÉNÉRALE DU SITE DE GESTION DES RÉSIDUS

N° PROJET	PHASE	RÉV.	FIGURE
19118317	5000	0	2

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE ANS B

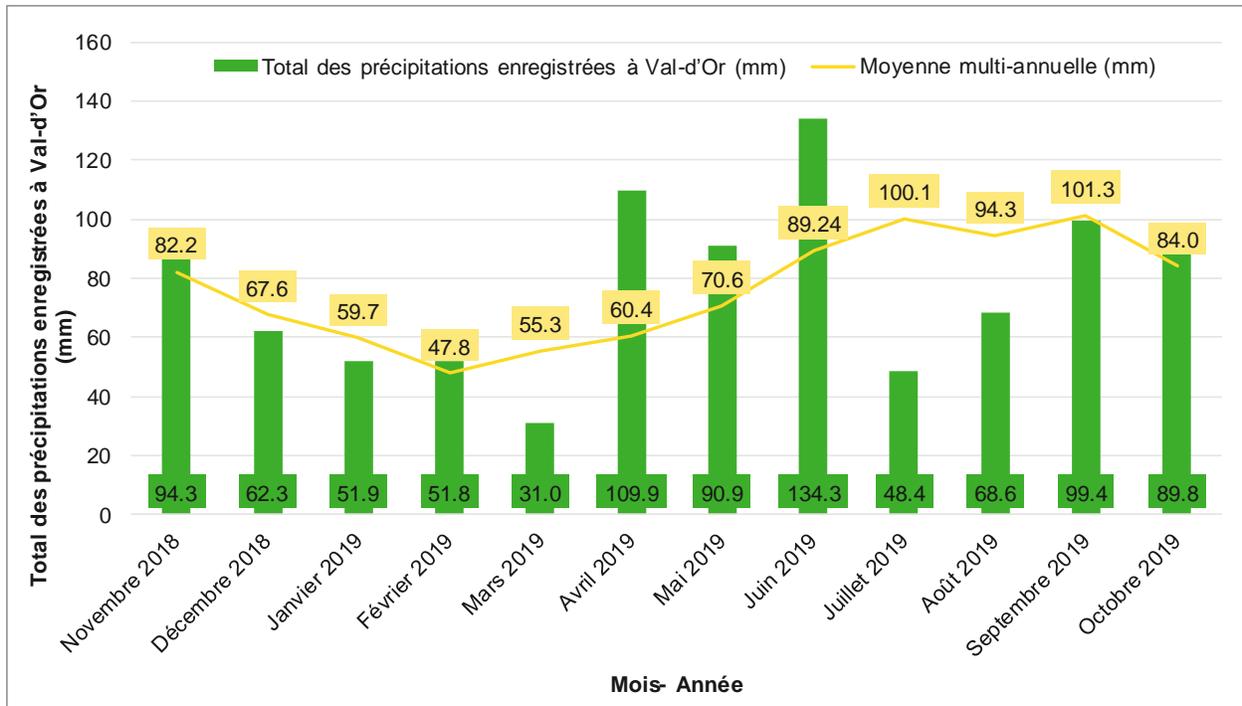
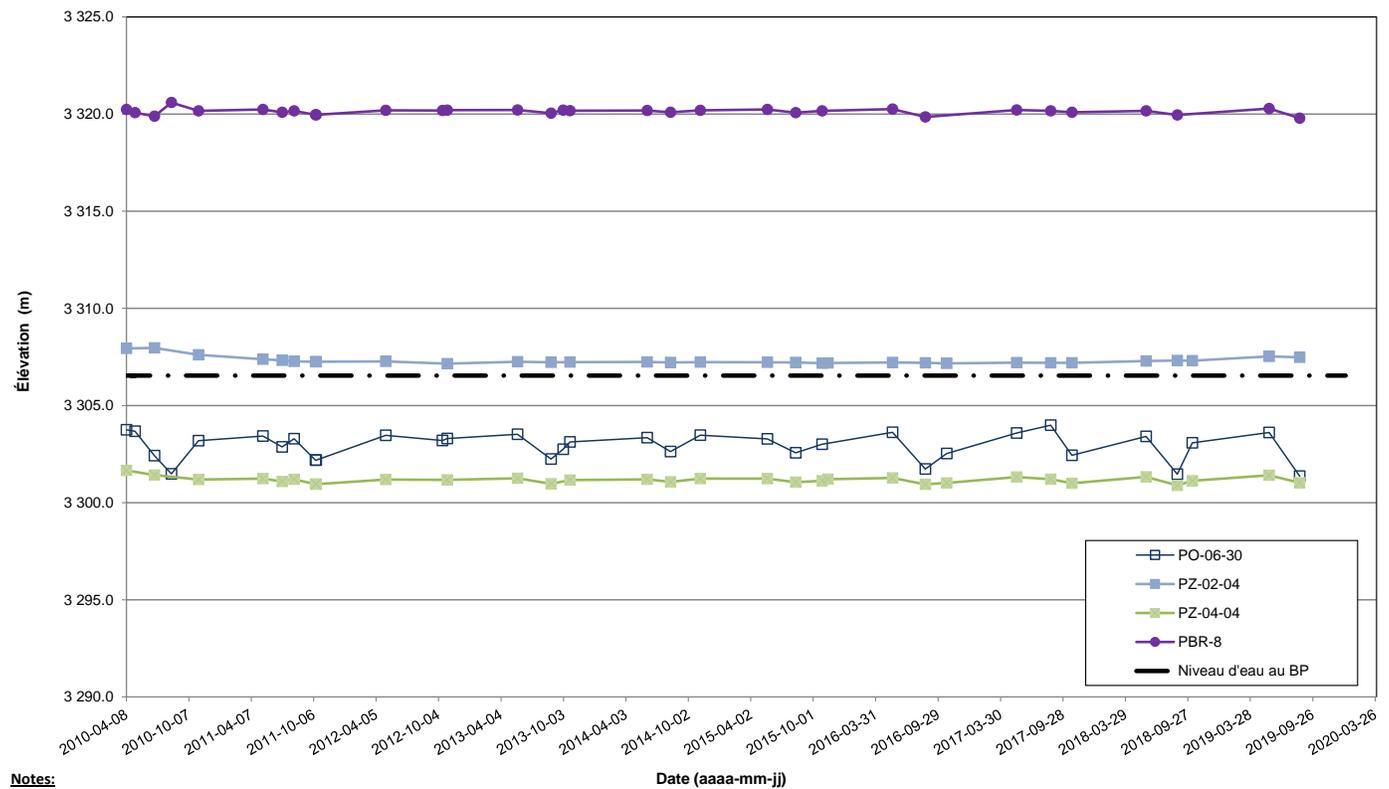
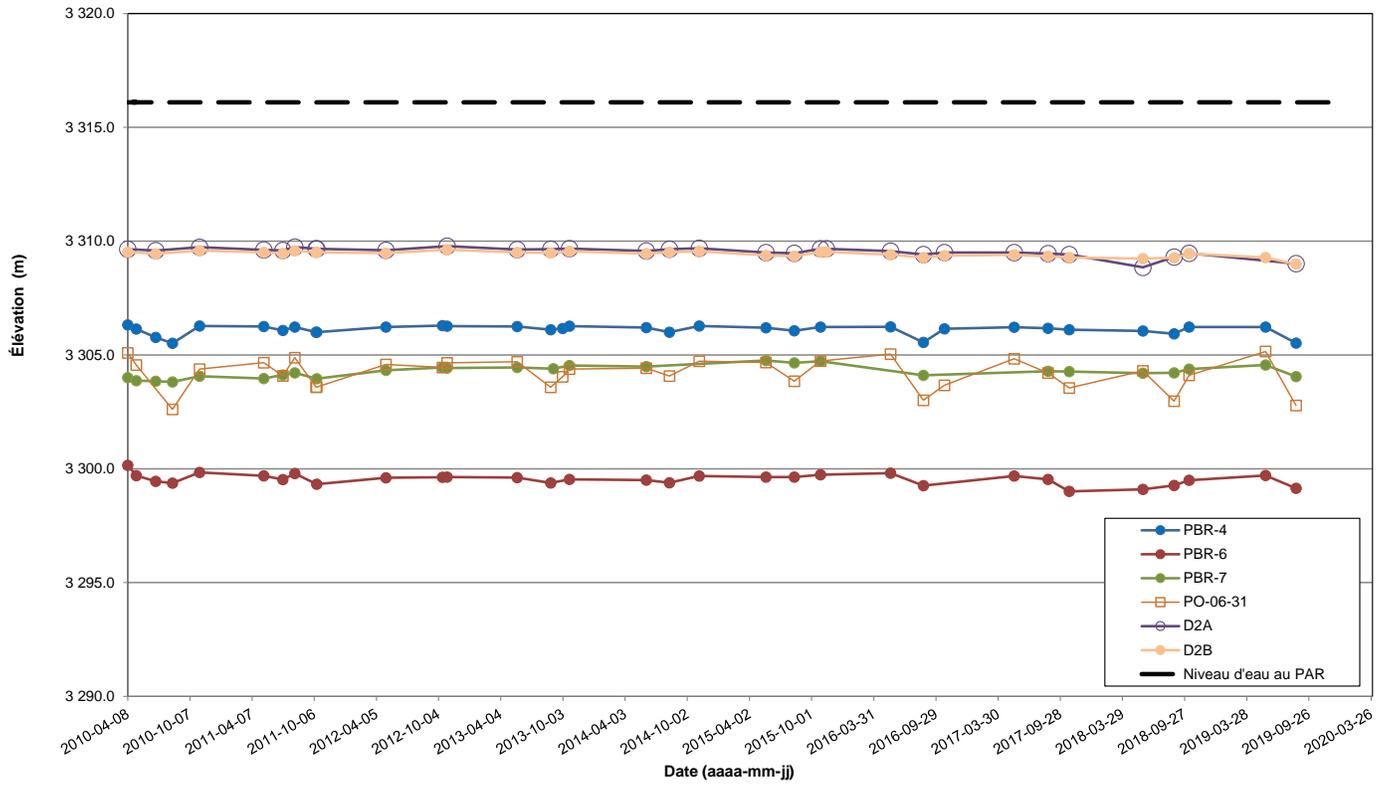


Figure 3: Précipitations mensuelles de novembre 2018 à octobre 2019



Notes:
 PRA : Parc à résidus miniers de la mine Louvicourt
 BP : Bassin de polissage de la mine Louvicourt
 PBR-8 : Ce puits est situé en amont du PAR



INSPECTION ANNUELLE 2019 DE SÉCURITÉ DES DIGUES

Louvicourt PAR
 Teck Resources Ltd

Élévations de l'eau souterraine dans les puits d'observation (fourni par Teck)

DÉSSINÉ PAR:	BZ	DATE:	2019-08-20	PROJET No:	19118317
VERIFIÉ PAR:	RO	DATE:	2019-08-20		
REVISÉ PAR:	RO	DATE:	2019-08-20	FIGURE:	4

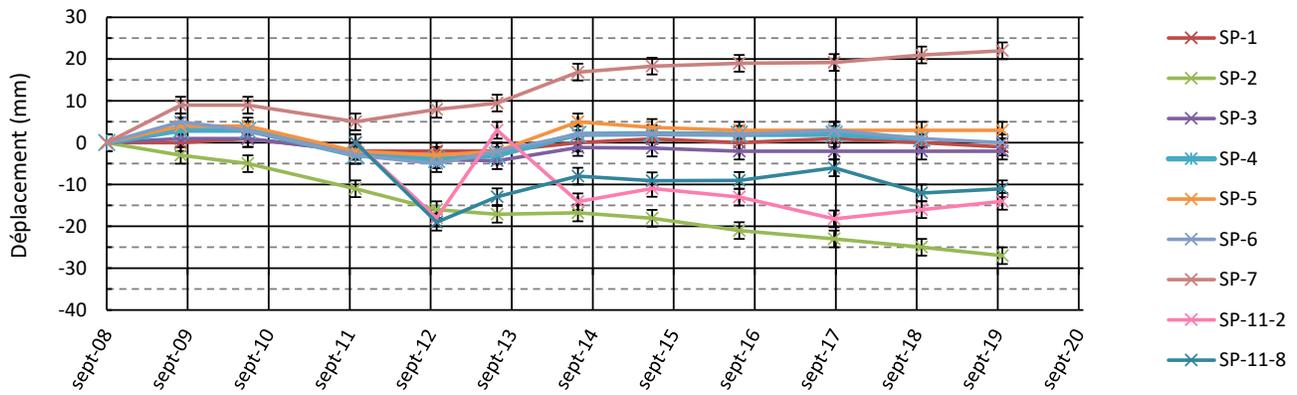


Figure 5 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage de la digue 1

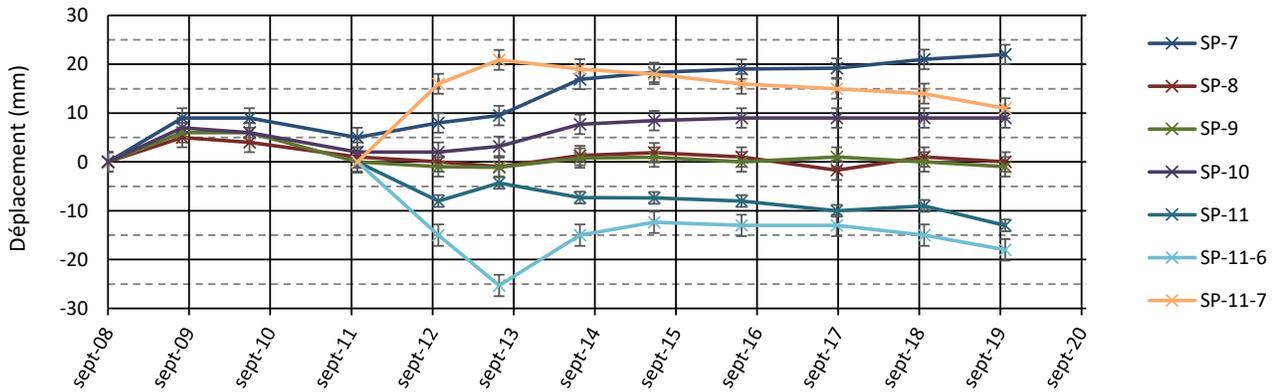


Figure 6 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage de la digue 2

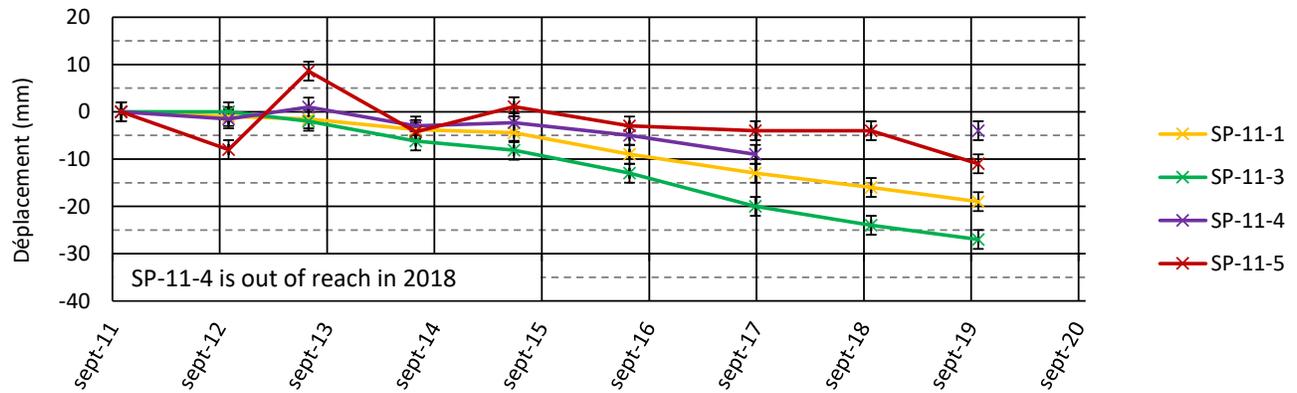
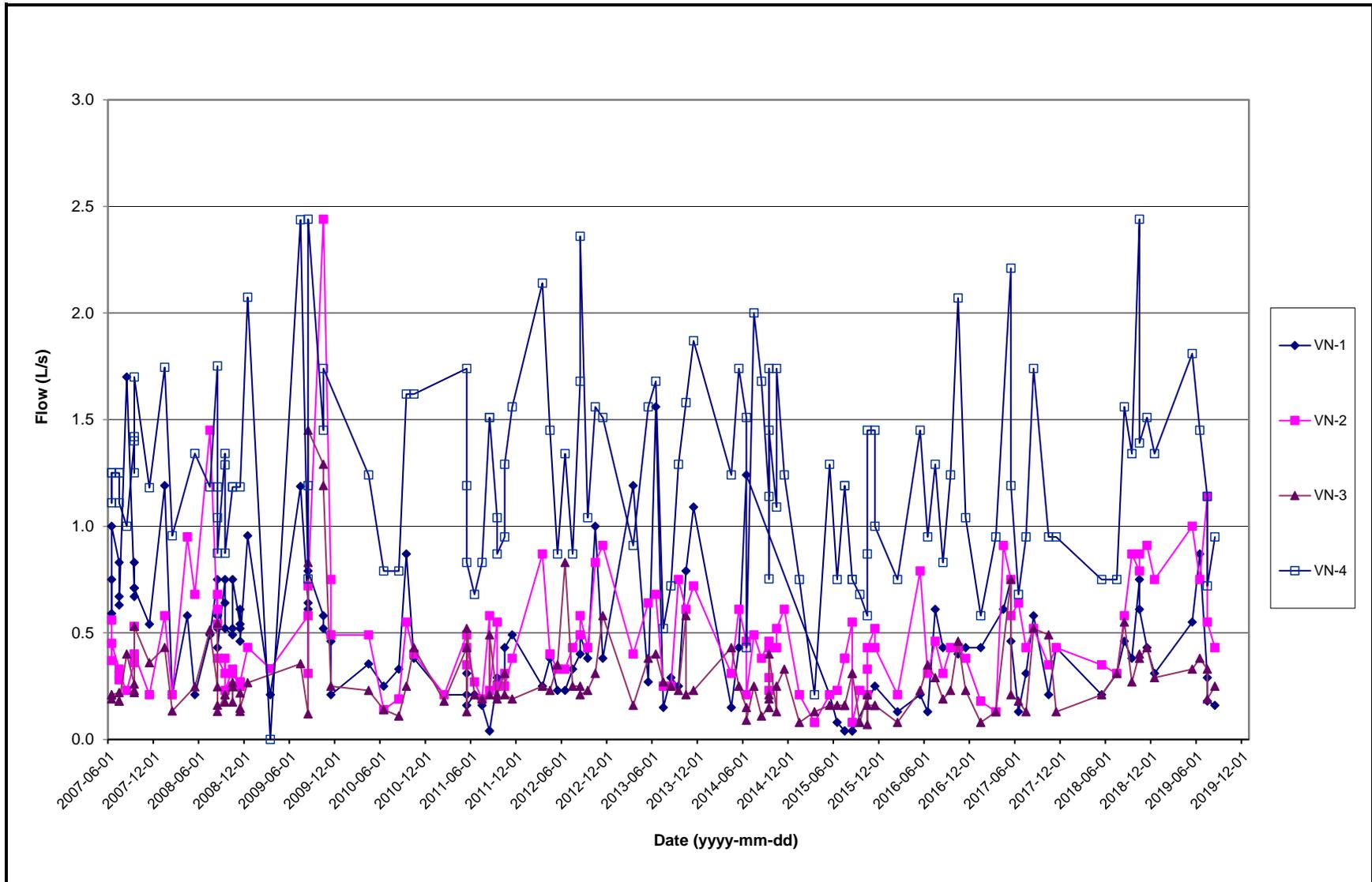


Figure 7 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage de la digue 4

Note: positif = déplacement vers le haut



Teck	INSECTON ANNUELLE 2019 DE SÉCURITÉ DES DIGUES	Données historiques des mesures de débit aux déversoirs en V					
	Mine Louvicourt	DESSINÉ PAR:	BZ	DATE	2019-08-20	NO. DE PROJET:	19118317
	Teck Resources Ltd	VÉRIFIÉ PAR:	RO	DATE	2019-08-20		
		APPROUVÉ PAR:	KW	DATE	2019-08-20	FIGURE:	8

ANNEXE A

Fiche d'informations du PAR

Fiche d'informations du PAR

Digue du PAR et du bassin de polissage de la mine

Digue 1

Type de digue	Noyau de till, enveloppe en enrochement
Hauteur maximale de la digue	13 m
Largeur de la crête de la digue	5 m
Zone de rétention	~1 000 000 m ²
Volume des résidus	~6 500 000 t
Capacité du réservoir	~1 700 000 m ³ (élévation printanière maximale du bassin)
Classification des conséquences	Très élevé
Crue de conception (IDF)	Crue maximale probable (CMP)
Séisme de conception	1:10 000
Capacité du déversoir	12,7 m ³ /s combinés à un niveau d'eau de 317,0 m
Bassin versant	~2 100 000 m ²
Accès à la digue	À partir de la crête de la digue

Digue 2

Type de digue	Noyau de till, enveloppe en enrochement
Hauteur maximale de la digue	15 m
Largeur de la crête de la digue	5 m
Zone de rétention	~1 000 000 m ²
Volume des résidus	~6 500 000 t
Capacité du réservoir	~1 700 000 m ³ (élévation printanière maximale du bassin)
Classification des conséquences	Très élevé
Crue de conception (IDF)	Crue maximale probable (CMP)
Séisme de conception	1:10 000
Capacité du déversoir	N/A – Voir la digue 1

Type de digue	Noyau de till, enveloppe en enrochement
Bassin versant	~2 100 000 m ²
Accès à la digue	À partir de la crête de la digue

Digue 4 – Bassin de polissage

Type de digue	Noyau de till, enveloppe en enrochement
Hauteur maximale de la digue	12,5 m
Largeur de la crête de la digue	5 m
Zone de rétention	150 000 m ²
Volume des résidus	N/A
Capacité du réservoir	150 000 m ³ (élévation de la crête du déversoir + 0,1 m)
Classification des conséquences	Très élevé
Crue de conception (IDF)	Crue maximale probable (CMP)
Séisme de conception	1:10 000
Capacité du déversoir	22,0 m ³ /s combinés à un niveau d'eau de 309,5 m
Bassin versant	1 150 000 m ²
Accès à la digue	À partir de la crête de la digue, ou accès au nord-est.

ANNEXE B

Photographies

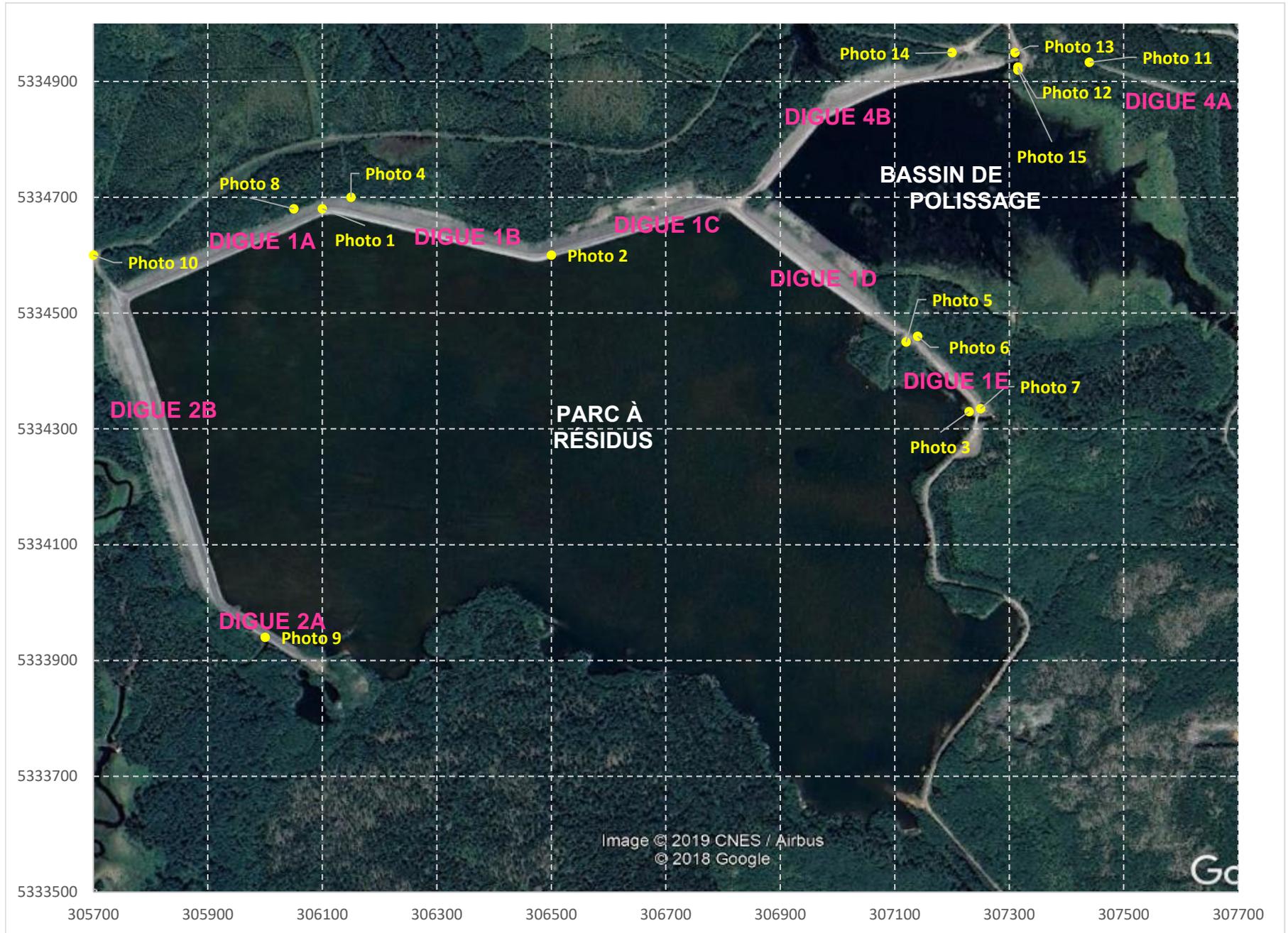




Photo 1 : Digue 1B – Photo du nouvel enrochement placé sur la pente amont.
Vue vers l'est.



Photo 2 : Digue 1C – Photo d'une zone d'enrochement dégradée sur la pente amont. Vue vers le sud.



Photo 3 : Digue 1E – Photo de la structure endommagée du peigne à débris.



Photo 4 : Digue 1B – Photo de la zone de suintement au pied du talus. Aucun écoulement visible, la zone est légèrement humide.



Photo 5 : Digue 1D – Photo du seuil en béton et du canal de l'évacuateur de crues en amont du déversoir d'urgence du PAR. La végétation a été défrichée en 2018.



Photo 6 : Digue 1D – Photo du canal de l'évacuateur de crues en aval du déversoir d'urgence du PAR. La végétation a été défrichée en 2018.



Photo 7 : Digue 1E – Pont du déversoir en bon état.



Photo 8 : Digue 1A – Vue générale de la croissance végétale au pied du remblai.



Photo 9 : Digue 2A – Accumulation d'eau au pied de la digue en aval, comme les années précédentes. Il s'agit d'un creux topographique naturel, mais l'activité des castors à proximité exacerbe l'accumulation d'eau.



Photo 10 : Digue 2B – Photo des ponceaux situés au nord-ouest du PAR. Les ponceaux sont partiellement bloqués par l'activité des castors.



Photo 11 : Digue 4A – Crête du barrage, vue vers l'est. Notez une croissance végétale importante sur les pentes latérales de la digue.



Photo 12 : Digue 4B – Vue de la structure principale de contrôle du déversoir et de la section de débordement en béton qui lui est adjacente. Le béton semble intact.



Photo 13 : Digue 4B – La croissance végétale dans le canal d'effluent final doit être surveillée.



Photo 14 : Digue 4B – Les ponceaux de sortie finale sont clairs et non obstrués par des sédiments. La croissance végétale doit être surveillée.



Photo 15 : Digue 4B – Remblai granulaire placé en travers d'une partie du déversoir d'urgence.

ANNEXE C

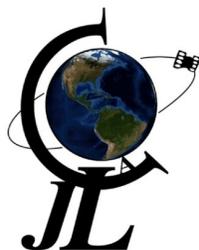
**Arpentage relatif au suivi des
déplacements**

***LEVÉ EN XYZ
DE DIX-NEUF (19) REPÈRES DE TASSEMENT
EXISTANTS***

***PAR MÉTHODE GPS TEMPS RÉEL,
NIVELLEMENT GÉOMÉTRIQUE
ET
TRIGONOMÉTRIQUE***

***MINE LOUVICOURT
TECK RESOURCES LIMITED***

CANTON LOUVICOURT



***Corriveau J.L. & Assoc. inc.
1085, 3^e Avenue Ouest
Val d'Or (Québec) J9P 1T5***

LEVÉ EN XYZ DE DIX-NEUF (19) REPÈRES (PLAQUES) DE TASSEMENT EXISTANTS PAR MÉTHODE GPS TEMPS RÉEL, NIVELLEMENT GÉOMÉTRIQUE ET TRIGONOMÉTRIQUE

RAPPORT D'OPÉRATION

1) INTRODUCTION :

À la demande de monsieur Morgan Lypka de la compagnie Teck Resources, nous nous sommes rendus sur le site du parc à résidus de la Mine Louvicourt situé dans le canton de Louvicourt pour y effectuer le levé de dix-neuf (19) plaques de tassement en XYZ afin de contrôler leur déplacement en horizontal et en vertical, à l'aide de la méthode GPS temps réel, les méthodes de nivellement géométrique et trigonométrique.

2) TRAVAUX TERRAIN EXÉCUTÉS :

Description des travaux :

En premier lieu, les travaux consistaient à lever par GPS temps réel haute précision ($\pm 1\text{cm}$) la position XYZ de toutes les plaques de tassement. Nous avons utilisé un jalon calé avec un trépied « tripode » pour maintenir l'antenne GPS en stabilité parfaite et ainsi obtenir une meilleure précision de nos observations. De plus, chacune des plaques de tassement a fait l'objet de trois (3) séquences d'observation différentes à environ quinze (15) minutes d'intervalle ou plus pour avoir des géométries différentes de la position des satellites. Chaque séquence d'observation comptait trois (3) moyennes de dix (10) lectures chacune avec une rotation de 120° du jalon à chaque moyenne pour une plus grande justesse et annuler l'erreur de verticalité du jalon porteur du récepteur GPS. Tous les travaux ont été réalisés dans le système SCOPQ (projection MTM) fuseau 9, NAD83, mais appuyés ou comparés sur les points du « *tableau des Points d'appui et de contrôle levés au GPS Temps réel – Système SCOPQ Fuseau 9 NAD83* » (voir le point 6 du rapport), soit les mêmes points de référence ancrés dans le roc que les années précédentes.

Comme à chaque année, nous avons gardé le point **94-257** comme point de référence principal, alors que trois (3) autres points d'appui secondaires servaient de validation du point d'appui principal ainsi que de témoin de la bonne opération et de la justesse de nos méthodes de levé au GPS RTK. Notez que deux (2) points de référence (**94-256** et **94-260**) n'ont pas été observés en raison de la trop forte densité du boisé qui influence négativement la qualité des observations GPS.

La deuxième partie des travaux consistait à faire le cheminement vertical avec un niveau géométrique électronique de haute précision et une mire code-barres Invar pour obtenir une précision verticale de quelques millimètres de toutes les plaques de tassement placées sur le sommet des digues. Le point de départ du cheminement est le repère **94-257** (ancré dans le roc) d'une élévation fixe de **3316.707m (Mine)** ou **316.707m (altitude N.M.M)**. Nous avons effectué huit (8) cheminements en boucle obtenant des écarts de fermeture de 0.6mm, 0.4mm, 1.3mm, 0.2mm, 0.2mm, 1.4 mm, 0.3mm et 0.3mm. Le premier cheminement en boucle s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 506m entre le repère **94-257** et le moniteur **B-1** avec une erreur de fermeture de 0.6mm. Le deuxième cheminement en boucle s'étend sur une distance de 713m totale (incluant aller et retour) entre le repère **94-257** et le moniteur **JLC-2011-3** avec une erreur de fermeture de 0.4 mm. Le troisième cheminement en boucle s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 2032m entre le repère **94-257** et le moniteur **B-7** avec une erreur de fermeture de 1.3mm. Le quatrième cheminement liant le moniteur **JLC-2011-8** (départ) et le point d'appui

94-257 (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 300m avec une erreur de fermeture globale de 0.2mm. Le cinquième cheminement liant le moniteur **B7** (départ) et le moniteur **94-263** (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 1490m avec une erreur de fermeture globale de 0.2 mm. Le sixième cheminement liant le point d'appui **94-263** (départ) et le moniteur **B11** (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 1175m avec une erreur de fermeture globale de 1.4mm. Enfin, le septième cheminement liant le moniteur **JLC-2011-4** (départ) et le moniteur **JLC-2011-2** (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 560m avec une erreur de fermeture globale de 0.3mm. Finalement, le huitième cheminement liant le moniteur **JLC-2011-4** (départ) et le moniteur **JLC-2011-5** (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 180m avec une erreur de fermeture globale de 0.3mm. Les plaques de tassement ont été mesurées à l'aller et au retour, soit deux (2) déterminations différentes utilisant chacune des plaques comme des « points tournant ». Nous avons ensuite fait la moyenne de ces deux (2) déterminations pour obtenir les valeurs du « *tableau des Élévations précises des plaques de tassement* » (voir le point 8 du rapport).

La troisième partie des travaux consistait à lever les plaques de tassement placées sur les bermes. Ces plaques, étant difficilement accessibles par le nivellement géométrique à cause des grandes dénivelées entre le sommet des digues et le dessus des bermes (soit de 6 à 10 mètres), la méthode a consisté à stationner une station totale sur le sommet des digues, prendre comme points d'appui temporaires deux (2) plaques de tassement de digues (déjà nivelées par niveau géométrique) et prendre en répétition (lunette directe et renversée) l'angle vertical et la distance en pente jusqu'au petit jalon vertical (d'environ 30cm de longueur) positionné sur la plaque de tassement à déterminer en vertical.

L'opération est répétée une deuxième fois à une hauteur différente d'instrument. Le tout est calculé en effectuant les moyennes à partir des angles verticaux et de la valeur des deux (2) plaques de tassement d'appui des digues prédéterminées en élévation par le cheminement géométrique. Ces deux répétitions nous donnent une moyenne d'une précision d'environ 3mm qui additionnée à la précision du nivellement géométrique se situe à environ 3 à 5mm. Notez qu'en octobre 2019, aucun moniteur n'a été levé selon cette méthode et tous l'ont été par nivellement géométrique.

3) COMMENTAIRES SUR LES OBSERVATIONS DE 2008 :

Comme déjà mentionné dans les rapports des années passées, il est possible qu'il y ait un cassé en déplacement entre les données de 2008 et les années précédentes qui ne soit pas nécessairement dû au déplacement des plaques de tassement, mais plutôt à un choix différent des points d'origine et l'incohérence des repères d'appui ou de référence. De plus, il y a sûrement une différence entre la procédure que nous utilisons pour faire les levés et celle qu'utilisait la compagnie minière, laquelle procédure ne nous a pas été indiquée, on aurait pu alors assurer une continuité plus rigoureuse dans les résultats par une même méthodologie de levé.

4) TRAVAUX BUREAU EXÉCUTÉS :

Nous avons calculé les coordonnées des points mesurés en XYZ par GPS temps réel en faisant les moyennes des répétitions, avons complété le « *tableau des Différences des coordonnées XYZ* » et avons calculé les déplacements (voir le point 7 du rapport). Il est à noter que les coordonnées XYZ obtenues par méthode GPS temps réel sont estimées avoir une précision de ± 1 cm avec 1 sigma en horizontal, tandis qu'en élévation par GPS la précision n'est qu'environ 2cm.

Nous avons fait la moyenne des deux (2) lectures d'élévation obtenues par nivellement géométrique (aller et retour) de toutes les plaques de tassement des sommets de digues. Nous avons compensé le

cheminement aller-retour même si l'erreur de fermeture du polygone total n'était que de quelques fractions de millimètres et n'avait pas d'incidence significative sur le résultat obtenu.

Pour les élévations des plaques de tassement des bermes, nous avons fait la moyenne des dénivelées obtenues par station totale ou par niveau géométrique pour chacune des plaques de tassement (soit la dénivelée entre les plaques d'appui au sommet des digues et celles à déterminer sur les bermes). Nous estimons que la précision des élévations (par méthode géométrique) est de l'ordre de ± 1 mm à 3 mm selon la longueur du cheminement; veuillez vous référer au tableau titré « *Élévations précises des plaques de tassement* » par nivellement géométrique et trigonométrique.

5) GÉNÉRALITÉS :

Les travaux ont été effectués le 4, 7, 8 et 15 octobre 2019 par une équipe de deux à trois hommes. Les travaux ont été supervisés par Jean-Luc Corriveau, arpenteur-géomètre.

Instruments utilisés :

- Un (1) système GNSS comprenant :
- Deux (2) récepteurs GNSS modèle GS14 et GS15 de la compagnie Leica .
La précision du système GNSS ou GPS est de $\pm 0,01$ m horizontalement et $\pm 0,02$ m verticalement à un niveau de confiance de 1σ , selon les spécifications du fabricant; cependant, par la répétition, la proximité des points d'appui et la méthodologie, ces précisions ont pu être largement améliorées.
- Un (1) niveau électronique DNA 3 compagnie Leica avec deux mires à code-barres précision en nivellement double de 1 mm/km.

6) REMARQUE POINT 2011-3 :

Contrairement aux mesures de nivellement géométrique, les mesures GNSS temps réel au point 2011-3 montrent un écart de 30 mm par rapport aux mesures de 2018 qui semble anormal, bien que les mesures aient été prises parfaitement selon les normes (3 mesures prises à une quinzaine de minutes d'espacement donc 3 installations indépendantes) ayant chacune d'excellentes statistiques et que de plus les autres points pris dans la même période ne présentent pas de biais.

On a décidé de conserver les données obtenues et on va placer ce point en observation jusqu'au prochain contrôle.

7) TABLEAU DES POINTS D'APPUI ET DE CONTRÔLE LEVÉS AU GPS TEMPS RÉEL SYSTÈME SCOPQ FUSEAU 9 NAD83

Numéro		NORD (m)	EST (m)	ALTITUDE (m)***
94-257**	Théorique*	5333644.982	223183.100	316.707
Point de base	Terrain	5333644.982	223183.100	316.707
	Différence	0.000	0.000	0.000
94-258**	Théorique*	5333566.954	222891.729	311.677
Contrôle 1	Terrain 2010	5333567.016	222891.730	311.661
	Terrain 2011	5333567.027	222891.729	311.682
	Terrain 2012	5333567.011	222891.724	311.681
	Terrain 2013	5333567.022	222891.723	311.685
	Terrain 2014	5333567.020	222891.730	311.676
	Terrain 2015	5333567.019	222891.728	311.680
	Terrain 2016	5333567.028	222891.729	311.699
	Terrain 2017	5333567.015	222891.735	311.688
	Terrain 2018	5333567.020	222891.726	311.674
	Terrain 2019	5333567.021	222891.727	311.681
	Diff. Théo-2010.	-0.062	-0.001	0.016
	Diff. Théo-2011.	-0.073	0.000	-0.005
	Diff. Théo-2012.	-0.057	0.005	-0.004
	Diff. Théo-2013	-0.068	0.006	-0.008
	Diff. Théo-2014	-0.066	-0.001	0.001
	Diff. Théo-2015	-0.065	0.001	-0.003
	Diff. Théo-2016	-0.074	0.000	-0.022
	Diff. Théo-2017	-0.061	-0.006	-0.011
	Diff. Théo-2018	-0.066	0.003	0.003
	Diff. Théo-2019	-0.067	0.002	-0.004
	2011-2010	0.011	-0.001	0.021
2012-2011	-0.016	-0.005	-0.001	
2013-2012	0.011	-0.001	0.004	
2014-2013	-0.002	0.007	-0.009	
2015-2014	-0.001	-0.002	0.004	
2016-2015	0.009	0.001	0.019	
2017-2016	-0.013	0.006	-0.011	
2018-2017	0.005	-0.009	-0.014	
2019-2018	0.001	0.001	0.007	

Numéro		NORD (m)	EST (m)	ALTITUDE (m)***	
94-256**	Théorique*	5333408.957	223515.007	317.777	
Contrôle 2	Terrain 2010	5333408.888	223514.937	317.774	
	Terrain 2011	5333408.896	223514.929	317.784	
	Terrain 2012	5333408.900	223514.927	317.782	
	Terrain 2013	5333408.899	223514.929	317.786	
	Terrain 2014	5333408.887	223514.932	317.772	
	Terrain 2015	5333408.894	223514.932	317.773	
	Terrain 2016	5333408.899	223514.929	317.792	
	Terrain 2017	5333408.907	223514.939	317.801	
	Terrain 2018	Trop boisé pour observation			
	Terrain 2019	Trop boisé pour observation			
	Diff. Théo-2010.	0.069	0.070	0.003	
	Diff. Théo-2011.	0.061	0.078	-0.007	
	Diff. Théo-2012.	0.057	0.080	-0.005	
	Diff. Théo-2013	0.058	0.078	-0.009	
	Diff. Théo-2014	0.070	0.075	0.005	
	Diff. Théo-2015	0.063	0.075	0.004	
	Diff. Théo-2016	0.059	0.075	-0.015	
	Diff. Théo-2017	0.050	0.075	-0.024	
	2011-2010	0.008	-0.008	0.010	
2012-2011	0.004	-0.002	-0.002		
2013-2012	-0.001	0.002	0.005		
2014-2013	-0.012	0.003	-0.014		
2015-2014	0.007	0.000	0.001		
2016-2015	0.004	-0.003	0.019		
2017-2016	0.004	-0.003	0.019		

Numéro		NORD (m)	EST (m)	ALTITUDE (m)***
94-260**	Théorique*	5333495.201	222157.718	312.345
Contrôle 3	Terrain 2010	5333495.447	222157.739	312.333
	Terrain 2011	5333495.453	222157.733	312.360
	Terrain 2012	5333495.443	222157.735	312.350
	Terrain 2013	5333495.453	222157.735	312.369
	Terrain 2014	5333495.451	222157.737	312.345
	Terrain 2015	5333495.447	222157.738	312.354
	Terrain 2016	5333495.453	222157.731	312.368
	Terrain 2017	5333495.435	222157.742	312.385
	Terrain 2018	5333495.441	222157.743	312.371
	Diff. Théo-2010.	-0.246	-0.021	0.012
	Diff. Théo-2011.	-0.252	-0.015	-0.015
	Diff. Théo-2012.	-0.242	-0.017	-0.005
	Diff. Théo-2013	-0.252	-0.017	-0.024
	Diff. Théo-2014	-0.250	-0.019	0.000
	Diff. Théo-2015	-0.246	-0.020	-0.009
	Diff. Théo-2016	-0.252	-0.013	-0.023
	Diff. Théo-2017	-0.234	-0.024	-0.040
	Diff. Théo-2018	-0.240	-0.025	-0.026
	2011-2010	0.006	-0.006	0.027
	2012-2011	-0.010	0.002	-0.010
2013-2012	0.010	0.000	0.019	
2014-2013	-0.002	0.002	-0.024	
2015-2014	-0.004	0.001	0.009	
2016-2015	0.006	-0.007	0.014	
2017-2016	-0.018	0.011	0.017	
2018-2017	0.006	0.001	-0.014	

Numéro		NORD (m)	EST (m)	ALTITUDE (m)***
94-262**	Théorique*	5332897.066	222292.513	315.842
Contrôle 4	Terrain 2010	5332897.303	222292.387	315.827
	Terrain 2011	5332897.306	222292.381	315.840
	Terrain 2012	5332897.307	222292.382	315.856
	Terrain 2013	5332897.304	222292.381	315.859
	Terrain 2014	5332897.311	222292.390	315.840
	Terrain 2015	5332897.313	222292.386	315.851
	Terrain 2016	5332897.325	222292.386	315.870
	Terrain 2017	5332897.307	222292.386	315.878
	Terrain 2018	5332897.311	222292.388	315.861
	Terrain 2019	5332897.302	222292.385	315.835
	Diff. Théo-2010.	-0.237	0.126	0.015
	Diff. Théo-2011.	-0.240	0.132	0.002
	Diff. Théo-2012.	-0.241	0.131	-0.014
	Diff. Théo-2013	-0.238	0.132	-0.017
	Diff. Théo-2014	-0.245	0.123	0.002
	Diff. Théo-2015	-0.247	0.127	-0.009
	Diff. Théo-2016	-0.259	0.128	-0.028
	Diff. Théo-2017	-0.241	0.127	-0.036
	Diff. Théo-2018	-0.245	0.125	-0.019
Diff. Théo-2019	-0.236	0.128	0.007	
2011-2010	0.003	-0.006	0.013	
2012-2011	0.001	0.001	0.016	
2013-2012	-0.003	-0.001	0.003	
2014-2013	0.007	0.009	-0.019	
2015-2014	0.002	-0.004	0.011	
2016-2015	0.012	0.000	0.019	
2017-2016	-0.018	0.000	0.008	
2018-2017	0.004	0.002	-0.017	
2019-2018	-0.009	-0.004	-0.026	

Numéro		NORD (m)	EST (m)	ALTITUDE (m)***	
94-263**	Théorique*	5332858.918	222355.630	317.471	
Contrôle 5	Terrain 2010	5332859.145	222355.493	317.465	
	Terrain 2011	5332859.147	222355.487	317.467	
	Terrain 2012	5332859.140	222355.487	317.485	
	Terrain 2013	5332859.142	222355.485	317.488	
	Terrain 2014	5332859.139	222355.491	317.468	
	Terrain 2015	5332859.140	222355.492	317.478	
	Terrain 2016	5332859.138	222355.487	317.495	
	Terrain 2017	5332859.135	222355.488	317.524	
	Terrain 2018	Trop boisé pour observation			
	Terrain 2019	5332859.136	222355.488	317.477	
	Diff. Théo-2010.	-0.227	0.137	0.006	
	Diff. Théo-2011.	-0.229	0.143	0.004	
	Diff. Théo-2012.	-0.222	0.143	-0.014	
	Diff. Théo-2013	-0.224	0.145	-0.017	
	Diff. Théo-2014	-0.221	0.139	0.003	
	Diff. Théo-2015	-0.222	0.138	-0.007	
	Diff. Théo-2016	-0.220	0.143	-0.024	
	Diff. Théo-2017	-0.217	0.142	-0.053	
	Diff. Théo-2018	-	-	-	
Diff. Théo-2019	-0.218	0.142	-0.006		
2011-2010	0.002	-0.006	0.002		
2012-2011	-0.007	0.000	0.018		
2013-2012	0.002	-0.002	0.003		
2014-2013	-0.003	0.006	-0.020		
2015-2014	0.001	0.001	0.010		
2016-2015	-0.002	-0.005	0.017		
2017-2016	-0.003	0.001	0.029		
2018-2017	-	-	-		
2019-2017	0.001	0.000	-0.047		

■ SCOPQ (MTM) NAD83 FUSEAU 9 MÉRIDIEN CENTRAL : 76°30' OUEST

* Coordonnées théoriques fournies par la mine dont on a ajouté 5 300 000m en Nord et 200 000m en Est et soustrait 3 000m en élévation

Note : On doit considérer les inscriptions au mm significatives qu'au 10mm près en horizontal et qu'au 2 cm près en vertical pour les données venant des levés GPS ou GNSS.

Légende :

** Point existant ancré dans le roc avec trépied témoin.

*** Précision insuffisante en vertical, se référer au nivellement géométrique pour une meilleure

8) TABLEAU DES DIFFÉRENCES DES COORDONNÉES XYZ DES PLAQUES DE TASSEMENT OBTENUES PAR MÉTHODE GPS TEMPS RÉEL (voir annexe 1)

9) TABLEAU DES ÉLÉVATIONS PRÉCISES DES PLAQUES DE TASSEMENT (voir annexe 2)

10) RÉSUMÉ :

En résumé, notre travail contient :

Nombre de plaques de tassement levées par GPS ($\pm 1\text{cm}$) :	18
Nombre de plaques de tassement nivelées ($\pm 2\text{mm}$) :	19
Nombre de plaques levées par st. totale pour le vertical :	0
Nombre de plaques nivelées à partir du niveau géométrique :	19
Nombre de points d'appui localisés/contrôlés en horizontal :	2
Nombre de points d'appui en vertical (cheminement géométrique) :	2
Longueur totale des cheminements altimétriques :	6.956 Km

Fait à Val d'Or, le 8 novembre 2019, sous le dossier C-14891/442.18-19 et le numéro **14759** de mes minutes en référence aux dossiers : C-14421/442.18-19 (2018), C-13907/442.18-19 (2017), C-13282/442.18 (2016), C-12762/442.18 (2015), C-12486/442.17 (2014), C-12102/442.17 (2013), C-11735/442.17 (2012), C-11471/442.17 (2011), C-10945/442.17 (2010), C-10558/442.16 (2009) et C-10178/442.15 (2008) du soussigné.

Val-d'Or, le 8 novembre 2019

Copie conforme à l'original

CORRIVEAU J.L. & ASSOC. INC.

PRÉLIMINAIRE



Annexes

- Annexe 1** Tableau des différences des coordonnées xyz des plaques de tassement obtenues par méthode GPS temps réel.
- Annexe 2** Tableau des élévations précises des plaques de tassement.
- Annexe 3** Plan de localisation des plaques de tassement révision du 20/10/2011 minute C-10945/442.17 du soussigné.

Annexe 1

Tableau des différences des coordonnées XYZ des plaques de tassement obtenues par méthode GPS Temps réel

PLAQUE DE TASSEMENT	Coordonnées théoriques		Arpentage Sept. 2008		Différence 2008-Théo		Arpentage Juin 2010		Différence 2010-2008		Arpentage Octobre 2011		Différence 2011-2010		Arpentage Octobre 2012		Différence 2012-2011		Arpentage Juillet 2013		Différence 2013-2012		Arpentage Juin 2014		Différence 2014-2013		Arpentage Juin 2015		Différence 2015-2014		Arpentage Juin 2016		Différence 2016-2015		Arpentage Septembre 2017		Différence 2017-2016		Arpentage Octobre 2018		Différence 2018-2017		Arpentage Octobre 2019		Différence 2019-2018		PLAQUE DE TASSEMENT
	Nord	Est	Sept. 2008	Théo	S	N	Différence	Sept. 2008	Théo	S	N	Différence	Octobre 2011	Différence	Octobre 2011	Théo	S	N	Différence	Octobre 2012	Différence	Octobre 2012	Théo	S	N	Différence	Octobre 2012	Différence	Octobre 2012	Théo	S	N	Différence	Octobre 2012	Différence	Octobre 2012	Théo	S	N	Différence	Octobre 2012	Différence	Octobre 2012	Théo	S	N	
B-1	Nord	5333481.600	5333481.572	-0.028	S	5333481.588	0.016	N	5333481.573	-0.015	S	5333481.567	-0.006	S	5333481.574	0.007	N	5333481.565	-0.009	S	5333481.569	0.004	N	5333481.576	0.007	N	5333481.586	0.010	N	5333481.575	-0.011	S	5333481.568	-0.007	N	5333481.568	0.010	N	5333481.575	-0.011	S	5333481.568	-0.007	N			
	Est	22364.365	22364.319	-0.046	O	22364.310	-0.009	O	22364.316	0.006	E	22364.317	0.001	E	22364.324	0.007	E	22364.324	0.007	E	22364.321	-0.003	O	22364.317	-0.004	O	22364.321	0.004	O	22364.321	0.000	O	22364.323	0.002	O	22364.323	0.002	O	22364.323	0.002	O	22364.323	0.002	O			
	Elev.	319.120	319.085	-0.035	B	319.085	0.000	-	319.097	0.012	H	319.089	-0.008	B	319.087	-0.002	B	319.082	-0.005	B	319.080	-0.002	B	319.080	-0.002	B	319.098	0.018	H	319.094	-0.004	B	319.086	-0.007	B	319.083	-0.004	B	319.083	-0.004	B						
B-2	Nord	5333524.849	5333524.834	-0.015	S	5333524.840	0.006	N	5333524.842	0.002	N	5333524.839	-0.003	S	5333524.843	0.004	N	5333524.841	-0.002	S	5333524.836	-0.005	S	5333524.846	0.010	N	5333524.853	0.007	N	5333524.839	-0.014	S	5333524.841	0.002	N	5333524.841	0.002	N	5333524.841	0.002	N						
	Est	223312.799	223312.758	-0.041	O	223312.754	-0.004	O	223312.766	0.012	E	223312.765	-0.001	O	223312.764	-0.001	O	223312.774	0.010	E	223312.774	0.000	-	223312.771	-0.003	O	223312.773	0.002	E	223312.775	0.002	E	223312.776	0.001	E	223312.776	0.001	E	223312.776	0.001	E						
	Elev.	318.489	318.450	-0.039	B	318.452	0.002	H	318.454	0.002	H	318.448	-0.006	B	318.439	-0.009	B	318.430	-0.009	B	318.428	-0.002	B	318.441	0.013	H	318.436	-0.005	B	318.425	-0.010	B	318.424	-0.001	B	318.424	-0.001	B									
B-3	Nord	5333560.718	5333560.716	-0.002	S	5333560.721	0.005	N	5333560.721	0.000	-	5333560.720	-0.001	S	5333560.718	-0.002	S	5333560.713	-0.005	S	5333560.717	0.004	N	5333560.730	0.014	N	5333560.720	-0.010	S	5333560.722	0.002	N	5333560.716	-0.005	S	5333560.716	-0.005	S									
	Est	223270.316	223270.298	-0.018	O	223270.294	-0.004	O	223270.298	0.004	E	223270.292	-0.006	O	223270.294	0.002	E	223270.302	0.008	E	223270.297	-0.005	O	223270.295	-0.002	O	223270.299	0.004	E	223270.301	0.002	E	223270.302	0.001	E	223270.302	0.001	E									
	Elev.	319.122	319.090	-0.032	B	319.093	0.003	H	319.101	0.008	H	319.098	-0.003	B	319.096	-0.002	B	319.086	-0.010	B	319.087	0.001	H	319.099	0.001	H	319.092	-0.007	B	319.084	-0.008	B	319.083	-0.001	B												
B-4	Nord	5333595.764	5333595.789	0.025	N	5333595.793	0.004	N	5333595.798	0.005	N	5333595.802	0.004	N	5333595.802	0.000	N/A	5333595.797	-0.005	S	5333595.803	0.006	N	5333595.808	0.005	N	5333595.807	-0.001	S	5333595.803	-0.004	S	5333595.806	0.003	N	5333595.806	0.003	N									
	Est	223073.887	223073.882	-0.005	O	223073.899	0.017	E	223073.888	-0.011	O	223073.881	-0.007	O	223073.879	-0.002	O	223073.885	0.006	E	223073.879	-0.006	O	223073.877	-0.002	O	223073.879	0.002	E	223073.890	0.011	E	223073.878	-0.012	O	223073.878	-0.012	O									
	Elev.	318.136	318.111	-0.025	B	318.134	0.023	H	318.140	0.006	H	318.141	0.001	H	318.141	0.000	N/A	318.127	-0.014	B	318.134	0.007	H	318.146	0.012	H	318.137	-0.009	B	318.136	-0.002	B	318.143	0.007	H												
B-5	Nord	5333572.172	5333572.224	0.052	N	5333572.230	0.006	N	5333572.233	0.003	N	5333572.227	-0.006	S	5333572.231	0.004	N	5333572.233	0.002	N	5333572.233	0.002	N	5333572.232	0.001	S	5333572.234	0.001	N	5333572.226	-0.008	S	5333572.237	0.010	N	5333572.237	0.010	N									
	Est	222993.645	222993.630	-0.015	O	222993.641	0.011	E	222993.631	-0.010	O	222993.632	0.001	E	222993.625	-0.007	O	222993.633	0.008	E	222993.633	0.008	E	222993.626	-0.007	O	222993.629	0.003	E	222993.639	0.010	E	222993.628	-0.010	O	222993.628	-0.010	O									
	Elev.	318.157	318.151	-0.006	B	318.158	0.007	H	318.166	0.008	H	318.164	-0.002	B	318.165	0.001	H	318.160	-0.005	B	318.163	0.003	H	318.172	0.009	H	318.160	-0.012	B	318.158	-0.003	B	318.168	0.010	H												
B-6	Nord	5333588.639	5333588.744	0.105	N	5333588.757	0.013	N	5333588.748	-0.009	S	5333588.747	-0.001	S	5333588.753	0.006	N	5333588.751	-0.002	S	5333588.753	0.002	N	5333588.754	0.001	N	5333588.759	0.005	N	5333588.749	-0.010	S	5333588.759	0.010	N												
	Est	222661.587	222661.604	0.017	E	222661.604	0.045	E	222661.613	0.036	O	222661.609	-0.004	O	222661.604	-0.005	O	222661.610	0.006	E	222661.608	-0.002	O	222661.607	0.001	E	222661.620	0.012	E	222661.620	0.012	E	222661.608	-0.011	O	222661.608	-0.011	O									
	Elev.	318.176	318.139	-0.037	B	318.141	0.002	H	318.150	0.009	H	318.139	-0.011	B	318.143	0.004	H	318.132	-0.011	B	318.148	0.012	H	318.146	-0.014	B	318.144	-0.014	B	318.144	-0.001	B	318.155	0.010	H												
B-7	Nord	5333510.829	5333511.090	0.261	N	5333511.091	0.001	N	5333511.093	0.002	N	5333511.087	-0.007	S	5333511.096	0.009	N	5333511.093	-0.003	S	5333511.096	0.003	N	5333511.098	0.002	N	5333511.101	0.003	N	5333511.092	-0.009	S	5333511.096	0.004	N												
	Est	22246.790	22246.804	0.014	E	22246.808	0.064	E	22246.809	-0.059	O	22246.807	-0.003	O	22246.802	-0.005	O	22246.805	0.003	E	22246.803	-0.002	O	22246.804	0.001	E	22246.797	-0.007	O	22246.812	0.014	E	22246.802	-0.010	O	22246.802	-0.010	O									
	Elev.	318.176	318.185	0.009	H	318.190	0.005	H	318.203	0.013	H	318.186	-0.017	B	318.203	0.018	H	318.196	-0.007	B	318.204	0.008	H	318.221	0.017	H	318.217	-0.004	B	318.222	0.005	H	318.223	0.001	H												
B-8	Nord	5333371.342	5333371.603	0.261	N	5333371.603	0.006	N	5333371.606	-0.003	S	5333371.607	0.001	N	5333371.610	0.003	N	5333371.606	-0.004	S	5333371.607	0.001	N	5333371.610	0.003	N	5333371.607	-0.003	S	5333371.606	-0.001	S	5333371.603	-0.003	S												
	Est	22178.864	22178.871	0.007	E	22178.874	0.073	E	22178.876	-0.068	O	22178.872	-0.004	O	22178.867	-0.005	O	22178.876	0.006	E	22178.876	0.006	E	22178.868	-0.010	O	22178.868	0.001	E	22178.881	0.014	E	22178.869	-0.012	O	22178.869	-0.012	O									
	Elev.	319.031	319.022	-0.009	B	319.020	-0.002	B	319.035	0.015	B	319.031	-0.004	B	319.035	0.004	H	319.012	-0.023	B	319.033	0.021	H	319.028	-0.005	B	319.032	0.004	H	319.027	-0.005	B	319.030	0.003	H												
B-9	Nord	5333326.921	5333327.178	0.257	N	5333327.189	0.011	N	5333327.187	-0.002	S	5333327.193	0.006	N	5333327.189	-0.004	S	5333327.179	-0.010	S	5333327.182	0.003	N	5333327.191	0.009	N	5333327.186	-0.005	S	5333327.181	-0.005	S	5333327.185	0.003	N												
	Est	22219.523	22219.531	0.008	E	22219.510	-0.019	O	22219.543	-0.067	O	22219.531	-0.012	O	22219.528	-0.003	O	22219.533	0.005	E	22219.536	0.003	E	22219.524	-0.012	O	22219.528	0.004	E	22219.542	0.014	E	22219.532	-0.010	O	22219.532	-0.010	O									
	Elev.	319.181	319.161	-0.020	B	319.171	0.010	H	319.180	0.009	H	319.186	0.006	H	319.177	-0.009	B	319.154	-0.023	B	319.173	0.019	H	319.175	0.002	H	319.173	-0.002	B	319.172	-0.001	B	319.175	0.003	H												
B-10	Nord	5333154.032	5333154.277	0.245	N	5333154.279																																									

Annexe 2

TABLEAU DES ÉLEVATIONS PRÉCISES DES PLAQUES DE TASSEMENT
(Obtenues par nivellement géométrique-électronique et trigonométrique)

Plaque de tassement	Élévation Théorique selon mine	Année	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Élévation	Diff. (m)	Diff. (m)	Plaque de tassement				
		Sept. 2008	2008-Théo.	Août 2009	2009-2008	Juin 2010	2010-2009	Oct. 2011	2011-2010	2011-2008	Oct. 2012	2012-2011	2012-2008	Juil. 2013	2013-2012	2013-2011	Juil. 2014	2014-2013	2014-2011	juin-15	2015-2014	2015-2008	juin-16	2016-2015	2016-2011	septembre.17	2017-2016	2017-2011	octobre.18	2018-2017	2018-2011	octobre.19	2019-2018	2019-2011		
94-257	3316.707	3316.707	-	3316.707	-	3316.707	-	3316.707	-	-	3316.707	-	-	3316.707	-	-	3316.707	-	-	3316.707	-	-	3316.707	-	-	3316.707	-	-	3316.707	-	-	94-257				
94-262	3315.842	-	-	-	-	-	-	3315.840	-	-	3315.839	-0.001	-	3315.859	-	-	3315.841	-	-	3315.842	-	-	3315.842	-	-	3315.878	-	-	3315.842	-	-	315.841	-	-	94-262	
B1	3319.120	3319.099	-0.021	3319.099	0.000	3319.100	0.001	3319.097	-0.003	-0.002	3319.097	0.000	-0.002	3319.097	0.000	-0.002	3319.099	0.002	0.000	3319.100	0.001	0.001	3319.099	-0.001	0.000	3319.100	0.001	0.001	3319.099	-0.001	0.000	3319.098	-0.002	-0.002	B1	
B2	3318.489	3318.465	-0.024	3318.462	-0.003	3318.460	-0.002	3318.454	-0.006	-0.011	3318.449	-0.005	-0.016	3318.448	-0.001	-0.017	3318.448	0.000	-0.017	3318.447	-0.001	-0.018	3318.444	-0.003	-0.021	3318.442	-0.002	-0.023	3318.440	-0.002	-0.025	3318.438	-0.002	-0.027	B2	
B3	3319.122	3319.103	-0.019	3319.104	0.001	3319.104	0.000	3319.101	-0.003	-0.002	3319.099	-0.002	-0.004	3319.099	0.000	-0.004	3319.102	0.003	-0.001	3319.102	0.000	-0.001	3319.101	-0.001	-0.002	3319.101	0.000	-0.002	3319.101	0.000	-0.002	3319.101	0.000	-0.001	-0.003	B3
B4	3318.136	3318.143	0.007	3318.146	0.003	3318.146	0.000	3318.140	-0.006	-0.003	3318.139	-0.001	-0.004	3318.140	0.001	-0.003	3318.145	0.005	0.002	3318.145	0.000	0.002	3318.145	0.000	0.002	3318.145	0.000	0.002	3318.144	-0.001	0.001	3318.144	0.000	0.001	B4	
B5	3318.157	3318.168	0.011	3318.172	0.004	3318.172	0.000	3318.166	-0.006	-0.002	3318.165	-0.001	-0.003	3318.166	0.001	-0.002	3318.173	0.007	0.005	3318.172	-0.001	0.004	3318.171	-0.001	0.003	3318.171	0.000	0.003	3318.171	0.000	0.003	3318.171	0.000	0.003	B5	
B6	3318.176	3318.153	-0.023	3318.158	0.005	3318.156	-0.002	3318.150	-0.006	-0.003	3318.148	-0.002	-0.005	3318.151	0.003	-0.002	3318.155	0.004	0.002	3318.155	0.000	0.002	3318.155	0.000	0.002	3318.156	0.001	0.003	3318.154	-0.002	0.001	3318.153	-0.001	0.000	B6	
B7	3318.176	3318.198	0.022	3318.207	0.009	3318.207	0.000	3318.203	-0.004	0.005	3318.206	0.003	0.008	3318.208	0.002	0.010	3318.215	0.007	0.017	3318.216	0.001	0.018	3318.217	0.001	0.019	3318.217	0.000	0.019	3318.219	0.002	0.021	3318.220	0.001	0.022	B7	
B8	3319.031	3319.034	0.003	3319.039	0.005	3319.038	-0.001	3319.035	-0.003	0.001	3319.034	-0.001	0.000	3319.033	-0.001	-0.001	3319.035	0.002	0.001	3319.036	0.001	0.002	3319.035	-0.001	0.001	3319.032	-0.003	-0.002	3319.035	0.003	0.001	3319.034	-0.001	0.000	B8	
B9	3319.181	3319.180	-0.001	3319.186	0.006	3319.186	0.000	3319.180	-0.006	0.000	3319.179	-0.001	-0.001	3319.179	0.000	-0.001	3319.181	0.002	0.001	3319.181	0.000	0.001	3319.180	-0.001	0.000	3319.181	0.001	0.001	3319.180	-0.001	0.000	3319.179	-0.001	-0.001	B9	
B10	3318.244	3318.232	-0.012	3318.239	0.007	3318.238	-0.001	3318.234	-0.004	0.002	3318.234	0.000	0.002	3318.235	0.001	0.003	3318.240	0.005	0.008	3318.240	0.000	0.008	3318.241	0.001	0.009	3318.241	0.000	0.009	3318.241	0.000	0.009	3318.241	0.000	0.009	B10	
**B11	3307.253	-	-	-	-	-	-	3307.277	-	-	3307.269	-0.008	-	3307.273	0.004	-0.004	3307.270	-0.003	-0.007	3307.270	0.000	-0.007	3307.269	-0.001	-0.008	3307.267	-0.002	-0.010	3307.268	0.001	-0.009	3307.264	-0.004	-0.013	**B11	
*2011-1	-	-	-	-	-	-	-	3310.020	-	-	3310.019	-0.001	-	3310.019	0.000	-0.001	3310.016	-0.002	-0.004	3310.016	-0.001	-0.004	3310.011	-0.005	-0.009	3310.007	-0.004	-0.013	3310.004	-0.003	-0.016	3310.001	-0.003	-0.019	*2011-1	
**2011-2	-	-	-	-	-	-	-	3309.270	-	-	3309.252	-0.018	-	3309.273	0.021	0.003	3309.256	-0.017	-0.014	3309.259	0.003	-0.011	3309.257	-0.002	-0.013	3309.252	-0.005	-0.018	3309.254	0.002	-0.016	3309.256	0.002	-0.014	**2011-2	
*2011-3	-	-	-	-	-	-	-	3310.354	-	-	3310.354	0.000	-	3310.352	-0.002	-0.002	3310.348	-0.004	-0.006	3310.346	-0.002	-0.008	3310.341	-0.005	-0.013	3310.334	-0.007	-0.020	3310.330	-0.004	-0.024	3310.327	-0.003	-0.027	*2011-3	
*2011-4	-	-	-	-	-	-	-	3310.371	-	-	3310.370	-0.002	-	3310.372	0.003	0.001	3310.368	-0.004	-0.003	3310.369	0.001	-0.002	3310.366	-0.003	-0.005	3310.362	-0.004	-0.009	Tige non atteignable avec la règle	3310.370	0.008	-0.001	*2011-4			
**2011-5	-	-	-	-	-	-	-	3303.984	-	-	3303.976	-0.008	-	3303.993	0.017	0.009	3303.980	-0.013	-0.004	3303.985	0.005	0.001	3303.981	-0.004	-0.003	3303.980	-0.001	-0.004	3303.980	0.000	-0.004	3303.973	-0.007	-0.011	**2011-5	
**2011-6	-	-	-	-	-	-	-	3309.357	-	-	3309.342	-0.015	-	3309.332	-0.010	-0.025	3309.342	0.010	-0.015	3309.345	0.003	-0.012	3309.344	-0.001	-0.013	3309.344	0.000	-0.013	3309.342	-0.002	-0.015	3309.339	-0.003	-0.018	**2011-6	
**2011-7	-	-	-	-	-	-	-	3309.156	-	-	3309.172	0.016	-	3309.177	0.005	0.021	3309.175	-0.002	0.019	3309.174	-0.001	0.018	3309.172	-0.002	0.016	3309.171	-0.001	0.015	3309.170	-0.001	0.014	3309.167	-0.003	0.011	**2011-7	
**2011-8	-	-	-	-	-	-	-	3310.383	-	-	3310.364	-0.019	-	3310.370	0.006	-0.013	3310.375	0.005	-0.008	3310.374	-0.001	-0.009	3310.374	0.000	-0.009	3310.377	0.003	-0.006	3310.371	-0.006	-0.012	3310.372	0.001	-0.011	**2011-8	

*Trait jaune = Repères implantés en 2011

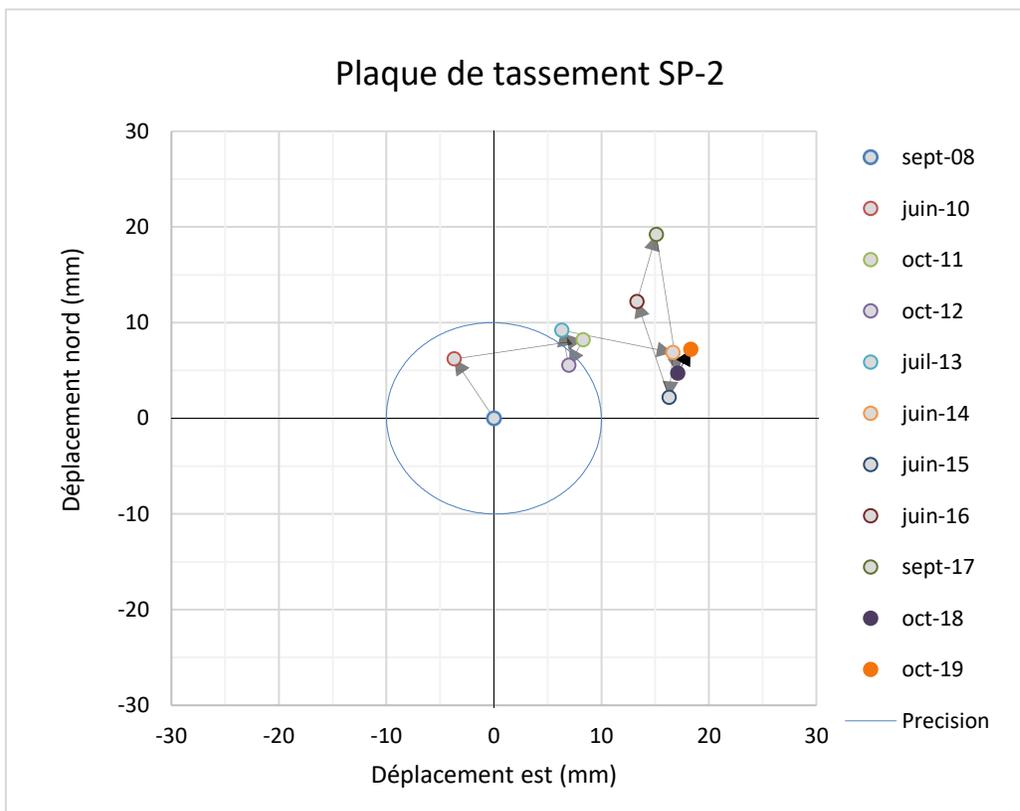
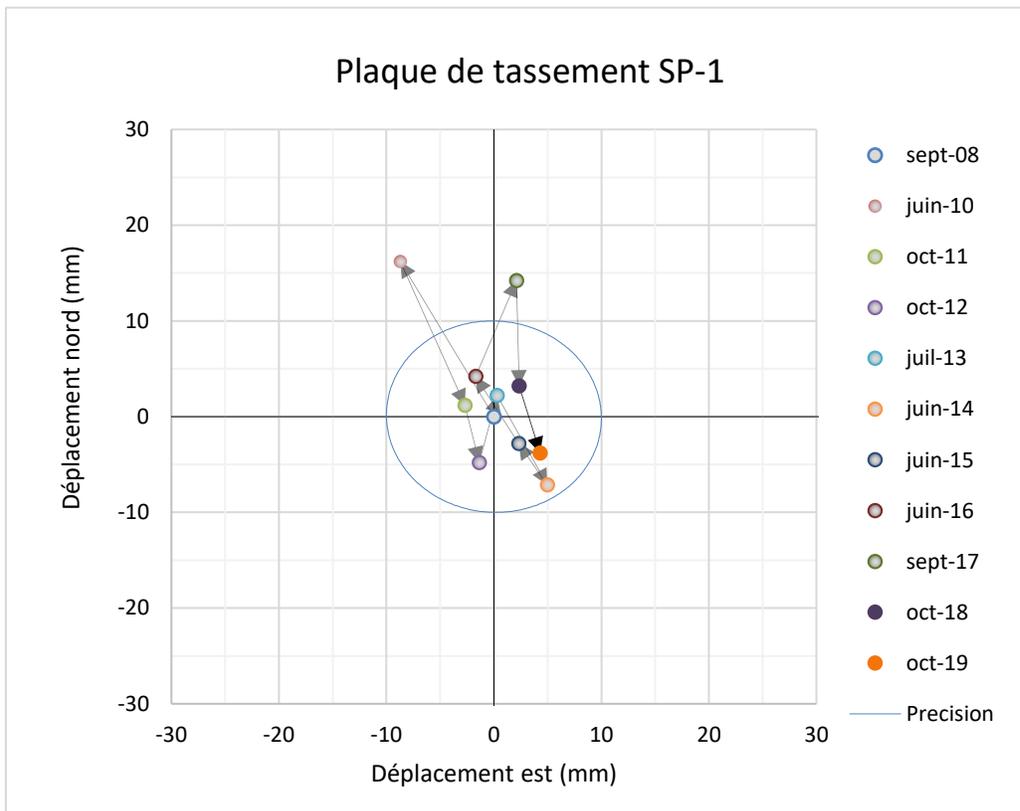
**Nivellement trigonométrique (précision estimé à +/- 5 mm)

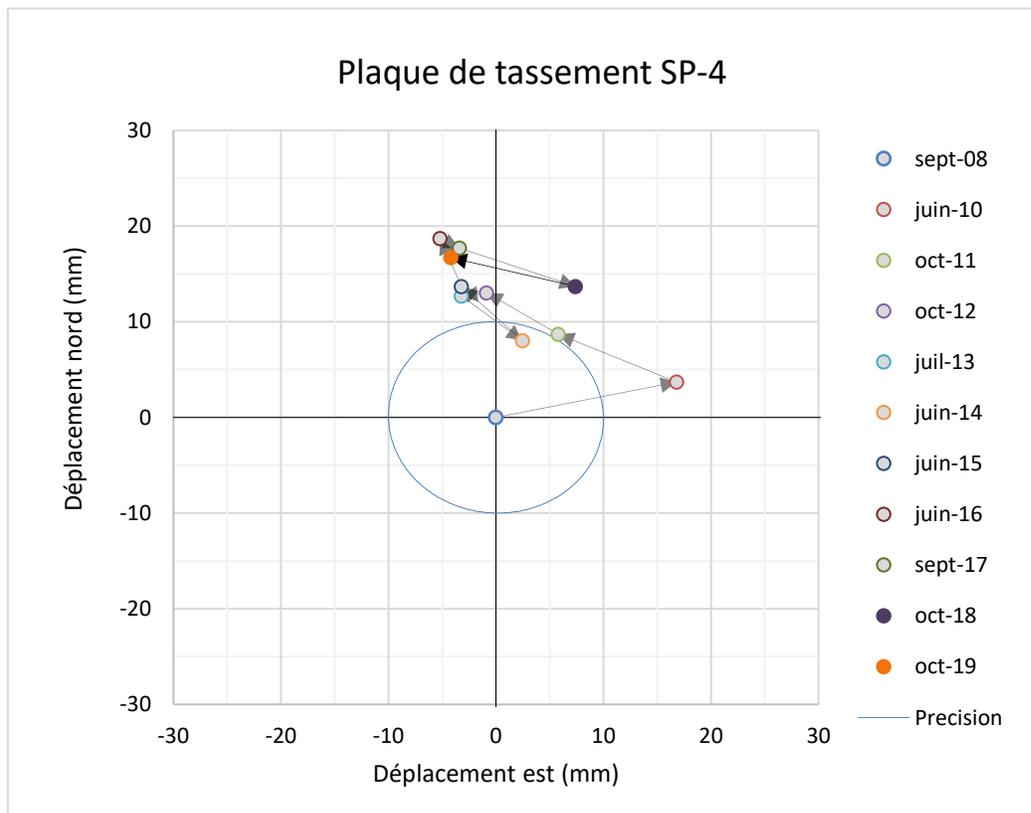
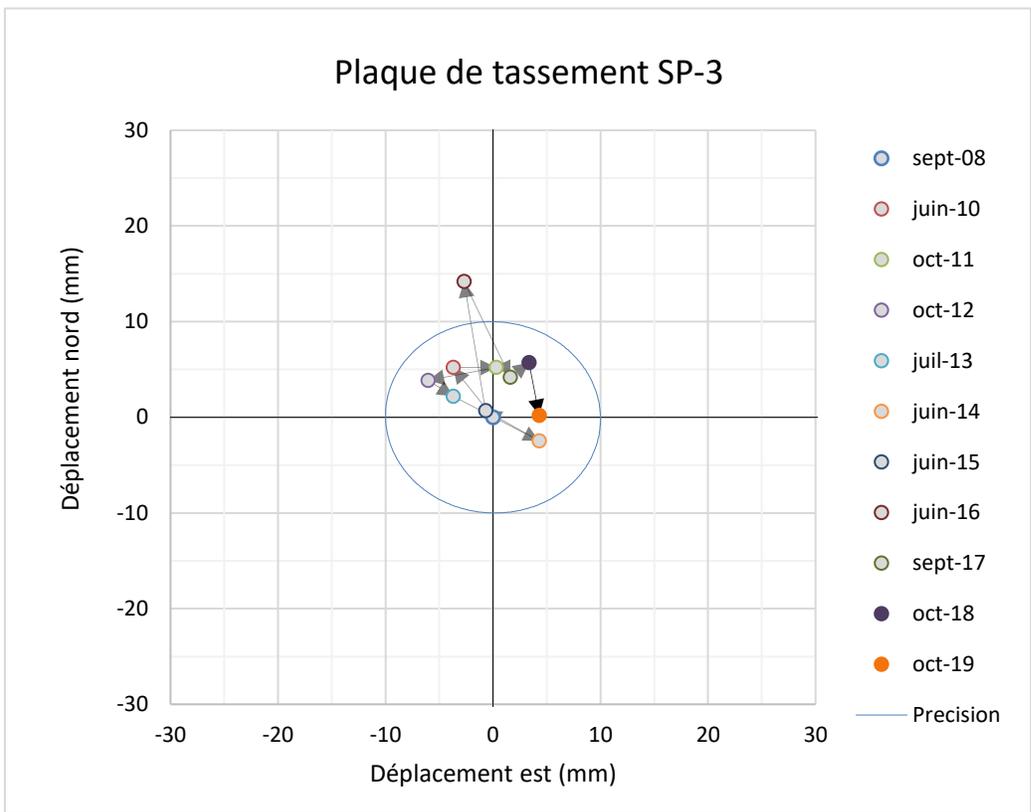
Note : seul le nivellement géométrique à été utilisé lors du levé des plaques de tassement en octobre 2019.

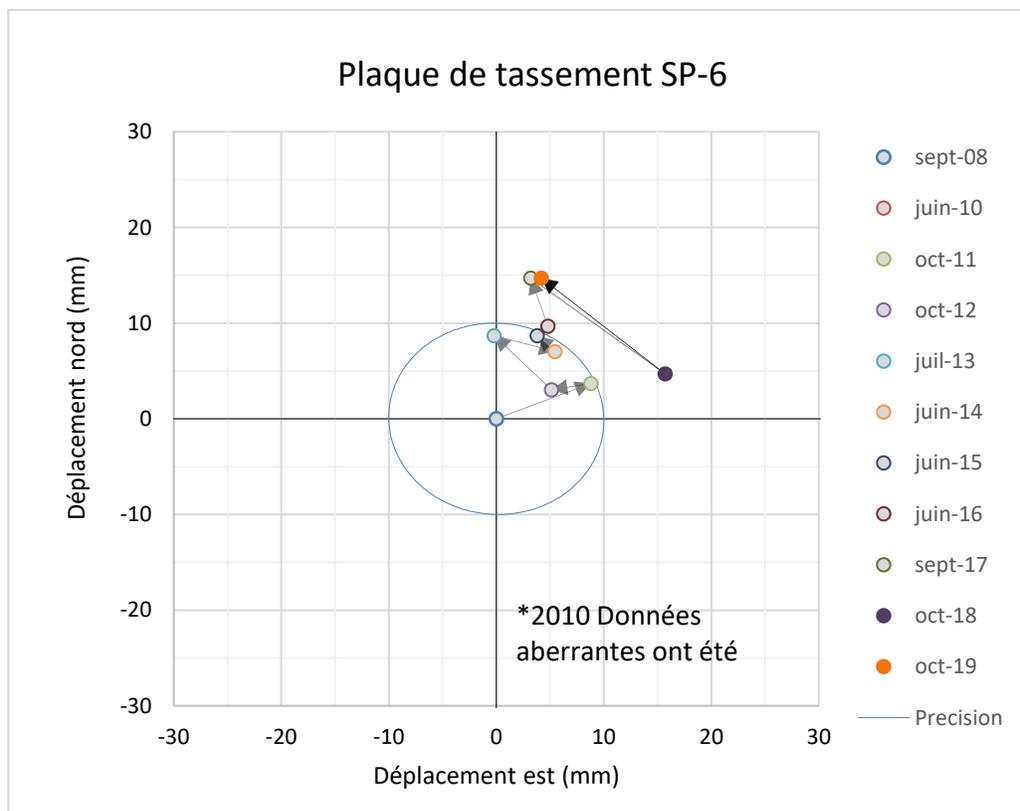
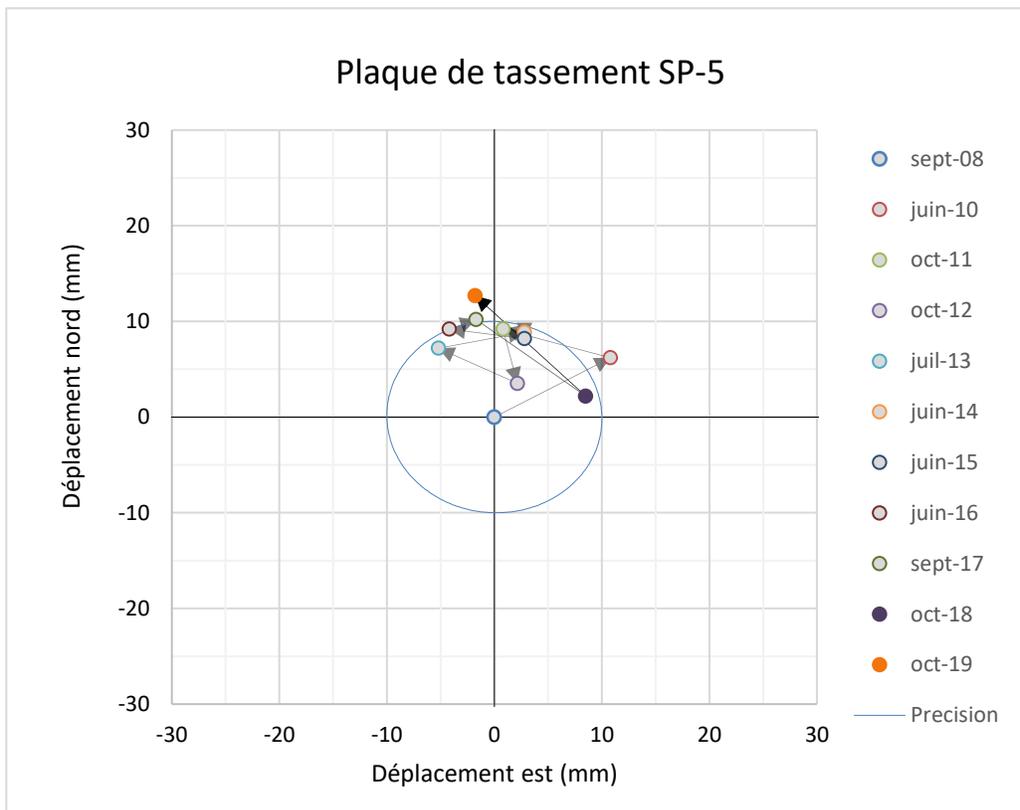
Légende des écarts : pas de signe s'élève, signe négatif (-) s'enfonce

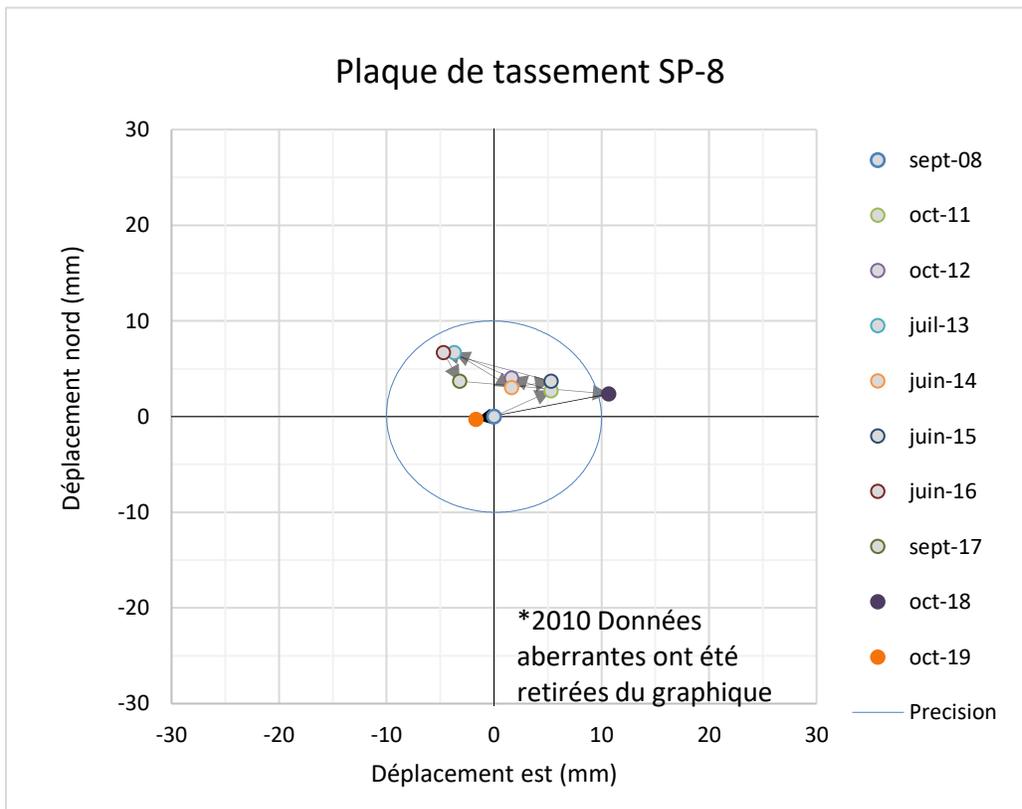
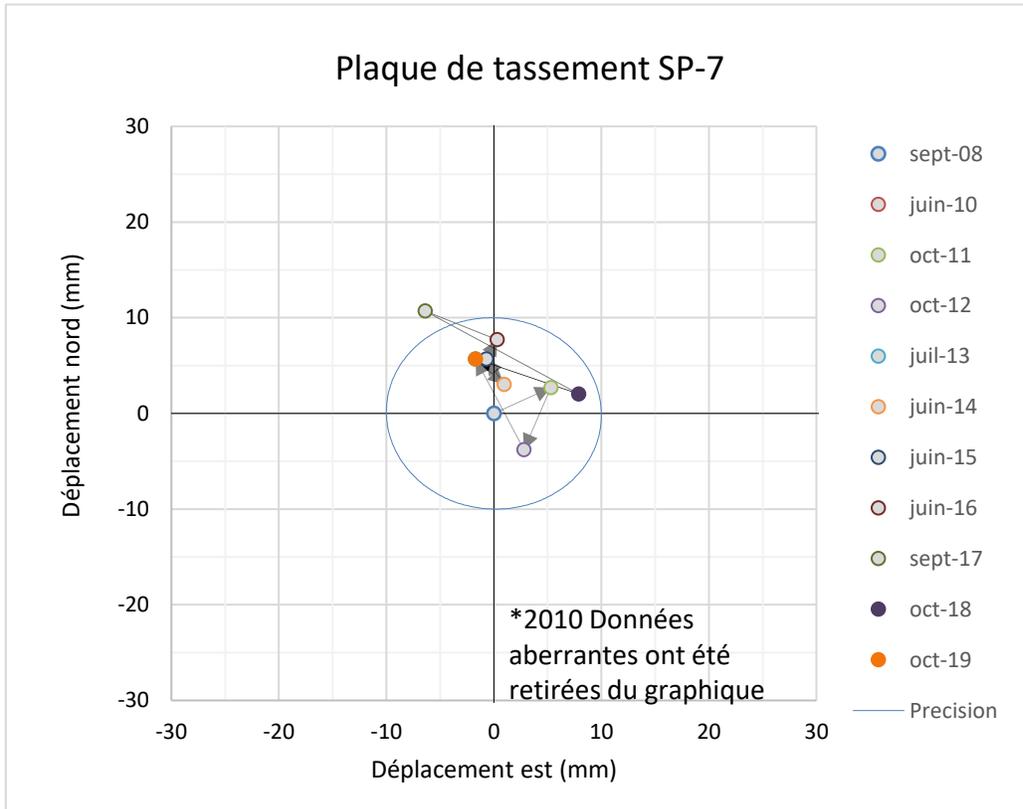
ANNEXE D

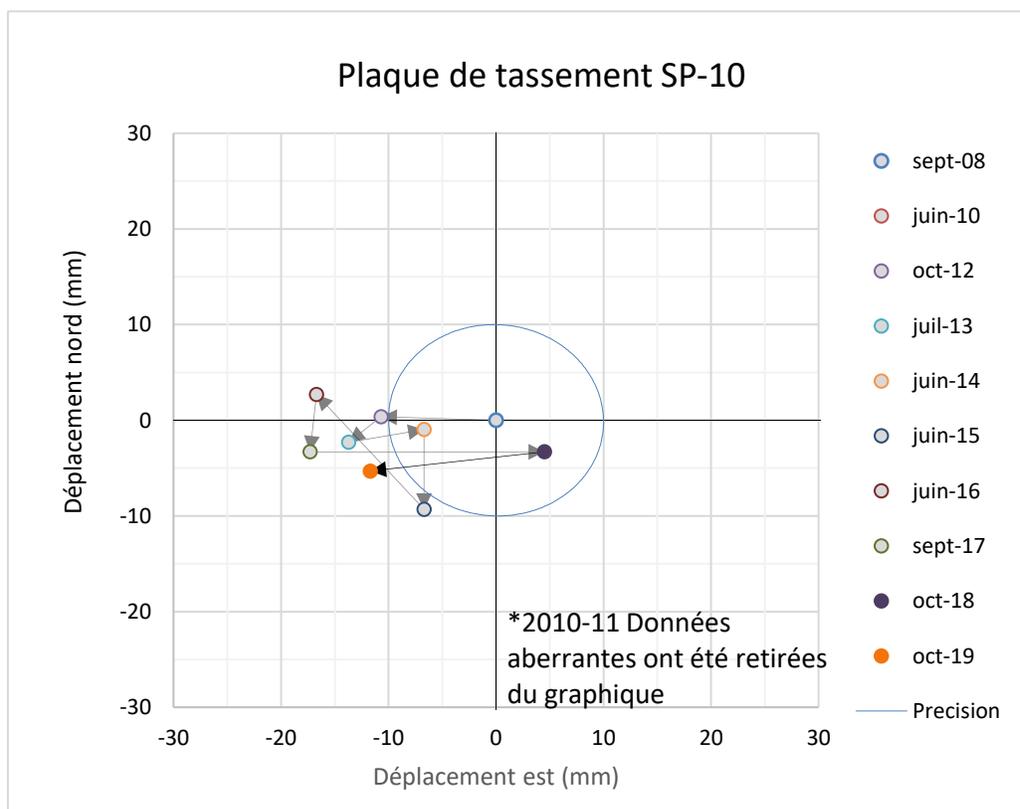
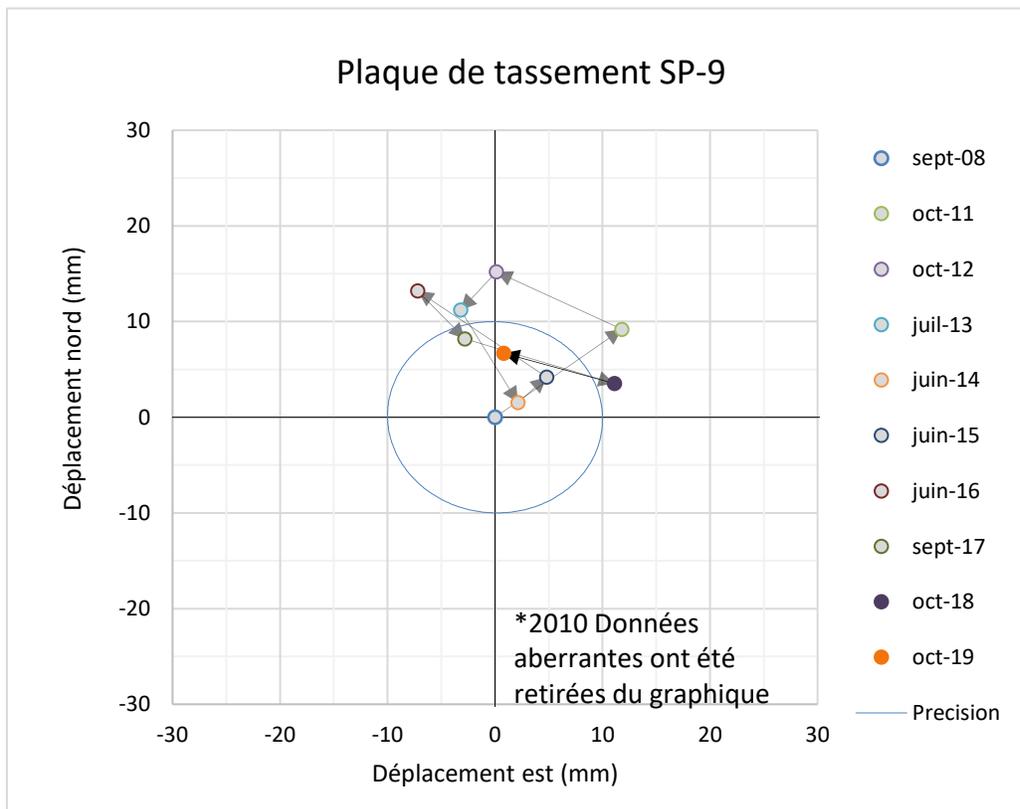
Tracés de points d'origine

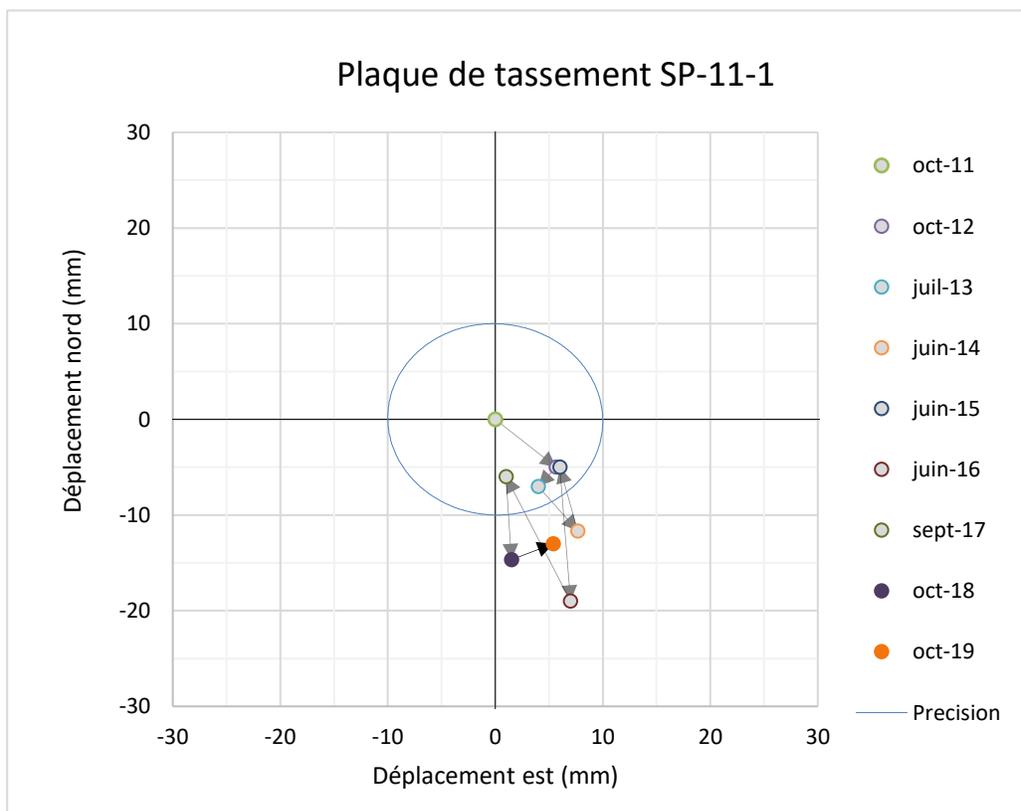
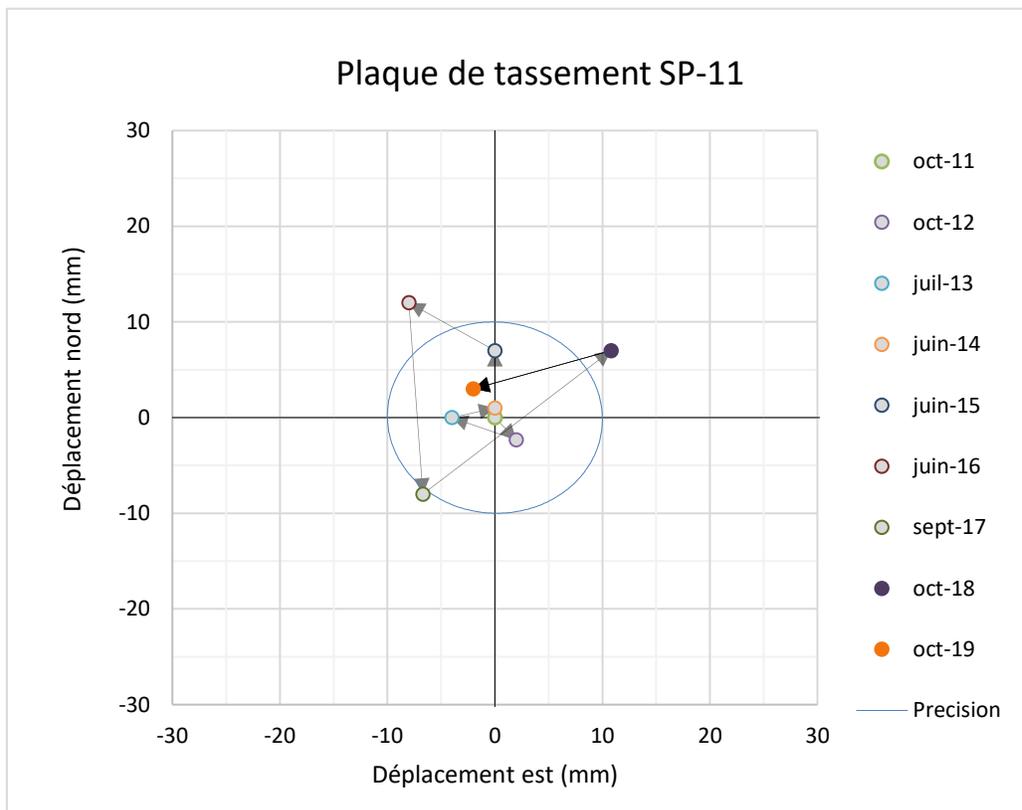


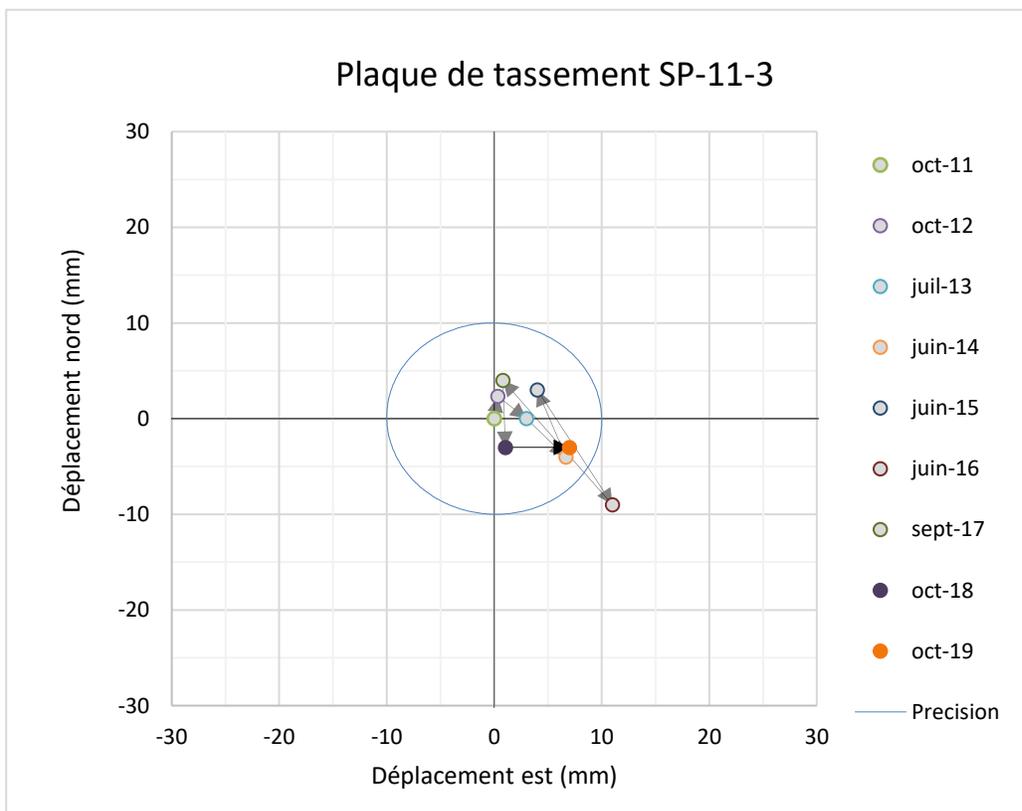
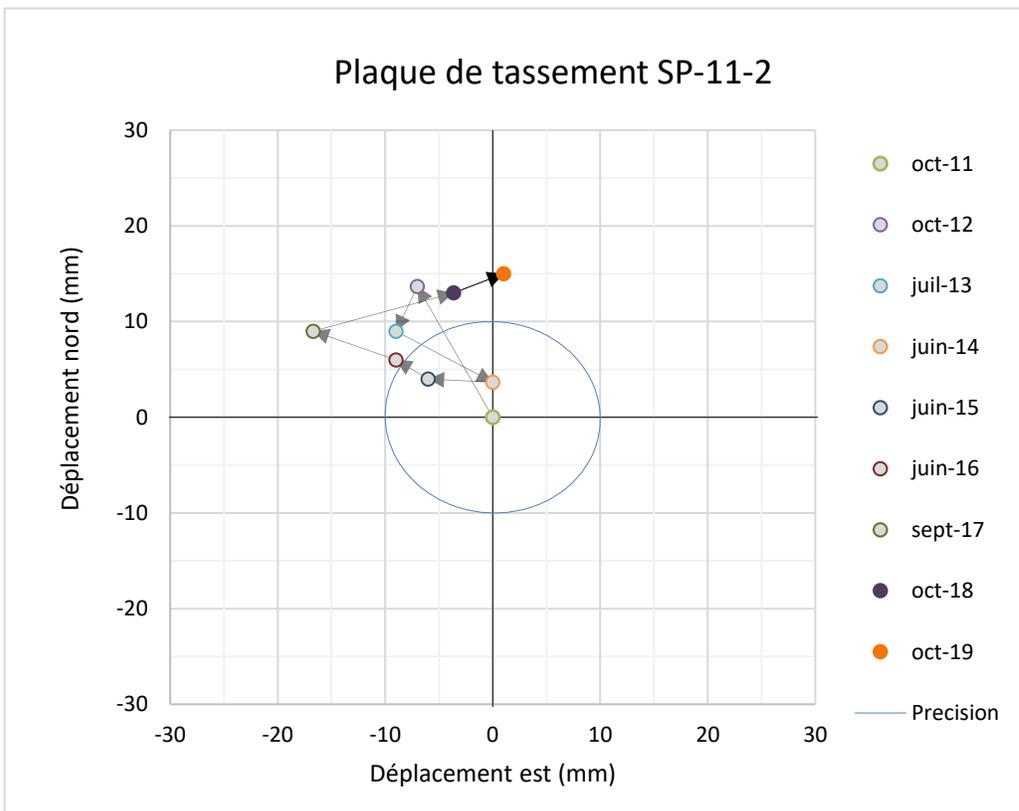


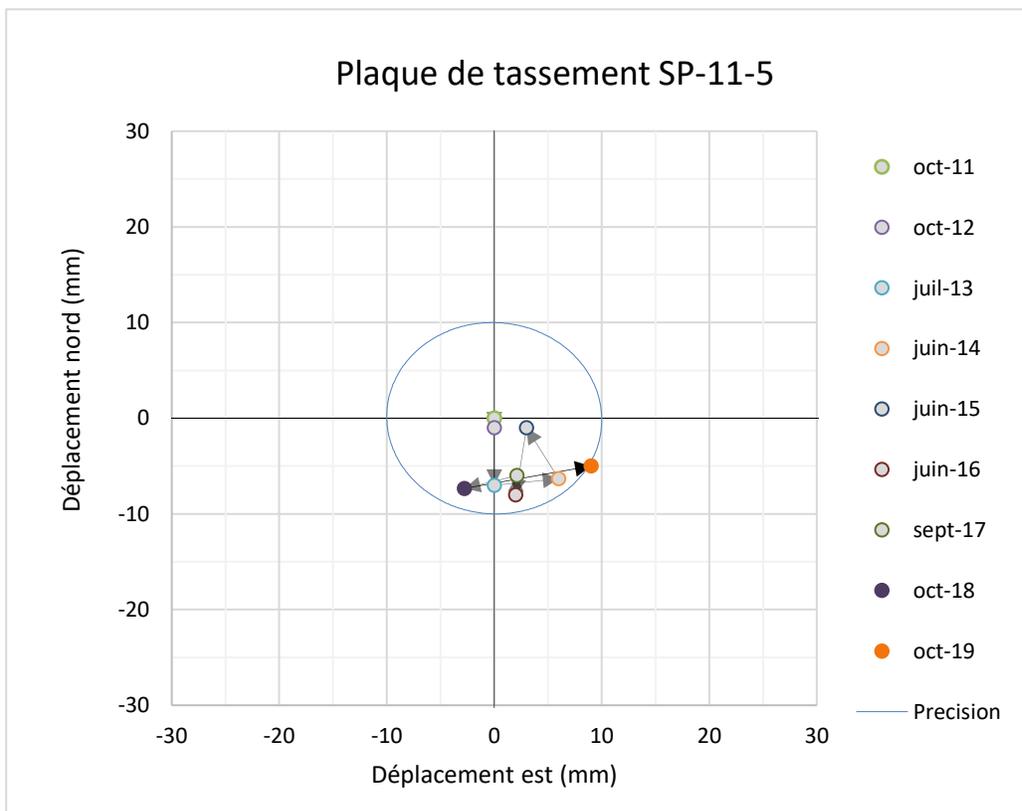
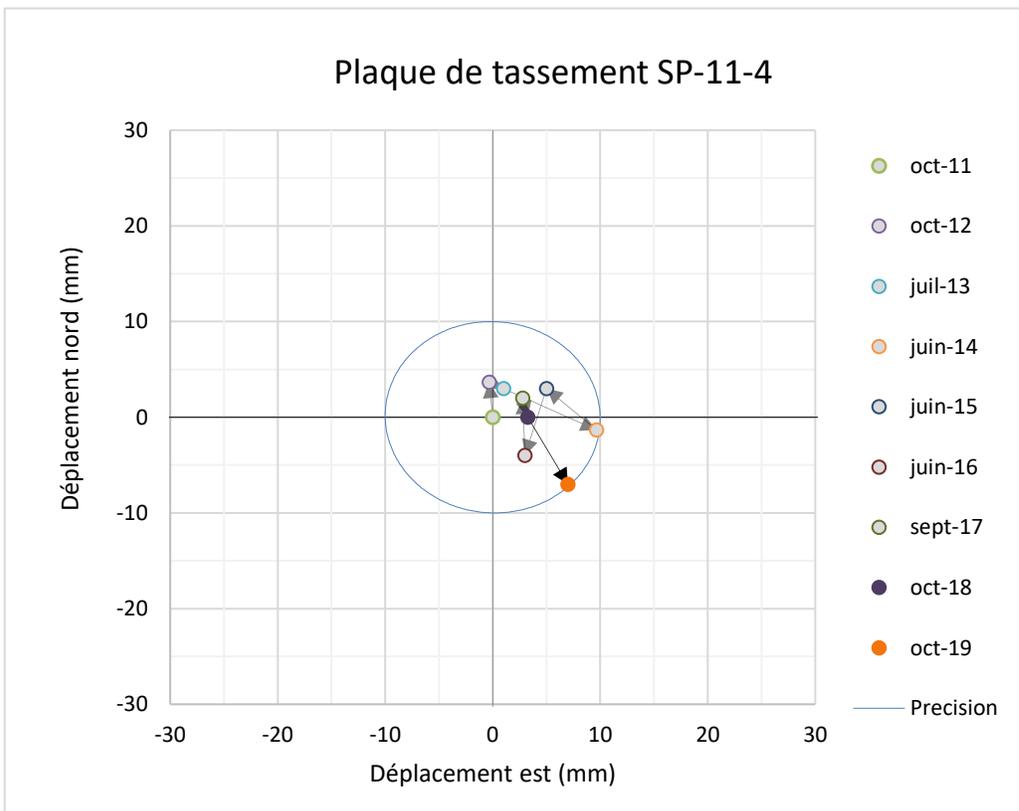


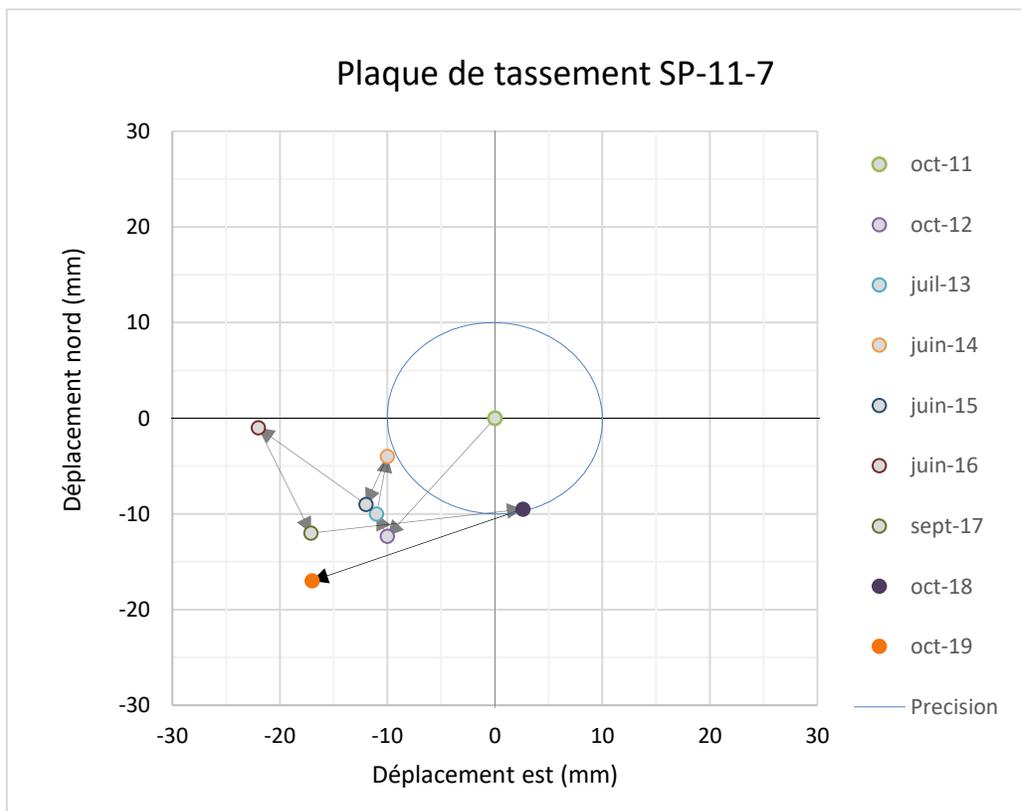
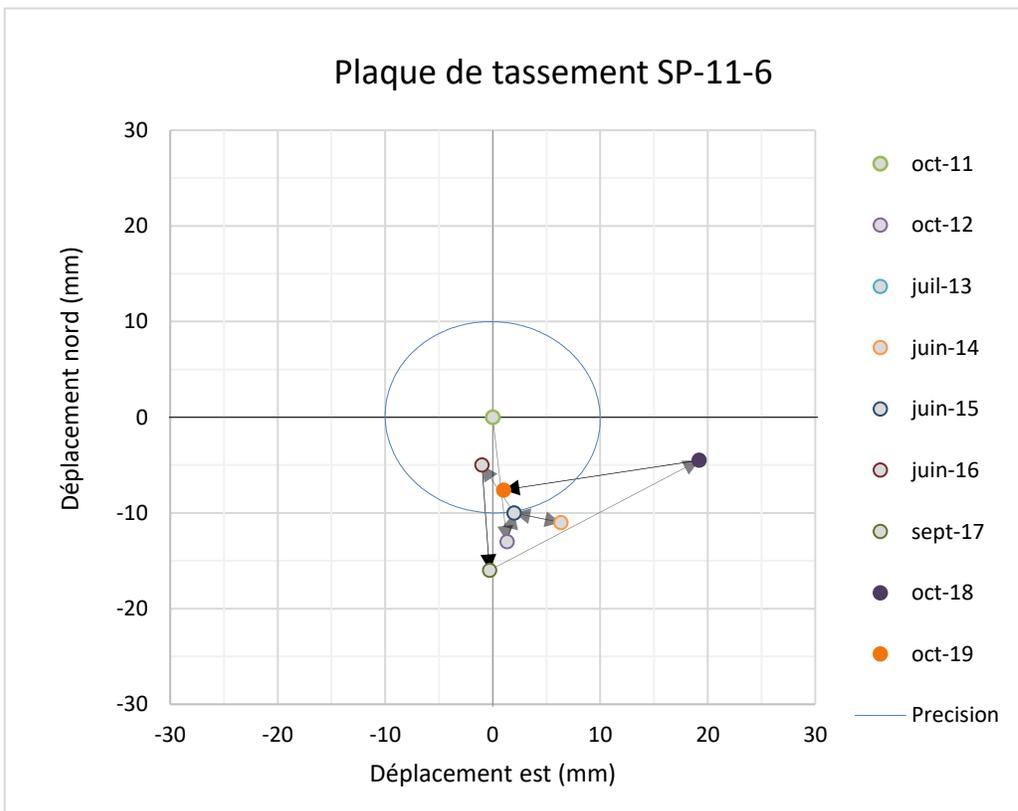


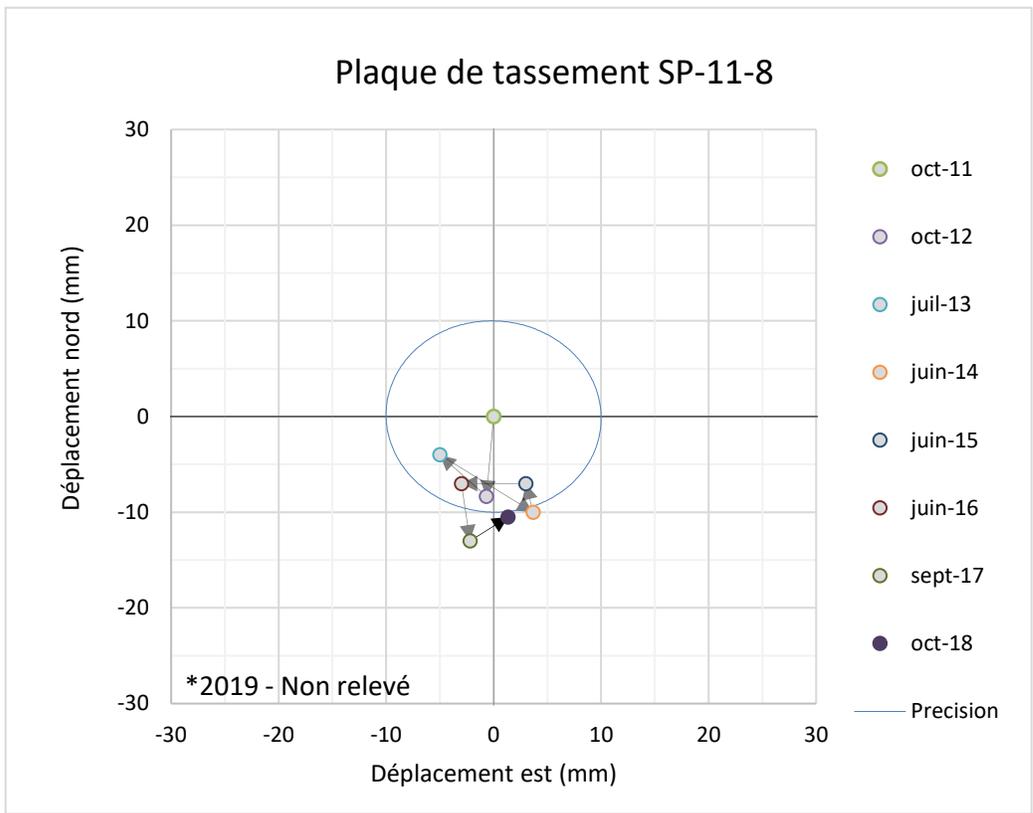














golder.com