

REPORT

Parc à résidus et bassin de polissage de la mine Louvicourt

Évaluation annuelle de la performance - 2021

Soumis à :

Morgan Lypka, ing.

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

Soumis par :

Golder Associates Ltd.

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

+1 514 383 0990

005-21461224-3000-RF-Rev0

31 mars, 2022



Liste de distribution

1 e-copy: Teck Resources Ltd., Kimberley, BC

1 e-copy: Golder Associates Ltd., Saskatoon, SK

1 e-copy: Golder Associates Ltd., Montreal, QC

Limitations

Golder Associés est responsable uniquement de la version électronique officielle anglaise du document datée du 31 mars 2022 (laquelle est conservée dans nos dossiers) et se dégage de toute responsabilité advenant l'utilisation par le client d'extraits tirés du rapport électronique non sécurisé ou d'une reproduction du document électronique sécurisé.

Golder Associates is only liable for the official electronic English copy of the document dated March 31 (kept in our internal records) and denies any liability if extracts are made by the client from unprotected electronic reports or where protected electronic documents are reproduced.

Résumé exécutif

Ce document présente le rapport d'évaluation annuelle 2021 de la performance (EAP) du parc à résidus miniers (PAR) et du bassin de polissage (BP) du site minier fermé de Louvicourt, situé près de Val-d'Or, au Québec. Ce rapport a été préparé sur la base d'une visite du site effectuée les 29 et 30 juillet 2021 par Laurent Gareau et Simon Chapuis de Golder Associés Ltée (Golder), Morgan Lypka, Jonathan Charland et Luc Tellier de Teck Resources Ltd (Teck, Propriétaire) et Dixie Ann Simon (le 29 juillet seulement, effectuant une évaluation de la sécurité des digues (ESD)) de John Wood Group PLC (Wood) ainsi que sur la base d'une revue des données disponibles représentatives des conditions sur la période depuis le dernier EAP. Golder est le concepteur initial de l'installation et est le fournisseur de l'ingénieur de référence (EOR) depuis 2017. Golder a effectué une inspection en 2009, puis a réalisé des inspections annuelles des installations depuis 2014. Laurent Gareau a assumé le rôle d'EOR pour le parc à résidus de Louvicourt en 2018. L'objectif du volet visite de site d'un EOR pour toute installation de ce type est d'observer l'état physique des structures de l'installation et de rechercher tout signe d'évolution de la performance géotechnique, comme le tassement, le bombement, la fissuration, l'érosion, les exfiltrations et les canalisations. L'examen des données complète les observations visuelles et fournit une perspective historique sur la performance annuelle d'une installation.

L'EAP est complété par des inspections de routine, une surveillance des instruments et une surveillance de la qualité de l'eau effectuées à l'installation par Teck tout au long de l'année.

Résumé de la description de l'installation

La mine Louvicourt est une mine fermée de métaux communs (principalement du cuivre et du zinc, avec un peu d'or et d'argent) située à environ 20 km à l'est de Val-d'Or, au Québec, au nord de la route 117. Le PAR est situé à environ 8,5 km au nord-ouest de l'ancien site minier. La propriété Louvicourt est actuellement détenue par Teck Resources (55 %) et Glencore Canada Corporation (45 %). Les installations du PAR et du bassin de polissage sont gérées par Teck.

L'infrastructure du site comprend un bassin de résidus juxtaposé à un bassin de polissage. Le bassin de polissage est situé immédiatement en aval (est) du bassin de résidus. Le bassin de résidus est délimité par les digues 1A, 1B et 1C au nord et par les digues 1D et 1E à l'est, les digues 2A et 2B à l'ouest, et la topographie naturelle au sud. Un déversoir opérationnel et deux déversoirs de secours sont situés à l'est de la digue 1E, à l'angle nord-est de l'installation.

Le bassin de polissage est délimité par les digues 4A et 4B et le terrain élevé au nord, la digue 1D (qui sert de limite entre le bassin de polissage et le bassin de résidus) à l'ouest et le terrain élevé au sud et à l'est. Un déversoir opérationnel et un déversoir d'urgence sont situés à l'extrémité nord du bassin, à l'extrémité est de la digue 4B.

L'installation est inspectée par Teck chaque semaine pendant la période estivale et chaque mois pendant les mois d'hiver.

Résumé des principaux risques et conséquences potentiels

En tant qu'élément requis de l'EAP, un examen des données d'instrumentation et des observations du site de juillet 2021 relatives aux risques potentiels a été réalisé. Il n'y a pas eu de changement significatif des principaux risques potentiels sur la base des conditions observées en 2021 par rapport aux périodes de rapport précédentes et aucun problème de sécurité avec les installations existantes n'a été identifié. Les parcs à résidus miniers peuvent avoir trois grands domaines de modes de défaillance et ceux-ci ont été examinés dans le cadre de ce

résumé annuel - à savoir l'érosion interne, l'instabilité des pentes et le débordement. La base de conception pertinente pour chacun des modes de défaillance potentiels a été examinée. Golder comprend que l'objectif à long terme de Teck pour tous les parcs à résidus est d'atteindre le statut de forme de terrain avec tous les modes de défaillance potentiels qui pourraient entraîner une libération catastrophique de résidus et/ou d'eau étant réduits à non crédibles. Lorsqu'il n'est pas possible de réduire tous les modes de défaillance catastrophiques crédibles¹ à non crédibles, le principe du niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARP) sera appliqué, avec des mesures de sécurité redondantes en place pour éliminer le risque de tout déclencheur de défaillance clair. Les modes de défaillance non crédibles font référence à un état où, dans les conditions de charge extrême applicables, la probabilité de déclencher le mode de défaillance donné de manière à ce qu'il entraîne un écoulement de résidus hors de l'installation est négligeable. Sur la base des récents programmes d'investigation du site et des travaux visant à se conformer à la norme Global Industry Standard on Tailings Management [GISTM (ICMM, 2020)], une évaluation crédible des modes de défaillance est en cours pour le site. À l'heure actuelle, Golder n'est pas en mesure de recommander à Teck un statut d'« absence de modes de défaillance crédibles » susceptibles d'entraîner un résultat catastrophique, car dans les trois grands domaines de mécanismes de défaillance potentiels, des travaux doivent encore être effectués sur deux d'entre eux pour pouvoir faire cette détermination. Voici des mises à jour sur l'état d'avancement de ces travaux à la fin de la période de rapport 2021.

Érosion interne

Les débits aux déversoirs à encoche en V et aux points d'exfiltration autour du PAR sont estimés ou mesurés par Teck lors des inspections mensuelles pendant les saisons sans neige. Les zones d'écoulement et/ou d'accumulation d'eau observables font l'objet d'une surveillance des solides en suspension ou des écoulements troubles, ce qui pourrait indiquer une érosion interne. Au moment de la visite du site, les résultats de la surveillance de l'année précédente ont été examinés et il a été observé que les débits mesurés se situaient dans les fourchettes d'exploitation historiques normales, et qu'il n'y avait aucune preuve de solides en suspension dans les écoulements ni de résidus indiquant la présence de tels solides dans les écoulements au cours de l'année écoulée. Bien que les débits du déversoir à encoche en V fluctuent en fonction des précipitations et de la fonte des neiges, les données historiques ne suggèrent pas une tendance à l'augmentation des débits d'exfiltration. Les débits observés ont toujours été clairs et exempts de sédiments en suspension dans des conditions de débit normales. Par intermittence, les événements de fortes pluies entraînent l'accumulation de quantités limitées de sédiments provenant du lavage superficiel dans les déversoirs. Aucune zone d'affaissement ou d'effondrement récent, qui pourrait indiquer une érosion interne, n'a été observée dans l'ensemble de l'installation. Aucune preuve d'érosion interne n'a donc été observée lors de l'inspection formelle de l'EAP ni indiquée par la surveillance du débit. Cela a été le cas tout au long de l'exploitation et pendant la période de fermeture de la mine.

Des études visant à éliminer ce risque en tant que mode de défaillance crédible pour l'installation sont en cours ou prévues et comprennent :

- Examen des documents de construction historiques pour évaluer la compatibilité des filtres entre les sols naturels et les matériaux de construction.
- Suivi piézométrique pour mesurer les gradients à travers les transitions d'érosion potentielles.
- Modélisation des exfiltrations pour valider les gradients mesurés.

¹ Une défaillance du parc à résidus qui entraîne une perturbation matérielle des systèmes sociaux, environnementaux et économiques locaux (ICMM, 2020).

- Évaluation des effets potentiels du gel sur l'intégrité du noyau.

Instabilité

Les meilleures pratiques de gestion pour les structures de retenue d'eau consistent à utiliser des instruments placés de manière appropriée pour compléter l'évaluation visuelle régulière de la performance de la digue par rapport aux modes de défaillance potentiels. Pour l'installation du PAR de Louvicourt, les instruments utilisés pour la surveillance de la performance sont des piézomètres, des thermistances et des bornes d'arpentage.

Le réseau de surveillance des eaux souterraines se compose d'un total de huit piézomètres à tube vertical et de 11 piézomètres à corde vibrante (VWP) installés sur les bermes des trois différentes digues (1, 2 et 4). Ces instruments indiquent un niveau piézométrique stable, sans tendance significative d'augmentation ou de diminution des niveaux.

Les bornes d'arpentage ont été relevées entre le 26 et le 28 octobre 2021 par Corriveau J.L. & Assoc. (Corriveau), un arpenteur basé à Val-d'Or. Les données (annexe C) indiquent que dans de nombreux cas, les mouvements verticaux et horizontaux incrémentiels sont inférieurs à la plage de précision déclarée du levé - ce qui suggère que dans la plage de précision du levé, ces instruments ne subissent pas de déplacements importants. Pour les instruments dont le déplacement est supérieur à la précision de l'étude, les déplacements totaux depuis l'installation sont relativement faibles et certains mouvements saisonniers peuvent se produire. Les observations générales suivantes ont été faites :

- Les tassements totaux pour tous les monuments étudiés ne dépassent pas 31 mm.
- Les tassements incrémentaux de l'année passée (2020 à 2021) étaient tous inférieurs ou égaux à 3 mm. Le tassement incrémental maximal était de 3 mm pour un instrument (SP-2 à la digue 1D).
- Il n'y a aucun signe d'accélération des tassements.
- Les données montrent que tous les instruments de levé ont présenté des mouvements horizontaux dans la plage de variabilité annuelle et dans tous les cas inférieurs ou égaux à 9 mm de 2020 à 2021, et des mouvements horizontaux totaux depuis l'installation inférieurs ou égaux à 21 mm. Les données indiquent qu'aucun mouvement horizontal significatif ne se produit.

Sur la base des résultats de suivi, la déformation et l'instabilité potentielle n'ont pas été une préoccupation notée pour l'installation en 2021. Des études visant à éliminer ce risque en tant que mode de défaillance crédible pour l'installation sont en cours ou prévues et comprennent :

- Évaluation des risques sismiques spécifiques au site, associée à une mise à jour de la stabilité sismique, y compris en condition non drainée, pour un événement sismique de période de retour de 1:10 000 ans.

Débordement

Les digues du parc à résidus et du bassin de polissage ont été conçues à l'origine avec une revanche de 2,0 m et 1,5 m, respectivement. Klohn Crippen Berger (2011) a examiné l'évaluation de la revanche du bassin de résidus par rapport aux exigences de l'ACB (2007) dans le cadre de l'évaluation indépendante de la sécurité des digues (ESD) de 2010 (Klohn, 2011). Le rapport fournit un résumé des niveaux de bassin dans les bassins de résidus et de polissage. En 2021, la revanche disponible était toujours supérieure à l'exigence minimale de l'ACB. Ces conditions ne posent pas de risque de débordement.

Une étude hydrologique consolidée (Golder, 2021b) a déterminé que le bassin du PAR et le bassin de polissage avaient une capacité suffisante pour laisser passer en toute sécurité l'événement de crue maximale probable

(CMP), avec une contingence importante, à condition que les déversoirs opérationnels soient maintenus libres d'obstructions. Teck a fait preuve de diligence dans l'entretien des structures des déversoirs. Dans le cadre des soins de fermeture actifs, on conclut que le débordement n'est pas un mode de défaillance catastrophique crédible.

Conséquence de défaillance

Teck a demandé à Golder d'évaluer la stabilité et la performance physique des diverses structures du PAR et du bassin de polissage dans des conditions de charge extrêmes, à savoir une inondation maximale probable et un événement sismique d'une période de retour de 1:10 000 ans. Ces conditions de chargement de référence seraient applicables à une classification de conséquence extrême - le niveau de conséquence le plus élevé pris en compte dans les directives de l'ACB et dans les publications du GISTM. Si la performance des structures dans les conditions de chargement extrêmes est suffisante, Teck pourra choisir d'arrêter la révision périodique de la classification des conséquences. Une classification future des conséquences peut être requise si les directives de classification des structures évoluent ou si l'ampleur des événements de charge extrême change.

Résumé des principales observations

Résumé des observations sur le terrain

Les principales observations suivantes ont été faites lors de l'inspection de l'EAP :

- Toutes les bermes étaient en bon état, sans signe de détérioration géotechnique.
- Les déversoirs des digues 4B et 1D étaient en bon état et fonctionnels.
- Le peigne à débris en amont du déversoir du bassin de résidus a été remplacé.
- Des accumulations d'eau ou des exfiltrations à faible débit ont été observées au pied de plusieurs digues, généralement aux endroits indiqués les années précédentes. En général, les accumulations et les exfiltrations étaient similaires à ceux des années précédentes. Les caractéristiques d'exfiltration et de formation de flaques ne posent aucun problème de sécurité pour les digues.
- Une érosion mineure a été observée sur les crêtes des digues en raison des conditions météorologiques (gel-dégel et action éolienne). Cette situation doit continuer à être surveillée, et des efforts d'entretien pourraient être nécessaires à l'avenir.

Résumé des bilans climatique et hydrique

Les précipitations totales sur l'année hydrologique (novembre 2020 à octobre 2021) ont été de 735,9 mm, soit 19 % de moins que la moyenne à long terme de 912,7 mm. D'après l'étude hydrologique consolidée pour le site de Louvicourt (Golder, 2021b), cela correspond à une année de précipitations sèches de 1:25 ans à 1:50 ans. Les mois de janvier (24,2 mm contre 59,0 mm de moyenne à long terme), avril (23,5 mm contre 59,9 mm de moyenne à long terme) et août (20,0 mm contre 93,3 mm de moyenne à long terme) ont été particulièrement secs.

Sur la base d'une analyse du bilan hydrique de haut niveau, il a été estimé que 28 000 m³ d'eau étaient déversés dans le bassin de polissage via le déversoir opérationnel du bassin de résidus.

Résumé des changements significatifs

En 2020, le peigne à débris du bassin de résidus a été remplacé au quatrième trimestre 2020. Aucune autre construction depuis 2020.

Résumé de l'examen des manuels EES et PIU

Le manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance (EES) a été mis à jour en 2017, avec une mise à jour intermédiaire en 2019, puis en 2020. Au moment de la préparation du présent rapport, une nouvelle mise à jour du manuel d'exploitation et de surveillance est en cours afin de s'assurer que le format est conforme à la ligne directrice de Teck sur les résidus et les structures de retenue d'eau (TWRS) (Teck, 2019), qui est entièrement alignée sur les directives de l'Association minière du Canada (AMC) sur les meilleures pratiques du manuel EES. L'achèvement de la mise à jour est prévu pour le premier trimestre de 2021.

Le Plan d'intervention en cas d'urgence (PIU) a été mis à jour pour la dernière fois en mars 2019. Le PIU est approprié pour l'objectif visé. Teck a également préparé une version préliminaire de plan d'intervention d'urgence pour les mines, qui comprend des procédures d'intervention pour les bassins de résidus miniers et de polissage avec contribution de l'ingénieur de référence, et une fois achevé, ce plan remplacera le PIU. Le plus récent test selon le PIU pour l'installation de Louvicourt a été effectué en octobre 2021, en réponse à une accumulation de sédiments dans un déversoir à encoche en V après un événement pluvieux important.

Évaluation de la sécurité des digues

La partie inspection sur le terrain d'un examen indépendant de la sécurité des digues (DSR) du PAR et du bassin de polissage a également été réalisée le 29 juillet 2021 par Dixie Ann Simon de John Wood Group PLC (Wood).

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

L'état des déficiences et des non-conformités est présenté dans les tableaux suivants.

Structure	ID	Défaut ou Non-conformité	Règlement applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
Recommandations précédentes fermées ou remplacées						
Digue 4B	2020-03	Du bois flotté s'est accumulé sur le remblai dans le bassin de polissage.	Manuel EES, section 6.2	Envisagez d'enlever le bois flotté.	4	À considérer dans le cadre des activités d'exploitation et d'entretien. - Achevé.
Recommandations précédentes en cours						
Tous	2015-06	Effectuer un examen de la stabilité sismique et du comportement non drainé de la digue.	Directive 019 Section 2.9.3	Effectuer un examen de la stabilité sismique de la digue et du comportement non drainé des sols potentiellement contractants.	4	EN COURS- L'analyse de la stabilité non drainée est terminée, et l'analyse de la déformation est en cours. Q3 2022. Les résultats préliminaires suggèrent que la performance sismique est adéquate.
Digue 4B	2019-02	Des remblais granulaires ont été placés 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 passer la crue de conception. Selon les indications préliminaires, la configuration actuelle ne pose aucun problème de débordement.	2	Analyses terminées; rapport soumis à l'examen de Teck. Aucune mesure corrective ne devrait être nécessaire pour régler ce problème. Peut être fermé immédiatement à la fin de l'examen du rapport.
Digue 1A Digue 1C	2020-01	Le remplacement de l'enrochement sur les pentes intérieures des digues 1A et 1C est nécessaire.	ACB 2013 Section 3.5.3	Placer un nouvel enrochement comme cela a été fait pour les digues 1B et 1D.	3	Prévu pour 2022.

Structure	ID	Défaut ou Non-conformité	Règlement applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
Digue 1D	2020-02	Une végétation de plus grand diamètre (tronc de plus de 4 pouces) est présente sur la berme de stabilité en aval de la digue 1D.	Manuel EES, section 6.2	Envisager l'enlèvement des arbres	4	À considérer dans le cadre des activités d'exploitation et d'entretien.
Recommandations pour 2021						
Déversoir du PAR	2021-01	Activité des castors dans le déversoir opérationnel du PAR.	Manuel EES, section 6.2	Enlevez les débris.	3	Débris enlevés en 2021. Achievé.
Déversoir du PAR	2021-02	L'accès des castors sous le peigne à débris a conduit à une activité accrue dans le déversoir.	Manuel EES, section 6.2	Faire un relevé d'arpentage du peigne à débris et réévaluer la conception et la capacité hydraulique.		L'arpentage a été réalisé; l'analyse des données est en cours.
Digue 4B	2021-03	Blocage important par les castors en aval de la digue 4B.	ACB 2013 Section 3.5.3	Faites appel à un entrepreneur spécialisé dans le contrôle des castors, puis supprimez le blocage.	2	Achévé en 2021.
Digue 1C	2021-04	Pente irrégulière sur la berme de pied de la digue 1C conduisant à une exfiltration préférentielle.	ACB 2013 Section 3.5.3	Réaliser un relevé détaillé de cette zone et utiliser les données pour affiner les analyses de l'intégrité des installations.	3	L'arpentage s'est terminé en 2021. L'analyse des données est en cours.
PAR et bassins de polissage	2021-05	Plusieurs entrées potentiellement erronées dans la base de données des niveaux d'eau des étangs.	ACB 2013 Section 3.6.3	Mettre en place un système AQ/CQ pour la collecte et la saisie des données.	3	Doit être achevé en 2022.

Priorité (définie par Teck)	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 : Les catégories de description des priorités sont conformes aux lignes directrices 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 et directives	1
1.3	Description du parc à résidus	2
1.4	Historique et contexte du site	2
2.0	CONSTRUCTION, EXPLOITATION, ENTRETIEN ET SURVEILLANCE	3
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	5
3.4	Volumes de l'eau d'exfiltration	5
3.5	Qualité de l'eau d'exfiltration	5
4.0	OBSERVATIONS SUR LE SITE	6
4.1	Observations visuelles	6
4.2	Photographies	7
4.3	Revue de l'instrumentation et des données	7
4.3.1	Niveaux d'eau	8
4.3.2	Déplacements	9
4.3.2.1	Tassements	11
4.3.2.2	Déplacements latéraux	11
4.3.3	Débits d'exfiltration	12
4.4	Qualité de l'eau du bassin de polissage et des exfiltrations	12
4.5	Formulaires d'inspection du site	13
5.0	ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ DES DIGUES	13
5.1	Révision de la conception de référence	13
5.1.1	Généralités	13
5.1.2	Digues du bassin de résidus (digues 1 et 2)	14

5.1.3	Digue du bassin de polissage (digue 4B)	14
5.1.4	Paramètres de conception des digues	14
5.1.5	Conditions souterraines	15
5.1.6	Matériaux de remblai des bermes.....	15
5.1.7	Sismicité	16
5.2	Revue des risques et des modes de rupture (évaluation de la sécurité des digues relativement aux modes de rupture potentiels).....	16
5.2.1	Érosion interne	16
5.2.2	Instabilité	17
5.2.3	Débordement	19
5.3	Revue des conditions en aval et en amont.....	21
5.4	Conséquence d'une défaillance	21
5.4.1	Évaluation des conséquences d'une défaillance	21
5.4.2	Revue.....	22
5.5	Performance physique	22
5.6	Performance d'exploitation.....	22
5.7	Révision du manuel EES	22
5.8	Revue de la préparation et de l'intervention en cas d'urgence.....	22
6.0	SOMMAIRE ET RECOMMANDATIONS	23
6.1	Résumé des activités de construction, d'exploitation et d'entretien	23
6.2	Résumé des bilans climatique et hydrique	23
6.3	Résumé de la performance.....	23
6.4	Tableau des déficiences et des non-conformités.....	23
7.0	FERMETURE	26
8.0	RÉFÉRENCES	27
9.0	LIMITATIONS DE L'ÉTUDE	29

TABLEAUX

Tableau 1: Informations sur les stations climatiques sélectionnées d'Environnement Canada.....	3
Tableau 2: Données mensuelles sur les précipitations de novembre 2020 à octobre 2021.....	4
Tableau 3: Bilan d'eau du PAR de novembre 2020 à octobre 2021	5
Tableau 4: Tassement et déplacement horizontal	10
Tableau 5: Débits mesurés aux déversoirs à encoche en V et taux d'exfiltration estimés en 2021	12
Tableau 6: Géométrie de la conception.....	14
Tableau 7: Propriétés des matériaux de conception actualisés (SNC-Lavalin, 2005)	15
Tableau 8: Valeurs du risque sismique du site provenant de l'évaluation du risque sismique spécifique au site (Golder, 2019a).....	16
Tableau 9: Statut des actions clés recommandées à la suite de l'inspection de sécurité annuelle des digues	23
Tableau 10: Priorités et niveaux de risques	25

FIGURES (après le texte)

Figure 1 : Vue générale du site de gestion des résidus
Figure 2 : Coupe type d'une digue
Figure 3 : Données mensuelles des précipitations de novembre 2020 à octobre 2021
Figure 4 : Élévations de l'eau souterraine dans les puits d'observations et aux piézomètres électriques
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
Figure 8 : Données historiques des mesures de débit aux déversoirs en V
Figure 9 : Niveaux d'eau du PAR en 2021
Figure 10 : Niveaux d'eau du bassin de polissage en 2021

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
ESD	Évaluation de la sécurité des digues
PIU	Plan d'intervention d'urgence
EES	Exploitation, entretien et surveillance
EAP	Évaluation annuelle de la performance

Unité	Définition
kPa	Kilopascal
m	Mètre
m ³	Mètre cube
tpd	Tonnes par jour

Terme	Définition
Évaluation de la sécurité des digues (ESD)	Un examen et une évaluation systématiques de tous les aspects de la conception, de la construction, de l'entretien, de l'exploitation, du processus et du système affectant la sécurité d'un digue, y compris le système de gestion de la sécurité de la digue (ACB 2013).
En aval	Le côté du remblai le plus éloigné du réservoir, du bassin ou des résidus stockés.
Résidus de forage	Matière résiduelle à grain fin qui reste après que les ressources précieuses ont été séparées.
Revanche	La distance verticale entre l'élévation de la surface de l'eau calme dans le réservoir et l'élévation la plus basse au sommet de la structure de confinement (ACB 2013).
En amont	Le côté de la digue le plus proche du réservoir, du bassin ou des résidus stockés.
Déchets rocheux	Enrochement minéral à gros grains (de la taille d'un gravier à celle d'un bloc). On parle aussi d'enrochement.

1.0 INTRODUCTION

1.1 Objectif, mandat et méthodologie

À la demande de Teck Resources Limited (Teck), Golder Associés Ltée (Golder) a effectué l'inspection annuelle 2021 du parc à résidus et du bassin de polissage de la mine Louvicourt, situés près de Val-d'Or, au Québec. L'installation comprend le bassin de résidus et le bassin de polissage ainsi que les structures connexes. Le rapport est basé sur une visite du site effectuée les 29 et 30 juillet 2021 et sur l'examen des données de surveillance disponibles pour la période de déclaration (septembre 2020 à septembre 2021) par l'ingénieur responsable (EOR), Laurent Gareau de Golder. L'inspection annuelle précédente pour les digues du parc à résidus a été effectuée en août 2020, et est rapportée dans le rapport d'évaluation annuelle de la performance de l'installation de 2020² (Golder, 2021c).

L'inspection de 2021 comprenait l'inspection des digues du polissage et du parc à résidus :

- Dignes 1A à 1E
- Dignes 2A et 2B
- Dignes 4A et 4B

Ce rapport a été préparé conformément aux lignes directrices de Teck concernant les résidus et les structures de rétention d'eau (Teck, 2019). Les sections qui ne sont plus applicables en raison de la fermeture de l'installation ou de la nature particulière du parc à résidus de Louvicourt ont été identifiées comme « sans objet ». Le lecteur est invité à lire les limites et les utilisations prévues du rapport, à la suite du texte, car elles font partie intégrante du rapport.

1.2 Exigences réglementaires et directives

En plus des exigences de Teck mentionnées ci-dessus, l'EAP a également été réalisée conformément à ce qui suit :

- *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 MDDELCC³ (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.
- *Recommandations de sécurité des barrages* de l'Association canadienne des barrages. Original en date de 2007, révisé en 2013.
- *Application des recommandations de sécurité des barrages aux barrages miniers* de l'Association canadienne des barrages. Original en date de 2014. Révisé en 2019.

L'inspection annuelle du PAR est une exigence du certificat d'autorisation no 7610-08-01-70141-52 émis par le ministère en octobre 2010.

² Le rapport d'évaluation annuelle de la performance comprend les résultats de l'inspection visuelle sur le terrain, du contrôle des instruments et de l'évaluation (ICMM, 2020).

³ MDDELCC désigne le 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 au fil du temps (auparavant MDDEP, actuellement MELCC) et lorsque ces acronymes sont utilisés dans le document, il s'agit de faire référence de façon interchangeable au ministère actuel ou à l'un de ses prédécesseurs.

1.3 Description du parc à résidus

La mine Louvicourt est une mine fermée de métaux de base (principalement du cuivre et du zinc, avec un peu d'or et d'argent) située à environ 20 km à l'est de Val-d'Or, au Québec, au nord de la route 117. Une fiche technique des installations est incluse 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 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 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 Teck (Jonathan Charland et Luc Tellier).

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 affleurements 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 générateurs 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 devenue 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

Les activités d'entretien et de surveillance réalisées en 2021 sont les suivantes :

- Enlèvement des obstructions de castors et contrôle de la population de castors
- Inspections de routine
- Relevé des monuments d'arpentage
- Surveillance des piézomètres, des déversoirs en V et des niveaux d'eau des étangs
- Poursuite de l'intégration du nouveau réseau d'instrumentation (système d'acquisition de données)
- Enlèvement de la végétation et des débris dans les canaux du déversoir actif du bassin de résidus et du bassin de polissage

3.0 DONNÉES CLIMATIQUES ET BILAN HYDRIQUE

3.1 Revue et synthèse des données climatiques

Le Tableau 2 et la Figure 3 résument les données de précipitations mensuelles totales de Val-d'Or pour la période du 1er novembre 2020 au 31 octobre 2021. Les données proviennent des stations climatiques d'Environnement Canada (voir Tableau 1), qui sont situées à environ 15 km du site de la mine. Les données disponibles des stations présentées au Tableau 1 ont été combinées pour former une série temporelle continue sur la période 1951-2021, qui a été utilisée pour l'analyse des précipitations et le bilan hydrique présentés dans cette section.

À des fins de comparaison, les moyennes mensuelles pluriannuelles calculées à partir de l'enregistrement des précipitations combinées sur la période 1951-2021 sont également fournies dans le Tableau 2.

Tableau 1: Informations sur les stations climatiques sélectionnées d'Environnement Canada

Nom de la station, ID	Latitude, Longitude (degrés)	Altitude de la station (m)	Enregistrement des données disponibles	Notes
VAL-D'OR A, 7098600	48,06; -77,79	337,4	1951 - 2021	Station principale depuis 1951
VAL-D'OR, 7098603	48,06; -77,79	338,9	2008 - 2021	Utilisé pour les données manquantes
VAL-D'OR A, 7098605	48,05; -77,78	337,4	2011 - 2021	Utilisé pour les données manquantes

Les précipitations totales sur l'année hydrologique (novembre 2020 à octobre 2021) ont été de 735,9 mm, soit 19 % de moins que la moyenne à long terme de 911,2 mm. Sur la base de l'étude hydrologique consolidée pour le site de Louvicourt (Golder, 2021b), cela correspond à une année de précipitations sèches de 1:25 à 1:50 ans. Les mois de janvier (24,2 mm contre 59,0 mm de moyenne à long terme), avril (23,5 mm contre 59,9 mm de moyenne à long terme) et août (20,0 mm contre 93,3 mm de moyenne à long terme) ont été particulièrement secs.

Tableau 2: Données mensuelles sur les précipitations de novembre 2020 à octobre 2021

Mois - Année	Précipitations totales enregistrées à Val-d'Or (mm) *	Moyenne mensuelle pluriannuelle à Val-d'Or (mm) *	Différence (%) **
Novembre 2020	56,6	81,6	-31%↓
Décembre 2020	92,6	68,1	36%↑
Janvier 2021	24,2	59,0	-59%↓
Février 2021	23,2	47,6	-51%↓
Mars 2021	44,2	56,0	-21%↓
Avril 2021	23,5	59,9	-61%↓
Mai 2021	61,6	70,1	-12%↓
Juin 2021	105,5	89,5	18%↑
Juillet 2021	81,1	99,3	-18%↓
Août 2021	20,0	93,3	-79%↓
Septembre 2021	128,2	102,5	25%↑
Octobre 2021	75,2	84,4	-11%↓
Total sur l'année hydrologique Nov. 2020 - Oct. 2021	735,9	911,2	-24%↓

* : Les valeurs sont basées sur les enregistrements des stations climatiques d'Environnement Canada ID 7098600, ID 7098603, ID et 7098605, de 1951 à 2021.

** : Différence entre les précipitations de l'année en cours à Val-d'Or et les précipitations moyennes pluriannuelles : Différence = $(x - x_{ave}) / x_{ave}$

(↑) (↓) : Précipitations de l'année en cours **supérieures** (inférieures) aux précipitations moyennes pluriannuelles.

3.2 Revue et synthèse du bilan hydrique

Un bilan hydrique du parc à résidus de Louvicourt a été établi sur la base des données climatiques récentes :

- Le ruissellement provenant de la zone externe du bassin versant au PAR a été estimé en utilisant un coefficient de ruissellement annuel moyen constant et volumétrique de 0,42 basé sur l'approche proposée par l'étude hydrologique de Golder (2021b). Cette valeur est basée sur les enregistrements hydrométriques régionaux disponibles, mais n'a pas été vérifiée par des mesures locales. Une étude en cours sur le bilan hydrique a le calibrage du modèle de ruissellement aux enregistrements locaux du niveau d'eau des étangs, mais les résultats de cette étude n'étaient pas disponibles pour la préparation de ce rapport.
- L'évaporation moyenne à long terme des étangs a été calculée à l'aide du modèle de Morton (Morton, 1983), avec les données climatiques historiques des stations climatiques de Val-d'Or (température de l'air, température du point de rosée, précipitations, ensoleillement (1969-1999)) et de Rouyn-Noranda (rayonnement solaire (2000-2016)). Les données de rayonnement solaire de la station climatique de Rouyn-Noranda étaient disponibles jusqu'en 2016 inclusivement; le rayonnement solaire moyen à long terme (1969 à 2016) a été utilisé pour l'année hydrologique 2020/2021.
- Les débits d'exfiltration constants ont été prédits par des analyses d'exfiltration par éléments finis réalisées par Golder (1993) avant la construction. Ils n'ont pas été mis à jour depuis l'étude de 1993. Une analyse révisée des exfiltrations, prévue pour 2022, fournira une estimation révisée des exfiltrations pour les futurs calculs du bilan hydrique.
- Le débit du déversoir est estimé sur la base d'un bilan massique, en supposant des débits nets nuls pour l'installation et aucun volume d'eau s'accumulant au fil du temps dans le bassin.

Le Tableau 3 résume les débits annuels résultant du bilan hydrique pour l'année considérée, à savoir du 1er novembre 2020 au 31 octobre 2021, et pour une année type (conditions climatiques moyennes). Des précipitations plus faibles pour l'année 2020-2021 ont conduit à une estimation plus faible du volume d'eau déversé au déversoir.

Tableau 3: Bilan d'eau du PAR de novembre 2020 à octobre 2021

Composant	Débit d'une année typique (basé sur une année climatique moyenne) (m ³ /an)	Débits de l'année en cours* (m ³ /an)	Écart (%)	Commentaire/Source
Précipitations totales sur le bassin	956 762	772 695	24% ↓	Superficie du bassin = 105 ha Précipitations annuelles moyennes = 911 mm Précipitations de l'année en cours = 736 mm
Ruissellement de surface sur la zone externe du bassin versant	400 309	323 296	24% ↓	Superficie du bassin versant = 104,6 ha ** Coefficient de ruissellement = 0,42
Total des entrées	1 357 071	1 095 991	24% ↓	-
Évaporation de l'étang	666 150	705 453	6% ↑	Basé sur Morton (1983) Évaporation annuelle moyenne du bassin = 634 mm Évaporation de l'étang de l'année en cours = 672 mm
Pertes par exfiltration	362 664	362 664	0%	Sur la base d'une analyse effectuée avant la construction, Golder (1993) Débits d'exfiltration = 41,4 m ³ /h
Décharge du déversoir vers le bassin de polissage	338 257	27 874	1078% ↓	Estimé sur la base du bilan massique
Total des sorties de fonds	1 357 071	1 095 991	24% ↓	-

* L'année en cours s'étend de novembre 2020 à octobre 2021.

** La superficie du bassin versant a été mise à jour dans le rapport hydrologique consolidé de Louvicourt (Golder, 2021b).

(↑) (↓) : Valeur de l'année en cours **supérieure** (inférieure) à la valeur moyenne à long terme.

3.3 Revanche et entreposage

La revanche et l'entreposage sont traités dans la section 5.2.3.

3.4 Volumes de l'eau d'exfiltration

Sur la base d'une analyse du bilan hydrique de haut niveau, on estime que 28 000 m³ d'eau ont été déversés dans le bassin de polissage via 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. (MELCC).

4.0 OBSERVATIONS SUR LE SITE

Une inspection du site a été effectuée les 29 et 30 juillet 2021 par MM. Simon Chapuis, ing. et Laurent Gareau, ing. (EOR) de Golder. Ils étaient accompagnés de Mlle Morgan Lypka, ingénieure en environnement et résidus miniers, et de MM. Jonathan Charland et Luc Tellier, de Teck. La température lors de la visite était d'environ 15°C sous un ciel couvert.

4.1 Observations visuelles

Les observations suivantes ont été faites au cours de cette inspection :

- Le niveau d'eau du bassin de résidus (PAR) était de 316,01 m.
- Le niveau d'eau au bassin de polissage était de 307,20 m.

Digues 1A à 1E

- L'enrochement des bermes amont des digues 1B et 1D, qui a été réparé avec un nouvel enrochement en 2019 (photographie 1), était inchangé par rapport à l'inspection précédente.
- L'enrochement des digues 1A et 1C était inchangé par rapport à l'année dernière (photographie 2). Le remplacement de l'enrochement est prévu pour 2022. Les procédures opérationnelles, y compris une disposition dans le manuel de l'EES pour une inspection événementielle après des événements de vent extrême, sont utilisées pour gérer le risque dans l'intervalle.
- De l'eau stagnante a été observée au pied des digues 1A à 1E aux mêmes endroits que l'an dernier. L'eau semble être stagnante ou présente un très faible débit. L'emplacement des points d'exfiltration actuels et historiques est présenté sur la Figure 1.
- Le déversoir d'urgence situé entre les digues 1D et 1E (désigné comme le deuxième déversoir d'urgence du PAR) était en bon état. La végétation dans le canal aval a été défrichée en 2020 (photographies 3 et 4). Historiquement, la végétation est défrichée tous les deux ans, et le défrichage en 2022 est considéré comme approprié.
- Le pont d'accès à proximité du déversoir du PAR a été réhabilité en 2018 et semble en bon état, bien que les blocs de bordure semblent subir un certain raclage, vraisemblablement par les engins de déneigement (photographie 5). Il est noté que l'état en 2021 est similaire aux conditions en 2020 (pas de dégradation supplémentaire). Si ce problème s'aggrave, il pourrait être conseillé de protéger les blocs de bois avec un revêtement métallique pour améliorer la durabilité.
- L'érosion de la crête était nettement moins prononcée que lors de l'inspection de 2020, et des signes de réparation de l'érosion de la crête ont été observés (photo 6).
- De la végétation est présente à l'extrémité aval des digues 1A, 1B et 1C (photo 7). Il ne s'agit pas d'un problème de stabilité.

Digues 2A et 2B

- De l'eau stagnante et une légère exfiltration ont été observées au pied de la digue 2B, représentant les points d'exfiltration étiquetés 10 à 13, et se rapportant aux déversoirs en V n° 1 et n° 2, présentant un faible débit similaire aux années précédentes (photo 8). L'eau d'exfiltration est claire.
- De l'eau stagnante est observée au pied de la digue 2A (photo 9). L'étendue de la zone affectée semble similaire à celle de 2020; il est à noter que cette zone représente une zone où la topographie naturelle se draine vers le bassin de résidus, de sorte qu'une certaine accumulation à cet endroit est attendue.

- Les ponceaux situés en travers du ruisseau sans nom, juste au nord et à l'ouest du bassin de résidus, dégagés en 2019 ne sont toujours pas affectés par l'activité des castors (photographie 10). Une nouvelle activité limitée des castors a été observée à cet endroit.

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

- La digue 4A est une structure située sur un terrain plus élevé et qui n'est plus en contact avec l'eau. La structure était en bon état et ne présentait aucun signe de tassement, de fissuration, de renflement ou d'autres déformations qui pourraient indiquer des problèmes de performance géotechnique.
- Des arbres continuent d'empiéter sur les pentes latérales et la crête du remblai 4A (photo 11). Ces arbres ne représentent pas un problème d'ordre géotechnique, puisque la structure ne retient pas actuellement l'eau, et n'est pas susceptible de le faire à l'avenir.
- Le déversoir principal de la digue 4B présentait des signes d'accumulation de débris (photo 12), bien qu'il soit généralement en bon état. Un filet d'écoulement passait au-dessus de la structure.
- La zone d'exfiltration à l'épaule nord du déversoir de service de la digue 4B était inchangée par rapport aux inspections des années précédentes (photo 13). Aucune mesure corrective n'est requise. Cependant, cette zone d'exfiltration devrait être surveillée régulièrement, comme les autres zones d'exfiltration sur les digues.
- Le canal d'écoulement entre le déversoir et le canal Parshall contient une végétation importante (photo 14). Cela ne représente pas un problème de performance pour le canal; cependant, une certaine élimination de la végétation pourrait être nécessaire à l'avenir.
- Les ponceaux au point d'effluent final étaient clairs, bien qu'une végétation limitée soit présente en amont de ces ponceaux. Il n'y avait pas de débit significatif dans les ponceaux de sortie.
- La crête de la digue 4B était généralement en bon état et inchangée par rapport à 2020. Les bornes d'arpentage sont visibles. Aucun changement notable n'était visuellement apparent (c'est-à-dire des dommages) sur les monuments d'arpentage.
- L'activité importante des castors avait augmenté l'étendue de l'accumulation d'eau au pied de la digue 4B au moment de l'inspection du site (photo 15). Il est à noter que le blocage par les castors a été retiré par la suite, en octobre 2021 (photo 16).

4.2 Photographies

Les principales photographies de l'inspection sont présentées à l'annexe B, et nombre d'entre elles sont référencées ci-dessus au point 4.1 concernant les observations spécifiques de la partie de l'examen sur le terrain.

4.3 Revue de l'instrumentation et des données

Les informations suivantes étaient disponibles pour cet examen :

- Données de suivi annuel des monuments de l'enquête.
- Enregistrements des inspections visuelles hebdomadaires et mensuelles.
- Mesure du débit aux déversoirs en V et des élévations de la nappe phréatique des piézomètres existants depuis leur installation jusqu'à la fin de l'automne 2021.
- Mesure des niveaux d'eau pour les bassins de résidus et de polissage.

4.3.1 Niveaux d'eau

La Figure 4 présente les niveaux des eaux souterraines pour les remblais du bassin de polissage et du parc à résidus pour un total de huit piézomètres à colonne et 11 piézomètres à corde vibrante installés sur les bermes des trois différents remblais (1, 2 et 4).

Les piézomètres suivants sont situés sur les bermes des remblais du PAR :

- LOU-D1B-VWP-2020-02A (LOWER VWP) et LOU-D1B-VWP-2020-02B (UPPER VWP)
- LOU-D1B-VWP-2020-03
- LOU-D1C-P-2020-04
- LOU-D1C-P-2020-05
- LOU-D1C-VWP-2020-07A (LOWER VWP) et LOU-D1C-VWP-2020-07B (UPPER VWP)
- LOU-D2B-P-2020-09
- LOU-D2B-P-2020-10
- LOU-D2B-VWP-2020-11A (LOWER VWP) et LOU-D2B-VWP-2020-11B (UPPER VWP)
- D2A
- D2B

Les piézomètres suivants sont situés sur les bermes des digues des bassins de polissage :

- LOU-D1D-VWP-2020-08A (LOWER VWP) et LOU-D1D-VWP-2020-08B (UPPER VWP)
- LOU-D4B-VWP-2020-12A (LOWER VWP) et LOU-D4B-VWP-2020-12B (UPPER VWP)
- PZ-02-04
- PZ-04-04

Six autres piézomètres à colonne (PBR-4, PBR-6, PBR-7, PBR-8, PO-06-30, PO-06-31) sont situés sur le terrain naturel, à une certaine distance du pied des digues. La position de ces piézomètres est indiquée sur la Figure 1.

Les données pour 2021 ont été fournies par Teck (Figure 4). Les valeurs récentes sont assez stables pour tous les piézomètres des bornes-fontaines et correspondent aux tendances antérieures; les tendances historiques pour les VWP seront mieux définies dans les années à venir avec davantage de données recueillies.

Le piézomètre PZ-02-04 et les VWP LOU-D1D-VWP-2020-08A et B sont situés dans la berme aval de la digue 1D. Les eaux souterraines à cet endroit correspondent aux exfiltrations à travers la digue 1D et s'écoulent vers le bassin de polissage. Il est donc normal que la ligne de tendance de ce puits soit légèrement supérieure au niveau de l'étang de polissage.

Teck mesure les niveaux d'eau des bassins du BST et des bassins de polissage à l'aide de jauges installées près des déversoirs opérationnels. Les mesures sont effectuées chaque semaine et se limitent généralement à la saison des eaux libres (il est plus difficile d'obtenir des lectures précises du débit tout au long de l'hiver avec l'accumulation de glace et la couverture de glace). Pour l'hiver 2020/2021, les mesures se sont arrêtées le 21 décembre 2020 et ont repris le 6 avril 2021. Les mesures se sont arrêtées le 25 novembre 2021 au début de l'hiver 2021/2022. Les données sont présentées dans les Figures 9 et 10 et sont décrites dans la section 5.2.3. En outre, il est noté que plusieurs mesures sont soit clairement erronées (le niveau d'eau du bassin PAR le 7

septembre 2021 est de 315,8 m, soit 0,82 m en dessous de la valeur de la semaine précédente et 0,90 m en dessous de la valeur de la semaine suivante - toutes les valeurs sont en dessous du radier du déversoir) ou potentiellement erronées (6 mesures avec des baisses de niveau d'eau du bassin de 0,07 à 0,22 m en une semaine lorsque le niveau d'eau est en dessous du radier du déversoir - la plupart de ces baisses sont difficiles à expliquer en utilisant la compréhension actuelle des pertes par évaporation et par exfiltration). Golder recommande à Teck de mettre en œuvre un système d'assurance et de contrôle de la qualité des mesures du niveau d'eau du bassin, de sorte que les erreurs de lecture ou de frappe soient rapidement détectées; si la lecture inhabituelle est confirmée, des observations pourraient être ajoutées pour l'expliquer.

4.3.2 Déplacements

Une série de 15 bornes de surveillance des déplacements existe le long de la crête et des bermes des digues du PAR et quatre bornes supplémentaires sont situées le long de la digue 4B du bassin de polissage. Certaines de ces bornes ont été installées après la construction de 1993 et sont identifiées B-1 à B-11 à l'annexe C et SP-1 à SP-11 à la Figure 1. D'autres bornes, identifiées comme SP-11-1 à SP-11-8 dans la Figure 1 et comme 2011-1 à 2011-8 dans l'annexe C, ont été installées en septembre et octobre 2011. Toutes les bornes ont été arpentées entre le 26 et le 28 octobre 2021 par Corriveau J.L. & Assoc. (Corriveau), un arpenteur-géomètre basé à Val-d'Or. Le rapport détaillé de Corriveau est présenté à l'annexe C. L'étude annuelle comprend un relevé par station totale et un relevé par GPS différentiel des points de surveillance. Le Tableau 4 présente le déplacement horizontal et le tassement total de tous les monuments basés respectivement sur un relevé GPS différentiel et un relevé par station totale. La précision annoncée de ces résultats est de 10 mm pour les déplacements horizontaux et de 2 mm pour les déplacements verticaux (tassements).

Tableau 4: Tassement et déplacement horizontal

Monument	Année d'installation	Mouvements horizontaux (totaux)		Tassement (nombres négatifs = vers le haut)		
		Depuis l'installation jusqu'en 2020	Depuis l'installation jusqu'en 2021	Depuis l'installation jusqu'en 2020	2020-2021	Depuis l'installation jusqu'à présent
Dam 1D (crête)						
B-1 (SP-1)	2008	4 mm	7 mm	1 mm	0 mm	1 mm
B-2 (SP-2)	2008	16 mm	21 mm	28 mm	3 mm	31 mm
B-3 (SP-3)	2008	7 mm	7 mm	2 mm	1 mm	3 mm
Digue 1D (berme)						
2011-2 (SP-11-2)	2011	11 mm	2 mm	16 mm	0 mm	16 mm
Dam 1C (crête)						
B-4 (SP-4)	2008	14 mm	8 mm	0 mm	-1 mm	-1 mm
B-5 (SP-5)	2008	11 mm	6 mm	-1 mm	-1 mm	-2 mm
Digue 1C (berme)						
2011-8 (SP-11-8)	2011	10 mm	12 mm	11 mm	0 mm	11 mm
Digue 1B (crête)						
B-6 (SP-6)	2008	10 mm	6 mm	0 mm	-1 mm	-1 mm
Digue 1A (crête)						
B-7 (SP-7)	2008	6 mm	1 mm	-23 mm	-3 mm	-26 mm
Digue 2B (crête)						
B-8 (SP-8)	2008	4 mm	7 mm	1 mm	-3 mm	-2 mm
B-9 (SP-9)	2008	6 mm	8 mm	3 mm	-3 mm	0 mm
B-10 (SP-10)	2008	12 mm	18 mm	-7 mm	-3 mm	-10 mm
Digue 2B (berme)						
B-11 (SP-11)	2011	1 mm	4 mm	12 mm	-2 mm	10 mm
2011-6 (SP-11-6)	2011	8 mm	11 mm	18 mm	-3 mm	15 mm
2011-7 (SP-11-7)	2011	17 mm	9 mm	-11 mm	-2 mm	-13 mm
Dam 4B (crête)						
2011-1 (SP-11-1)	2011	13 mm	20 mm	22 mm	2 mm	24 mm
2011-3 (SP-11-3)	2011	8 mm	10 mm	31 mm	-2 mm	29 mm
2011-4 (SP-11-4)	2011	10 mm	13 mm	6 mm	-1 mm	5 mm
Digue 4B (berme)						
2011-5 (SP-11-5)	2011	1 mm	11 mm	15 mm	-2 mm	13 mm

4.3.2.1 Tassements

Depuis l'année précédente, les données verticales montrent que 8 monuments ont indiqué des mouvements verticaux mineurs de +/- 1 mm ou moins et 11 monuments avaient des mouvements verticaux de +/- 3 mm ou moins (ce qui correspond à la précision d'arpentage déclarée). Tous les monuments montrent un tassement total depuis l'installation de 31 mm ou moins, bien que l'enregistrement des données d'enquête suggère un modèle de tassement mineur continu dans certains instruments. Pour mieux évaluer les données de tassement, des tracés de tassement historique ont été préparés aux Figures 5 à 7.

Ces données permettent de formuler les observations générales suivantes :

- SP-2 (crête), situé dans la partie centrale de la digue 1D, montre le déplacement total maximum vers le bas le long de la digue 1, c'est-à-dire, 31 mm, et un mouvement incrémentiel de 3 mm par rapport à 2020. Ce point de tassement montre un déplacement mineur constant vers le bas. Depuis 2014, cette plaque a montré un taux de tassement entre 1 et 3 mm par an.
- Le point SP-11-6 (berme), situé au centre de la moitié sud de la digue 2B, présente le déplacement total maximal vers le bas le long de la digue 2, c'est-à-dire 15 mm. Ce point de tassement ne présente pas de tendance au déplacement vers le bas d'une année à l'autre.
- SP-11-3 (crête), situé dans la partie centre-nord de la digue 4B, présente le déplacement total vers le bas maximal le long de la digue 4, soit 29 mm. Ce point de tassement montre un déplacement vers le bas stabilisé depuis l'année 2018.
- Trois des quatre points de surveillance de la digue 4 montrent des taux similaires de mouvements verticaux au cours des dernières années. Le taux et le mouvement total sont faibles, et ne sont pas accompagnés d'un mouvement horizontal important.

Les données suggèrent qu'un tassement de consolidation mineur peut se produire dans les fondations des remblais 1D et 4B. Ces digues ont la plus grande épaisseur d'argiles et de silts de fondation, qui sont sensibles à la consolidation secondaire. Les tassements de consolidation sont normaux sous les remblais. Les valeurs de tassement mesurées ne représentent pas un problème de sécurité pour les digues, mais la surveillance annuelle doit se poursuivre.

4.3.2.2 Déplacements latéraux

Le Tableau 4 ci-dessus présente un résumé du tassement total et du déplacement horizontal (latéral) 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 du point 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 bornes 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 indiquer une déformation latérale.

Les tracés du point d'origine à l'annexe D montrent que les instruments de sondage ont présenté des mouvements horizontaux dans la plage de la variabilité annuelle et, dans tous les cas, inférieurs ou égaux à 9 mm de 2020 à 2021. L'instrument, qui a montré le plus grand mouvement horizontal incrémentiel, 9 mm pour SP-11-2 à la digue 1D, était vers l'origine (c'est-à-dire que le point du relevé se rapproche de son point d'installation initial). Les déplacements horizontaux totaux depuis l'installation sont inférieurs ou égaux à 21 mm.

La digue 1D, entre le PAR et le bassin de polissage, présente les plus grands déplacements totaux (tassement, et horizontal vers l'est), dans sa partie centrale, par rapport aux autres digues. Cependant, les déplacements au niveau de la digue 1D restent faibles.

Dans l'ensemble, les mouvements observés sont faibles et n'indiquent pas une progression latérale continue, ce qui indique qu'il n'y a pas de mouvement significatif du remblai. Les mouvements observés ne constituent pas un problème d'ordre géotechnique.

Les valeurs mesurées du déplacement latéral ne représentent pas un problème de sécurité de la digue, mais la surveillance annuelle doit se poursuivre.

4.3.3 Débits d'exfiltration

Les débits d'exfiltration sont mesurés par une série de 4 déversoirs en V qui ont été installés au pied des digues entre 1997 et 2003. Le Tableau 5 présente les débits mesurés aux déversoirs à encoche en V tels que fournis par Teck en 2021.

Tableau 5: Débits mesurés aux déversoirs à encoche en V et taux d'exfiltration estimés en 2021

Localisation	Digue	Débit (mesures ponctuelles)
Déversoir en V n° 1	2B	0,1 - 0,3 L/s (fourni par Teck). L'eau était claire
Déversoir en V n° 2	2B	0,3 - 1,0 L/s (fourni par Teck). L'eau était claire
Déversoir en V n° 3	1A	0,1 - 0,6 L/s (fourni par Teck). L'eau était claire
Déversoir en V n° 4	1C	0,1 - 2,2 L/s (fourni par Teck). L'eau était claire

La Figure 8 montre la tendance historique des mesures de débit d'exfiltration à ces déversoirs à encoche en V depuis leur installation. La figure indique que les débits d'exfiltration mesurés en 2021 étaient généralement conformes aux tendances historiques précédentes. Les débits d'exfiltration mesurés en 2021 étaient également du même ordre que ceux mesurés en 2020.

Le déversoir en V n° 4, située à environ 70 m au nord de la jonction des digues 1C, 1D et 4B, présente toujours les débits les plus élevés, comme les années précédentes.

La somme des débits mesurables reflète à la fois les exfiltrations de la digue et le ruissellement des eaux de surface dû aux événements pluvieux. Les pics indiqués sur la Figure 8 reflètent probablement les impacts du ruissellement de surface, tandis que les valeurs limites inférieures représentent plus probablement les débits de base dérivés principalement des exfiltrations. La limite inférieure (0 à 1,5 L/s) et la limite supérieure (1,5 à 3,3 L/s) sont inférieures au taux d'exfiltration prévu dans les études de conception de 1993 et tel que supposé dans le bilan hydrique (11,5 L/s), ce qui suggère que le bilan hydrique peut surestimer les pertes par exfiltration. Les taux d'exfiltration restent faibles et aucun modèle d'augmentation du débit d'exfiltration n'est discernable. Ceci est donc considéré comme étant dans la gamme attendue et n'indique pas un problème de sécurité de la digue.

Les autres points d'observation historique d'exfiltration relevés lors des inspections annuelles du parc à résidus sont identifiés par les emplacements 1 à 18 et illustrés à la Figure 1.

4.4 Qualité de l'eau du bassin de polissage et des exfiltrations

La qualité des rejets d'eau est présentée dans le Suivi environnemental post-restauration de Louvicourt soumis dans les 90 jours suivant le début de chaque année au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MELCC).

4.5 Formulaires d'inspection du site

Les formulaires d'inspection de routine remplis par le personnel de terrain du site ont été revus par l'EOR. Aucun problème de performance significatif n'a été identifié sur les structures dans le cadre des inspections régulières.

5.0 ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ DES DIGUES

5.1 Révision de la conception de référence

5.1.1 Généralités

Les digues 1A à 1E, et 2A et 2B sont constituées d'un noyau de till avec des épaulements en enrochement/sable et gravier, une zone de filtration le long de la face aval du noyau et un drain le long de la base de la digue. Un géotextile a été placé sous les épaulements et la couche de protection en enrochement. La hauteur de la digue varie le long de l'alignement et va de quelques mètres près des culées jusqu'à environ 18 m dans les vallées plus profondes des digues 1 et 2. Les faces supérieures amont et aval sont typiquement inclinées à 2,5H à 1V et 2H à 1V respectivement, avec des bermes de stabilité amont et aval construites à peu près à mi-hauteur des digues dans les sections de vallée plus profondes. Les bermes de stabilité réduisent la pente globale entre 3,5H:1 et 7H:1V.

Le niveau du bassin du parc à résidus est contrôlé par un déversoir en béton situé à l'appui sud de la digue 1E. Des poutrelles étaient initialement utilisées pendant l'exploitation de la mine pour contrôler le niveau du bassin. Ces poutrelles ont été remplacées après la fermeture par du béton de masse pour former le déversoir à la hauteur de 316,1 m, y compris un supplément de 0,1 m fourni par une planche de bois. Les afflux de crues dans le parc à résidus pouvaient être acheminés par un déversoir en béton de 5 m de large situé à côté du déversoir de surverse et fixé à la cote 316,3 m (appelé déversoir de secours). En cas de blocage du déversoir et du premier déversoir d'urgence, les débits entrants seraient acheminés passivement par un second déversoir d'urgence situé à environ 170 m au nord du déversoir en béton. Le déversoir d'urgence a un seul seuil en béton de forme trapézoïdale de 5 m de large à la hauteur de 316,5 m avec des pentes latérales de 2H:1V. Tous les débits passant par le déversoir de trop-plein et l'un ou l'autre des déversoirs se dirigent vers le bassin de polissage en aval.

Le bassin de polissage a été construit à l'automne 1995 et achevé au printemps 1996. La conception de la digue 4B est similaire à celle des digues 1 et 2. La digue 4A est construite sur un terrain plus élevé et ne retient actuellement pas d'eau - elle a été conçue pour fournir une revanche adéquate pendant les opérations, lorsque le bassin de polissage était exploité à une élévation d'eau beaucoup plus élevée. L'écoulement de l'étang de polissage passe par des poutrelles en aluminium encastrées dans une structure en béton. Le niveau d'eau est actuellement contrôlé à la hauteur de 307,2 m.

Les informations concernant la géologie, la stratigraphie et les conditions des eaux souterraines sont présentées dans le rapport de conception de Golder (Golder 1993). Le parc à résidus n'a pas été rehaussé depuis sa construction initiale. Plus récemment, en janvier 2020, une campagne d'instrumentation géotechnique incluant des forages a permis de recueillir des informations supplémentaires sur les conditions géotechniques du site (Golder, 2021a). Golder a également préparé en 2020 une étude sur la caractérisation des matériaux de fondation du PAR (Golder, 2020b) basée sur le rapport de conception de Golder (Golder 1993), pour aider à consolider les informations de conception originales et évaluer les modes de défaillance potentiels des fondations et les évaluations en cours pour le PAR.

Des inspections de routine ont été effectuées depuis la fermeture en 2005. Les inspections mensuelles sont réalisées en marchant sur la crête des digues, tandis que les inspections hebdomadaires sont effectuées en conduisant sur la crête des digues à faible vitesse et en inspectant les déversoirs. Des caméras ont été installées sur les deux déversoirs, et les photos sont examinées régulièrement. Il est à noter que la caméra du déversoir du PAR a été vandalisée en 2021 et n'a pas produit de photos pendant une période prolongée; des inspections hebdomadaires et mensuelles ont été réalisées pour atténuer cet effet.

L'inspection du parc à résidus dans le cadre du rapport de performance des installations est effectuée chaque année, et l'examen de la sécurité des digues (DSR) est effectué tous les 5 ans, conformément aux recommandations de l'ACB et aux directives de l'entreprise Teck. L'inspection du site pour le DSR 2021 a été effectuée en même temps que l'inspection du site pour le rapport annuel de performance des installations.

5.1.2 Digues du bassin de résidus (digues 1 et 2)

La longueur combinée des cinq segments de la digue 1 est de 1 650 m. La digue 1 a 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 2 a une hauteur moyenne de 10 m et une hauteur maximale de 18 m. Une coupe transversale typique des digues est présentée à la Figure 2. Les crêtes des digues dans la partie centrale de la digue 1D et une partie de la digue 2B ont été construites intentionnellement 1 m plus haut que l'élévation de conception pour compenser le tassement anticipé à ces endroits.

Des piézomètres à corde vibrante et un inclinomètre ont été utilisés pour surveiller le comportement de la digue pendant la construction et peu après. Ces instruments ne sont plus opérationnels. L'instrumentation actuelle des digues des bassins de résidus consiste en 4 piézomètres, 2 chaînes de thermistances, 4 déversoirs à encoche en V et 15 bornes d'arpentage. D'autres puits d'observation (5) sont situés plus en aval des digues et sont utilisés pour surveiller la qualité de l'eau. L'emplacement des instruments est indiqué sur la Figure 1.

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 307,2 m depuis. La conception de la digue 4B est semblable à celle des digues 1 et 2.

L'instrumentation actuelle du bassin de polissage consiste en un puits d'observation et quatre bornes d'arpentage situées sur la crête et la berme de pied de la digue. L'emplacement des instruments est illustré à la Figure 1. De nouveaux instruments (piézomètres à corde vibrante) sont en cours d'installation pour compléter le réseau de surveillance de l'ouvrage.

5.1.4 Paramètres de conception des digues

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

Tableau 6: Géométrie de la conception

Élément	Valeur de conception
Pente amont	2,5 H:1V
Largeur de la crête	8 m
Pente en aval	2.0 H:1V (inter-bancs, sans tenir compte des bermes en aval)
Revanche minimum (à partir de la crête de la digue)	2,0 m au bassin de résidus 1,5 m au niveau du bassin de polissage

Élément	Valeur de conception
Niveau maximal des résidus (sous la crête de la digue)	3,0 m
Élévation minimale de la crête des digues 1 et 2 au PAR	318,0 m avec des 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 du parc à résidus sont situées dans une vallée 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.

Les études géotechniques indiquent que les conditions de subsurface sur le site comprennent généralement les 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.
- Couche de till glaciaire basale, généralement composée de silt et de sable silteux/graveleux, dans un état compact à dense.
- Le substratum rocheux est constitué 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 avec 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.

Des propriétés de matériaux mises à jour pour les résidus, les matériaux de remblai et les matériaux de subsurface ont été utilisées dans le RQV 2005 (SNC-Lavalin, 2005). Ces propriétés de matériaux sont énumérées au Tableau 7.

Tableau 7: Propriétés des matériaux de conception actualisés (SNC-Lavalin, 2005)

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

* Poids volumique saturé.

Sur la base d'une réévaluation de la densité des résidus (Golder 2018b), le poids unitaire saturé des résidus a été révisé à 21,3 kN/m³. Les analyses de stabilité ont confirmé que ce changement a entraîné une réduction nominale des facteurs de sécurité calculés.

5.1.7 Sismicité

L'évaluation la plus récente des valeurs de sismicité du site a été effectuée par Golder en 2019 (Golder, 2019a), et des mesures de la vitesse des ondes de cisaillement sismiques spécifiques au site ont été obtenues en 2021. Les évaluations étaient fondées sur la version 2015 du Code national du bâtiment du Canada. Les accélérations maximales du sol (AMS) prédites sur la roche dure (classe de sol A) à la période de retour correspondante sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 8: Valeurs du risque sismique du site provenant de l'évaluation du risque sismique spécifique au site (Golder, 2019a)

Structure	Période de retour (années)	AMS ¹ (g)
Digues du bassin du PAR	1 sur 10 000	0,127
Digue du bassin de polissage	1 sur 2 475	0,065

Remarque :¹ Pour le sol Classe de site A : fondation en roche dure.

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'EAP, les principaux risques et modes de défaillance ont été identifiés et évalués.

Cette section passe en revue les implications pour la sécurité des digues découlant des données d'instrumentation et des observations du site du 29 juillet 2021 à l'égard des modes de rupture potentiels. La base de conception pour chacun des modes de rupture potentielle 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 (base)

Les différentes granulométries nécessaires pour respecter les critères filtres ont été établies par Golder lors de la phase initiale de conception des structures (Golder, 1993). La conception initiale a considéré les critères filtres 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 performances observées

La position des déversoirs en V et les emplacements des exfiltrations sont indiqués sur la Figure 1. Le Tableau 5 présente les débits mesurés. L'eau s'écoulant des drains de pied, des points d'exfiltration et des déversoirs à encoche en V était claire et ne contenait pas de particules en suspension visibles. Les débits étaient généralement faibles et correspondaient aux valeurs attendues. Des déversoirs à encoche en V supplémentaires sont envisagés pour augmenter le réseau de surveillance.

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.

Études prévues et en cours

Des études visant à éliminer ce risque en tant que mode de défaillance crédible pour l'installation sont en cours ou prévues et comprennent :

- Examen des documents de construction historiques pour évaluer la compatibilité des filtres entre les sols naturels et les matériaux de construction.
- Suivi piézométrique pour mesurer les gradients dans les transitions d'érosion potentielles.
- Modélisation des exfiltrations pour valider les gradients mesurés.
- Évaluation des effets potentiels du gel sur l'intégrité du noyau.

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 pseudostatique. 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 1 D. 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 pseudostatique. 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 (ébauche en cours de révision). En outre, des instruments supplémentaires sont en cours d'installation pour valider les hypothèses piézométriques des analyses. Il y a également des travaux en cours qui doivent être conclus en même temps que les travaux sur les risques sismiques spécifiques au site en utilisant la modélisation contrainte-déformation qui est l'état de la pratique pour traiter les charges non drainées et les matériaux susceptibles de liquéfaction. Ces travaux devraient être terminés d'ici 2022.

Instrumentation de monuments d'arpentage

L'analyse détaillée des données de suivi est incluse dans la section 4.3.

Les Recommandations de sécurité des barrages de l'ACB (ACB 2013) suggèrent l'utilisation d'instruments sur les digues pour compléter l'évaluation visuelle continue de la performance de la digue par rapport aux modes de défaillance potentiels. La section 4.3.2 présente un résumé des tassements et des mouvements horizontaux mesurés et observés au PAR.

Les mouvements horizontaux et verticaux des monuments répertoriés au Tableau 4 restent relativement limités. Quelques tendances et observations ont été remarquées et sont commentées ci-dessous :

- Les monuments présentent des mouvements avec des amplitudes similaires à l'évaluation de 2020.
- Les tassements incrémentaux (2020 à 2021) étaient généralement inférieurs à 3 mm (ce qui correspond à la précision de l'étude). Le tassement incrémental maximal était de 3 mm pour un instrument (SP-2) situé sur la crête de la digue 1D.
- Les SP-11-1, SP-11-3 et SP-11-5 montrent des modèles de tassement annuel égal à quelques millimètres par an. Cependant, il n'y a aucun signe d'accélération des tassements. Les autres monuments étudiés présentent des tassements totaux qui se sont stabilisés ou qui sont variables (petits mouvements de haut en bas) au fil des ans.
- Le mouvement total le plus important (tassement de 31 mm, depuis l'année 2008) se produit à la SP-2 située sur la digue 1D. L'ampleur des déformations indiquées par les instruments de surveillance est dans les limites acceptées et ne présente pas de problème de sécurité pour la digue, mais justifie une surveillance continue comme meilleure pratique.
- Aucun des points de suivi ne présente de mouvements horizontaux indiquant des mouvements de masse des bermes.

Performance observée

On a signalé le développement de fissures longitudinales le long de la crête de la digue 1 au cours des dernières saisons hivernales. Une observation générale a été que l'importance des fissures de la crête en 2019, 2020 et 2021 était moins prononcée 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 l'enlèvement éolien de la neige sur l'épaule amont de la digue. Aucune preuve du contraire n'a été observée au moment de l'inspection.

Il est probable que la fissuration longitudinale annuelle se poursuivra. Il peut être nécessaire d'entreprendre des investigations pour confirmer qu'il n'y a pas de risque associé à l'intégrité du noyau. Une surveillance continue des fissures est nécessaire.

Études prévues et en cours

Des études visant à éliminer ce risque en tant que mode de défaillance crédible pour l'installation sont en cours ou prévues et comprennent :

- Évaluation de l'aléa sismique spécifique au site et mise à jour de la stabilité sismique et de la susceptibilité à la liquéfaction pour un événement sismique de période de retour de 1:10 000 ans.

5.2.3 Débordement

Conception de référence

Les digues du bassin de résidus et du bassin de polissage ont été conçues à l'origine avec une revanche de 2,0 m et 1,5 m respectivement. Les deux francs-bords sont relatifs à la crête des digues; ils sont inférieurs de 1,0 m par rapport à la crête des noyaux de digue à faible perméabilité. En 2021, la revanche minimum observée par rapport à la crête des digues était de 1,87 m pour les digues des bassins de résidus et de 3,21 m pour les digues des bassins de polissage. Dans les deux cas, les niveaux d'eau élevés étaient 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 au bassin de polissage, la revanche actuelle de 3,15 m est considérée plus que suffisante.

Golder (2021b) a mis à jour les estimations précédentes et a proposé des niveaux d'eau d'inondation extrêmes combinés à la montée des vagues pour trois scénarios distincts :

- Conditions climatiques historiques et avec déversoirs non obstrués.
- Augmentation de 20% de l'intensité des tempêtes de pluie (pour l'impact du changement climatique) et déversoirs non obstrués.
- Augmentation de 20 % de l'intensité des tempêtes de pluie (pour l'impact du changement climatique) et obstruction des déversoirs opérationnels.

Les événements de crue allant d'un événement de 2 ans à la crue maximale probable (événements d'été et deux événements de printemps, selon ACB (2007) ont été étudiés. L'étude a conclu que (tiré et traduit de Golder, 2021) :

- *Dans les conditions climatiques historiques et avec des déversoirs non obstrués, la combinaison du niveau d'eau de la crue maximale probable (CMP), du vent et du déferlement des vagues n'entraînerait le dépassement d'aucune des digues du PAR ou du bassin de polissage pour aucun des scénarios étudiés. Les élévations du noyau des digues du PAR seraient dépassées jusqu'à 0,19 m selon la digue pendant les événements CMP combinés aux effets de la vitesse du vent de 2 ans. Ces dépassements sont inférieurs à l'ampleur des effets du vent, ce qui signifie que les niveaux d'eau maximaux des étangs resteraient, en l'absence des effets du vent, inférieurs aux élévations des noyaux des digues.*
- *Les augmentations de l'intensité des événements de pluie extrêmes dues au changement climatique ont fait augmenter le niveau d'eau maximal pour les différents événements de crue de 0,02 m à 0,13 m pour le bassin du PAR et de 0,04 à 0,29 m pour le bassin de polissage. Les augmentations les plus importantes se produisent lors d'une CMP estivale. Ces augmentations ne changent pas les conclusions du paragraphe précédent, car les résultats n'indiquent aucun débordement de digue. Les dépassements CMP de l'élévation du noyau des digues du PAR augmentent jusqu'à un maximum de 0,31 m, toujours entièrement dû à l'ampleur des effets du vent.*
- *L'obstruction des déversoirs opérationnels a un impact important sur le niveau d'eau maximal calculé :*
 - *Malgré l'obstruction du déversoir opérationnel, aucun débordement de la crête de la digue ne se produirait dans l'un ou l'autre des bassins lors d'événements biennuels, centennaux ou millénaires. Les revanches relatives aux élévations de la crête des digues resteraient supérieures à 0,65 m pour toutes les digues.*
 - *L'effet combiné des événements CMP, des vitesses de vent de 2 ans et de l'obstruction du déversoir opérationnel amènerait le niveau d'eau maximal près des élévations de la crête de la digue, mais aucun dépassement n'a été calculé. Les élévations du noyau de la digue seraient dépassées de 0,9 m, ce qui implique que les niveaux d'eau des étangs dépasseraient les élévations du noyau de la digue au plus fort de l'événement, même sans tenir compte des effets du vent. Ces dépassements seraient limités dans le temps à quelques jours, après quoi le niveau d'eau diminuerait en raison de l'évacuation de l'eau par les déversoirs d'urgence.*

Données d'instrumentation

Le niveau d'eau du bassin de résidus a été mesuré chaque semaine par une jauge du personnel pendant la saison des eaux libres (voir Figure 9). En 2021, les niveaux d'eau enregistrés du bassin ont varié entre 315,9 m (0,2 m sous le radier du déversoir) à la fin du mois d'août et 316,13 m (0,03 m au-dessus du radier du déversoir) pendant le mois de la crue. Il est probable que des niveaux d'eau plus élevés se soient produits pendant les mois de printemps, mais ils n'ont pas été captés par les mesures hebdomadaires. L'année climatique sèche a fait que les niveaux d'eau sont restés sous le radier du déversoir pendant toute la saison ouverte après la crue.

Le niveau d'eau de l'étang de polissage a été mesuré chaque semaine par une jauge du personnel pendant la saison des eaux libres (voir la Figure 10). En 2021, les niveaux d'eau enregistrés variaient entre 307,10 m (0,1 m sous le radier du déversoir) à la fin du mois d'août et 307,29 m (0,09 m au-dessus du radier du déversoir) pendant le mois de la crue. Il est probable que des niveaux d'eau plus élevés se soient produits pendant les mois de printemps, mais ils n'ont pas été captés par les mesures hebdomadaires.

Pour les deux étangs, les niveaux d'eau de 2021 respectaient les francs-bords minimums requis (voir KCB, 2011, et Golder, 2021).

Performance observée

Le niveau d'eau dans le bassin de résidus était de 316,01 m lors de la visite. La revanche au moment de l'inspection du site était supérieure aux exigences minimales de revanche de l'ACB (KCB, 2011) et ne présentait donc pas de problème de sécurité. La présence de trois déversoirs au bassin de résidus et de deux déversoirs au bassin de polissage constitue une atténuation importante du potentiel de débordement.

Études prévues et en cours

Golder (2021b) a déterminé que le bassin d'extraction et le bassin de polissage avaient une capacité suffisante pour laisser passer en toute sécurité la crue maximale probable (CMP), avec une marge de manœuvre importante tant que les déversoirs sont maintenus libres d'obstructions. Teck a fait preuve de diligence dans l'entretien des structures des déversoirs. Dans le cadre des soins actifs de fermeture, on conclut que le débordement n'est pas un mode de défaillance crédible. Les résultats de cette étude seront utilisés pour mettre à jour les TARP liés au niveau des bassins.

5.3 Revue des conditions en aval et en amont

Un blocage important par les castors a été observé en aval de la digue 4B, blocage qui a été retiré peu après l'observation du site. Autrement, aucun changement des conditions générales en aval des bassins de résidus et de polissage n'a été signalé à Golder, et les observations faites dans les zones de pied des digues appuient cette conclusion. Les conditions en amont ne sont rapportées qu'à un bassin versant très limité. Aucune modification des conditions du bassin versant n'a été signalée à Golder.

5.4 Conséquence d'une défaillance

5.4.1 Évaluation des conséquences d'une défaillance

Teck a demandé à Golder d'évaluer la stabilité et la performance physique des diverses structures du PAR et du bassin de polissage dans des conditions de charge extrêmes, à savoir une inondation maximale probable et un événement sismique d'une période de retour de 1:10 000 ans. Ces conditions de chargement de référence seraient applicables à une classification de conséquence extrême - le niveau de conséquence le plus élevé pris en compte dans les directives de l'ACB et dans les publications du GISTM. Si la performance des structures contre les conditions de chargement extrêmes est vérifiée, Teck peut choisir d'arrêter la révision périodique de la

classification des conséquences. Une classification future des conséquences peut être requise si les directives de classification des structures évoluent ou si l'ampleur des événements de charge extrême change.

5.4.2 Revue

Aucun nouvel élément n'est disponible pour appuyer la modification de la classification des digues; toutefois, Teck a demandé à Golder d'évaluer la stabilité et la performance physique des diverses structures du PAR et du bassin de polissage dans des conditions de charge extrêmes, soit une inondation maximale probable et un événement sismique d'une période de retour de 1:10 000 ans. Ces conditions de chargement de référence seraient applicables à une classification de conséquence extrême - le niveau de conséquence le plus élevé pris en compte dans les directives de l'ACB. Si la performance des structures contre les conditions de chargement extrêmes est vérifiée, Teck peut choisir d'interrompre l'examen périodique de la classification des conséquences. Une évaluation future des conséquences pourrait être requise si les directives pour la classification des structures évoluent ou si l'ampleur des événements de chargement extrêmes change, mais comme elles existent actuellement pour guider les critères de conception, Teck n'a plus besoin de ces examens.

5.5 Performance physique

La performance globale du PAR et du bassin de polissage de Louvicourt est bonne. Les observations faites lors de l'inspection sont cohérentes avec une bonne performance géotechnique. L'examen des lectures d'instrumentation présentées à la section 4.3 n'a pas montré de déplacement ou de tassement qui pourrait indiquer une détérioration de la stabilité physique.

La section 4.1 résume les observations faites sur le site et la section 6.4 présente les actions recommandées identifiées en vue de soutenir la performance de l'installation à plus long terme. Il est à considérer que les résultats des analyses de stabilité des digues 1C et 2B doivent être pris en compte dans l'évaluation continue de la performance physique.

5.6 Performance d'exploitation

Le parc à résidus de Louvicourt est fermé et il n'y a aucune activité liée à l'élimination des résidus ni aucune activité régulière liée à l'exploitation des bassins. Des billes d'arrêt sont ajoutées et retirées au déversoir du bassin de polissage au besoin pour contrôler le pH des effluents.

5.7 Révision du manuel EES

Le manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance (EES) du parc à résidus a été mis à jour en mars 2017 (Golder, 2017) avec une mise à jour intermédiaire en 2019, puis en 2020. Une nouvelle version suivant le guide EES 2019 de l'Association minière du Canada (AMC) devrait être achevée au premier trimestre 2022.

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

Un plan de préparation et de réponse aux urgences (EPRP) pour le parc à résidus a été finalisé en 2017. Golder a examiné la version publiée le 22 mars 2019. Le PRPE est considéré comme étant à jour et approprié. Teck a également préparé une ébauche de plan d'intervention d'urgence de la mine (MERP) qui intègre des procédures d'intervention pour les composantes des résidus et du bassin de polissage avec les commentaires de l'EOR, et qui, une fois finalisé, remplacera le PRPE. Le dernier test MERP de l'installation a été effectué en octobre 2021.

6.0 SOMMAIRE ET RECOMMANDATIONS

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

Aucune construction importante n'a eu lieu au PAR ou au bassin de polissage en 2021. Les activités d'entretien et de surveillance réalisées en 2020-2021 sont les suivantes :

- Inspections de routine.
- Arpentage des monuments.
- Enlèvement des débris (activité des castors) dans les canaux des déversoirs actifs du PAR et de l'étang de polissage.
- Suppression du blocage par les castors au nord de la digue 4B.

6.2 Résumé des bilans climatique et hydrique

Les précipitations totales sur l'année hydrologique (novembre 2020 à octobre 2021) ont été de 735,9 mm, soit 19 % de moins que la moyenne à long terme de 911,2 mm. D'après l'étude hydrologique consolidée pour le site de Louvicourt (Golder, 2021b), cela correspond à une année de précipitations sèches de 1:25 ans à 1:50 ans. Les mois de janvier (24,2 mm contre 59,0 mm de moyenne à long terme), avril (23,5 mm contre 59,9 mm de moyenne à long terme) et août (20,0 mm contre 93,3 mm de moyenne à long terme) ont été particulièrement secs.

Sur la base d'une analyse du bilan hydrique de haut niveau, il a été estimé que 28 000 m³ d'eau étaient déversés dans le bassin de polissage via le déversoir opérationnel.

6.3 Résumé de la performance

La performance globale du PAR de Louvicourt et du bassin de polissage est bonne et ne nécessite pas de travaux ou de corrections majeures. Les travaux mineurs à envisager sont résumés à la section 6.4. Toutes les actions recommandées dans la section 6.4 visent à obtenir une bonne performance à long terme ou à améliorer la compréhension globale des problèmes potentiels de stabilité à long terme.

6.4 Tableau des déficiences et des non-conformités

Revue des déficiences et des non-conformités antérieures

On a observé que les digues du bassin de résidus et du bassin de polissage étaient en bon état au moment de la visite du site en 2021. Aucun changement significatif n'a été noté dans l'état des digues depuis l'EAP de 2020. Les déficiences et les non-conformités relevées lors des inspections annuelles et leur état sont présentés au Tableau 9. Le Tableau 10 fournit une description des niveaux de priorité utilisés dans le Tableau 9.

Tableau 9: Statut des actions clés recommandées à la suite de l'inspection de sécurité annuelle des digues

Structure	ID	Défaut ou Non-conformité	Règlement applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
Recommandations précédentes fermées ou remplacées						
Digue 4B	2020-03	Du bois flotté s'est accumulé sur le remblai dans le bassin de polissage.	Manuel EES, section 6.2	Envisagez d'enlever le bois flotté.	4	À considérer dans le cadre des activités d'exploitation et d'entretien. - Achevé.
Recommandations précédentes en cours						

Structure	ID	Défaut ou Non-conformité	Règlement applicable ou référence au manuel EES	Action recommandée	Priorité	Échéance recommandée / statut
Tous	2015-06	Effectuer un examen de la stabilité sismique et du comportement non drainé de la digue.	Directive 019 Section 2.9.3	Effectuer un examen de la stabilité sismique de la digue et du comportement non drainé des sols potentiellement contractants.	4	EN COURS- L'analyse de la stabilité non drainée est terminée, et l'analyse de la déformation est en cours. Q3 2022. Les résultats préliminaires suggèrent que la performance sismique est adéquate.
Digue 4B	2019-02	Des remblais granulaires ont été placés 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 passer la crue de conception. Selon les indications préliminaires, la configuration actuelle ne pose aucun problème de débordement.	2	Analyses terminées; rapport soumis à l'examen de Teck. Aucune mesure corrective ne devrait être nécessaire pour régler ce problème. Peut être fermé immédiatement à la fin de l'examen du rapport.
Digue 1A Digue 1C	2020-01	Le remplacement de l'enrochement sur les pentes intérieures des digues 1A et 1C est nécessaire.	ACB 2013 Section 3.5.3	Placer un nouvel enrochement comme cela a été fait pour les digues 1B et 1D.	3	Prévu pour 2022.
Digue 1D	2020-02	Une végétation de plus grand diamètre (>4 pouces de tronc) est présente sur la berme de stabilité en aval de la digue 1D.	Manuel EES, section 6.2	Envisager l'enlèvement des arbres	4	À considérer dans le cadre des activités d'exploitation et d'entretien.
Recommandations pour 2021						
Déversoir du PAR	2021-01	<i>Activité des castors dans le déversoir opérationnel du PAR.</i>	<i>Manuel EES, section 6.2</i>	<i>Enlevez les débris.</i>	3	<i>Débris enlevés en 2021. Achievé.</i>
Déversoir du PAR	2021-02	L'accès des castors sous le peigne à débris a conduit à une activité accrue dans le déversoir.	Manuel EES, section 6.2	Faire un relevé d'arpentage du peigne à débris et réévaluer la conception et la capacité hydraulique.		L'arpentage a été réalisée; l'analyse des données est en cours.
Digue 4B	2021-03	<i>Blocage important par les castors en aval de la digue 4B.</i>	<i>ACB 2013 Section 3.5.3</i>	<i>Faites appel à un entrepreneur spécialisé dans le contrôle des castors, puis supprimez le blocage.</i>	2	<i>Achevé en 2021.</i>
Digue 1C	2021-04	Pente irrégulière sur la berme de pied de la digue 1C conduisant à une exfiltration préférentielle.	ACB 2013 Section 3.5.3	Réaliser un relevé détaillé de cette zone et utiliser les données pour affiner les analyses de l'intégrité des installations.	3	L'arpentage s'est terminé en 2021. L'analyse des données est en cours.
PAR et bassins de polissage	2021-05	Plusieurs entrées potentiellement erronées dans la base de données des niveaux d'eau des étangs.	ACB 2013 Section 3.6.3	Mettre en place un système AQ/CQ pour la collecte et la saisie des données.	3	Doit être achevé en 2022.

Tableau 10: Priorités et niveaux de risques

Priorité (définie par Teck)	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 : Les catégories de description des priorités sont conformes aux lignes directrices de l'Association minière du Canada (AMC).

7.0 FERMETURE

Nous espérons que ce rapport répond à vos besoins actuels. Si vous avez des questions ou des exigences, veuillez contacter le soussigné.

Golder Associés Ltée

ORIGINAL SIGNÉ PAR :

Simon Chapuis, ing., M.Sc.A.
Chargé de projet

ORIGINAL SIGNÉ PAR :

Laurent Gareau, ing., M.Sc.
Assoicé principal, Ingénieur senior en géotechnique

ORIGINAL SIGNÉ PAR :

Vlad Rojanschi, P.Eng., Ph.D.
Associé, ingénieur principal des ressources en eau

LG/SC/ED/VD/tt

Golder et le logo G sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation.

8.0 RÉFÉRENCES

- ACB (Association canadienne des barrages) 2007. *Lignes directrices sur la sécurité des digues*. Original daté de 2007.
- ACB (Association canadienne des barrages) 2013. *Lignes directrices sur la sécurité des digues*. Version originale datée de 2007, révisée en 2013.
- ACB (Association canadienne des barrages) 2019. *Application des directives de sécurité des digues aux digues miniers*. Bulletin technique. Publié en octobre 2014. Révisé en 2019.
- Environnement Canada (Archives nationales de données et d'informations climatiques d'Environnement Canada). 2019. *Données climatiques de la station 7098603 (Val-d'Or)*. Disponible à l'adresse suivante : http://www.climate.weather.gc.ca/climateData/dailydata_e.html
- ICMM (Conseil International des Mines et Métaux) 2020. *Norme industrielle mondiale sur la gestion des résidus miniers (GISTM)*. Publié en août 2020.
- Golder Associés 1993. *Rapport de conception, Parc à résidus, Projet Louvicourt*, Volumes 1 et 2, projet 921-7025E, janvier 1993.
- Golder Associés 2013. *Évaluation du potentiel de liquéfaction des digues du parc à résidus de la mine Louvicourt, Val-d'Or*, Québec, Canada, projet 12-1118-0045, version préliminaire publiée le 9 juillet 2013.
- Golder Associates 2015. *Site Visit Summary - Louvicourt Tailings Facility, Technical Memo 07-1227-3006-002-TM-Rev0-5200*.
- Golder Associates 2017. *Manuel d'exploitation post-clôture du bassin de résidus de Louvicourt*, projet 1772996, mars 2017.
- Golder Associates 2018a. *Inspection de la sécurité des digues des bassins de résidus et de polissage de Louvicourt 2017*, projet 1775965, mars 2018.
- Golder Associates 2018b. *Mise à jour des critères de conception des résidus pour l'installation de stockage des résidus (ISR) de Louvicourt*, projet 18111951, novembre 2018.
- Golder Associates 2019a. *Évaluation des risques sismiques propres au site*, projet 18110953, version préliminaire publiée en janvier 2019.
- Golder Associates 2019b. *Inspection de la sécurité des digues des bassins de résidus et de polissage de Louvicourt 2018*, projet 18102172, mars 2019.
- Golder Associates 2020a. *Inspection de la sécurité des digues 2019 des bassins de résidus et de polissage de Louvicourt*, projet 19118317, mars 2020.
- Golder Associates 2020b. *PROJET. Examen de la géologie régionale et rapport de caractérisation des fondations*, projet 18111951, novembre 2020.
- Golder Associates 2021a. *ÉBAUCHE. Instrumentation géotechnique - Installation de stockage des résidus et bassin de polissage*, projet 19123222, octobre 2021.
- Golder Associates 2021b. *Rapport hydrologique consolidé. Site de Louvicourt*, projet 18108588, novembre 2021.

Golder Associates 2021c. *Inspection annuelle 2020 du parc à résidus miniers et des bassins de polissage de Louvicourt*, projet 20145710, novembre 2021.

Klohn Crippen Berger 2011 (KCB, 2011). *Louvicourt Tailings Facility 2010 Dam Safety Review, rapport M09682A01*, rapport final, janvier 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 (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), *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec*, novembre 2016.

Association minière du Canada, 2021. *Élaboration d'un manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance des parcs à résidus miniers et des installations de gestion des eaux*. Version 2.1. Mars 2021.

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*, Dossier 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. *Analyse du bris de la digue du parc à résidus, parc à résidus de Louvicourt*, dossier 609461-4H00-40ER-0001, février 2012.

SNC-Lavalin 2015 . *Examen de la sécurité des digues 2015 - Rapport final, parc à résidus de Louvicourt*, dossier 631224-0000-4GER-0001-00, juin 2017.

Teck 2014. *Lignes directrices de Teck pour les structures de retenue des résidus et de l'eau*, Teck Resources Ltd, novembre 2014. Mise à jour en 2019

WSP 2020. *Inspection de la chape de béton et du déversoir*. Teck Resources Limited. Rapport no 191-15652-00 daté du 31 mars 2020.

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 type d'une digue

Figure 3 : Données mensuelles des précipitations de novembre 2020 à octobre 2021

Figure 4 : Élévations de l'eau souterraine dans les puits d'observations et aux piézomètres électriques

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

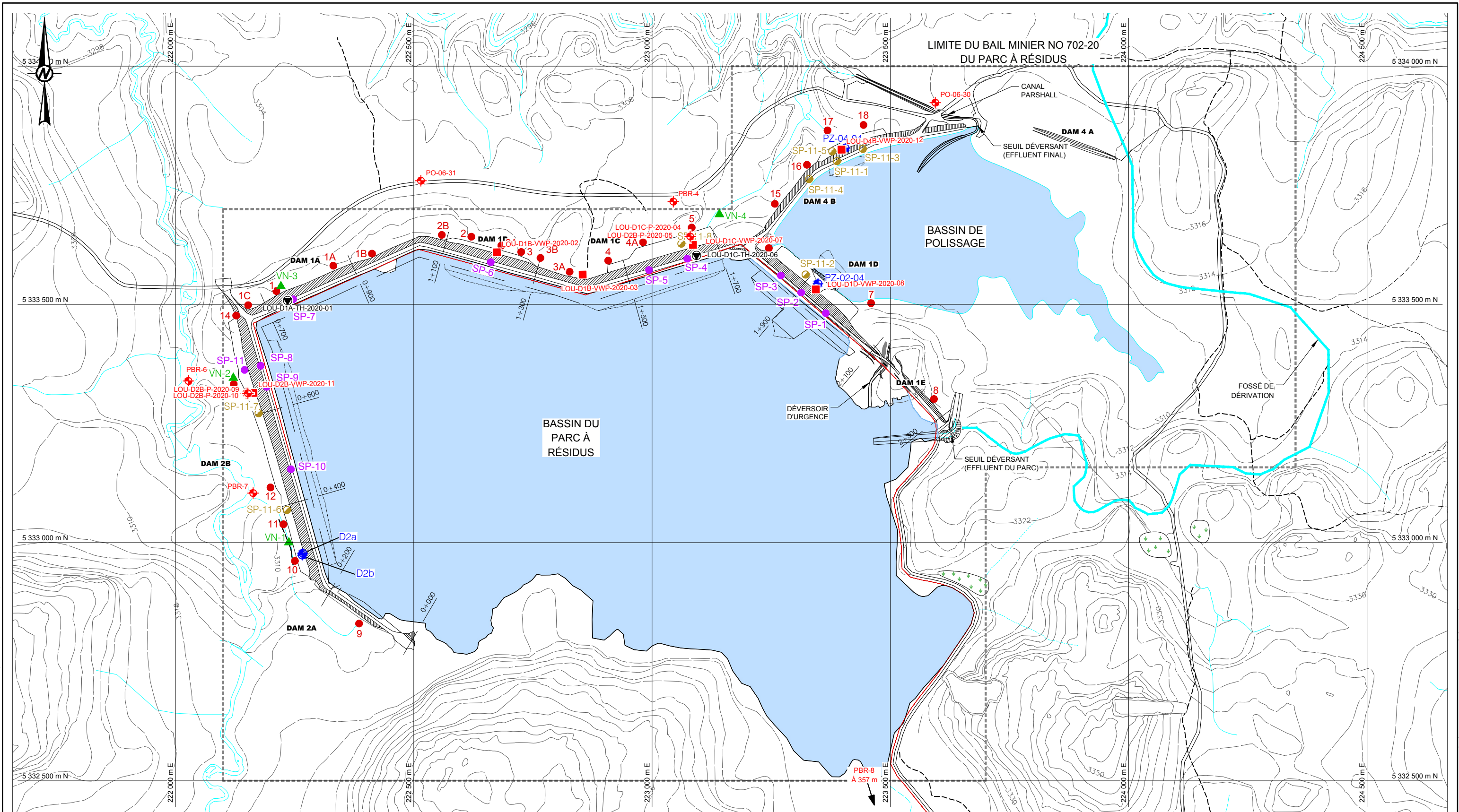
Figure 6 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage de la digue 2

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

Figure 8 : Données historiques des mesures de débit aux déversoirs en V

Figure 9 : Niveaux d'eau du PAR en 2021

Figure 10 : Niveaux d'eau du bassin de polissage en 2021



Chemin: C:\Users\SBETNE~1\AppData\Local\Temp\11A0cPublik_48820_1_Nom du fichier: 21461224-3000-01_FR.dwg | Dernière édition par: sbetnesky | Date: 2022-01-14 | Heure: 6:56:54 AM

LÉGENDE

	PIÉZOMÈTRE		POINT DE MESURE DU TASSEMENT (GOLDER, 2011)
	SEUIL DE MESURE EN V		PUITS D'OBSERVATION
	ZONE D'EXFILTRATION		PIÉZOMÈTRE(S) À CORDE VIBRANTE
	POINT DE MESURE DU TASSEMENT		CHAÎNE DE THERMISTORS



CLIENT
TECK
MINE LOUVICOURT

CONSULTANT



GOLDER
MEMBRE DE WSP

AAAA-MM-JJ	2022-03-21
DESSINÉ	S. Betnesky
PROJETÉ	S. Chapuis
RÉVISÉ	L. Gareau
APPROUVÉ	L. Gareau

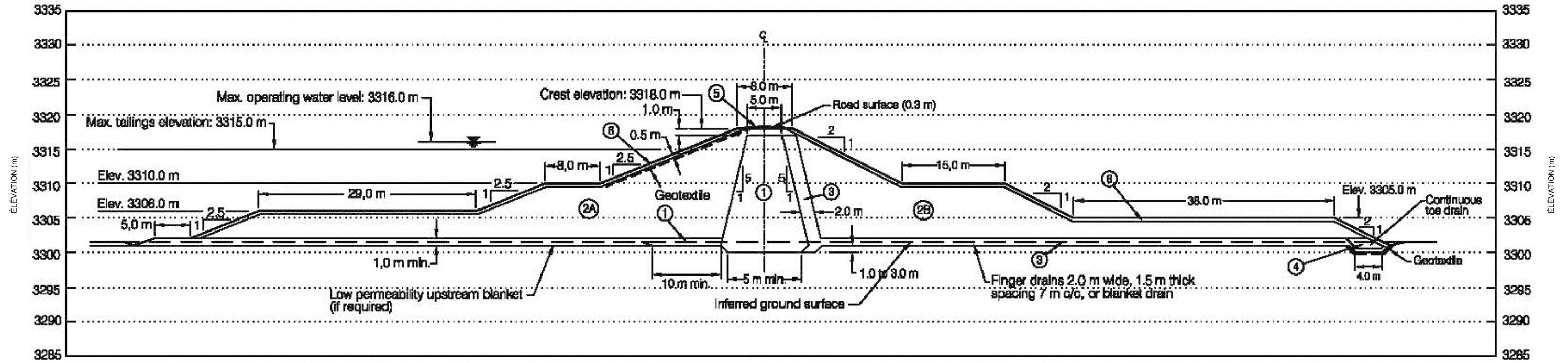
PROJET
PARC À RÉSIDUS ET BASSIN DE POLISSAGE
DE LA MINE LOUVICOURT - INSPECTION ANNUELLE 2021

TITRE
VUE GÉNÉRALE DU SITE DE GESTION DES RÉSIDUS

N° PROJET	PHASE	RÉV.	FIGURE
21461224	3000	0	1

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

Chemin: C:\Users\SBETNE-1\AppData\Local\Temp\11\Ac\Publik_48820 | Nom du fichier: 21461224-3000-01_FR.dwg | Dernière édition par: sbetnesky Date: 2022-01-14 Heures: 09:32 AM | Imprimé par: SBetnesky Date: 2022-01-14 Heures: 06:56 AM



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	2022-03-21
DESSINÉ	S. Betnesky
PROJETÉ	S. Chapuis
RÉVISÉ	L. Gareau
APPROUVÉ	L. Gareau

PROJET
PARC À RÉSIDUS ET BASSIN DE POLISSAGE
DE LA MINE LOUVICOURT - INSPECTION ANNUELLE 2021

TITRE
COUPE TYPE D'UNE DIGUE

N° PROJET	PHASE	RÉV.
21461224	3000	0

FIGURE
2

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

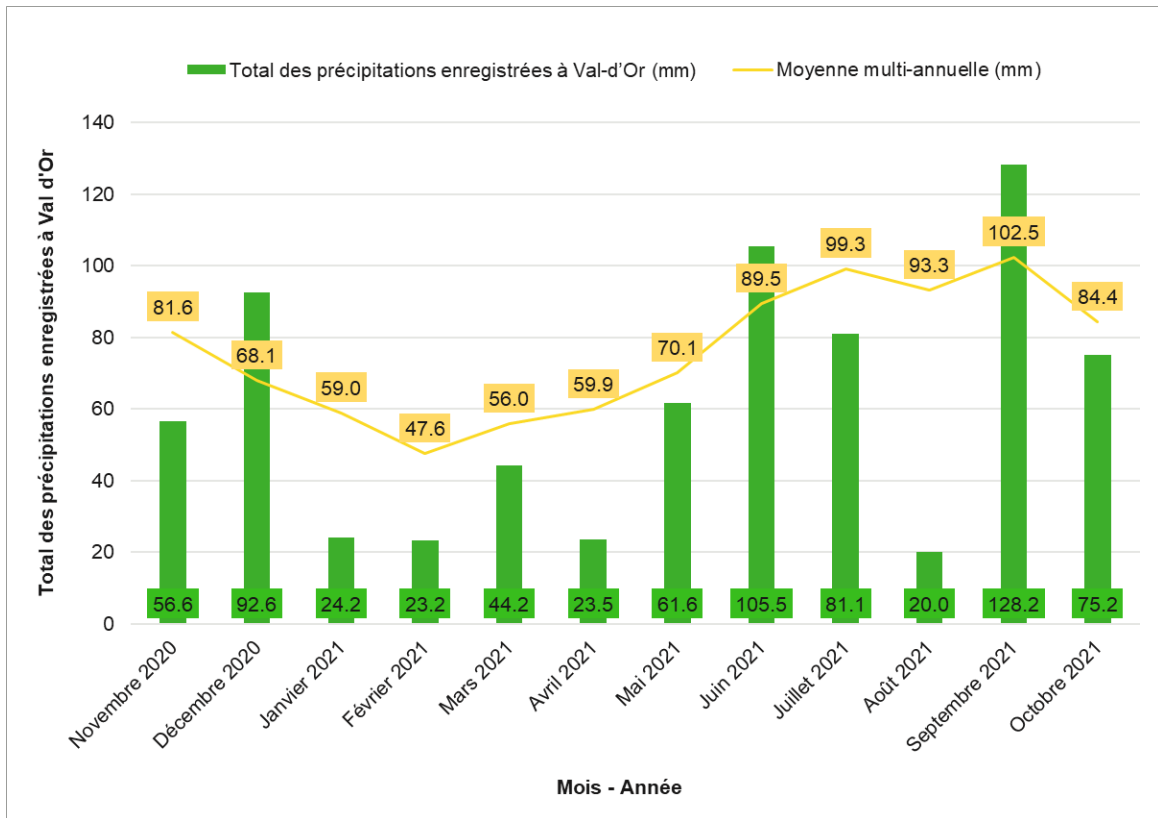
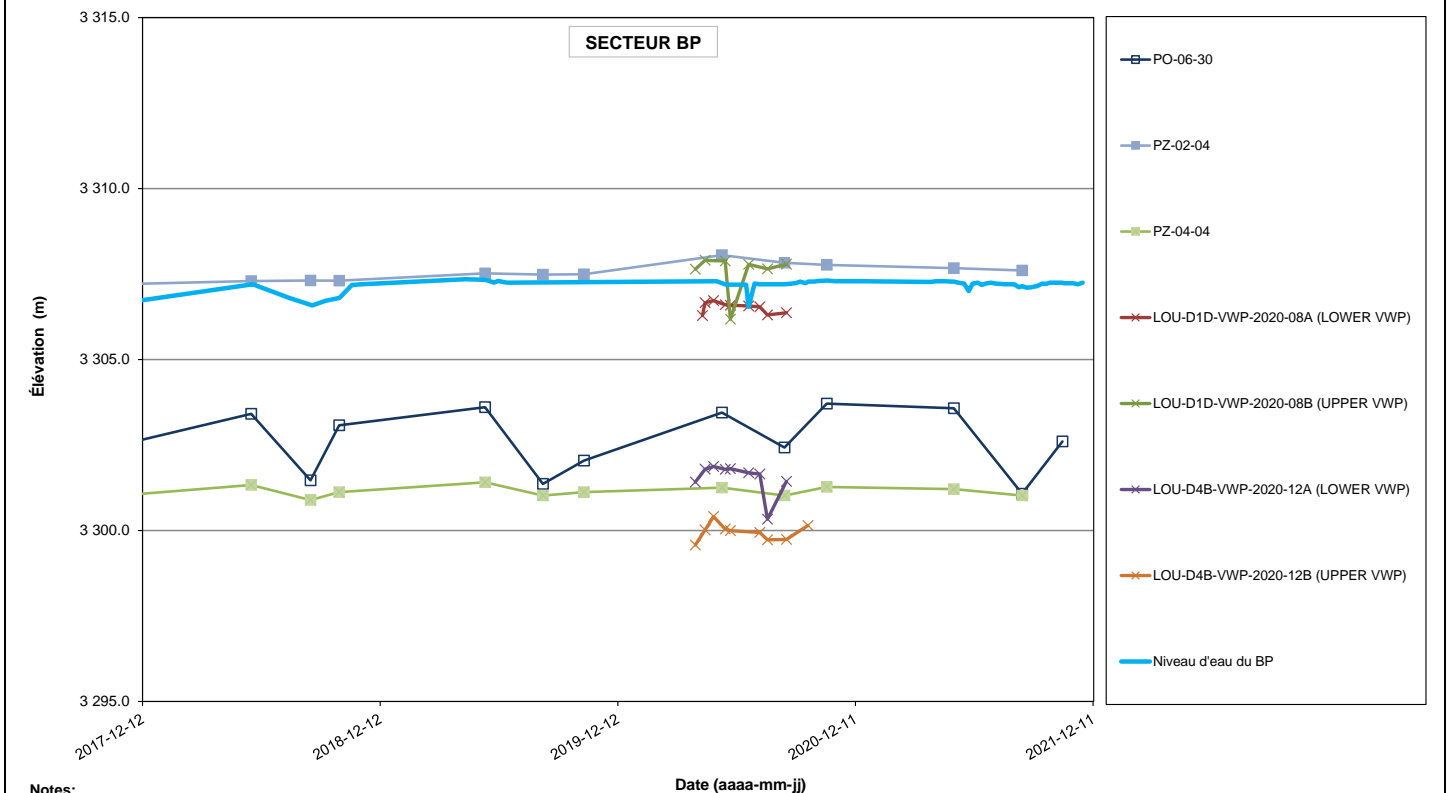
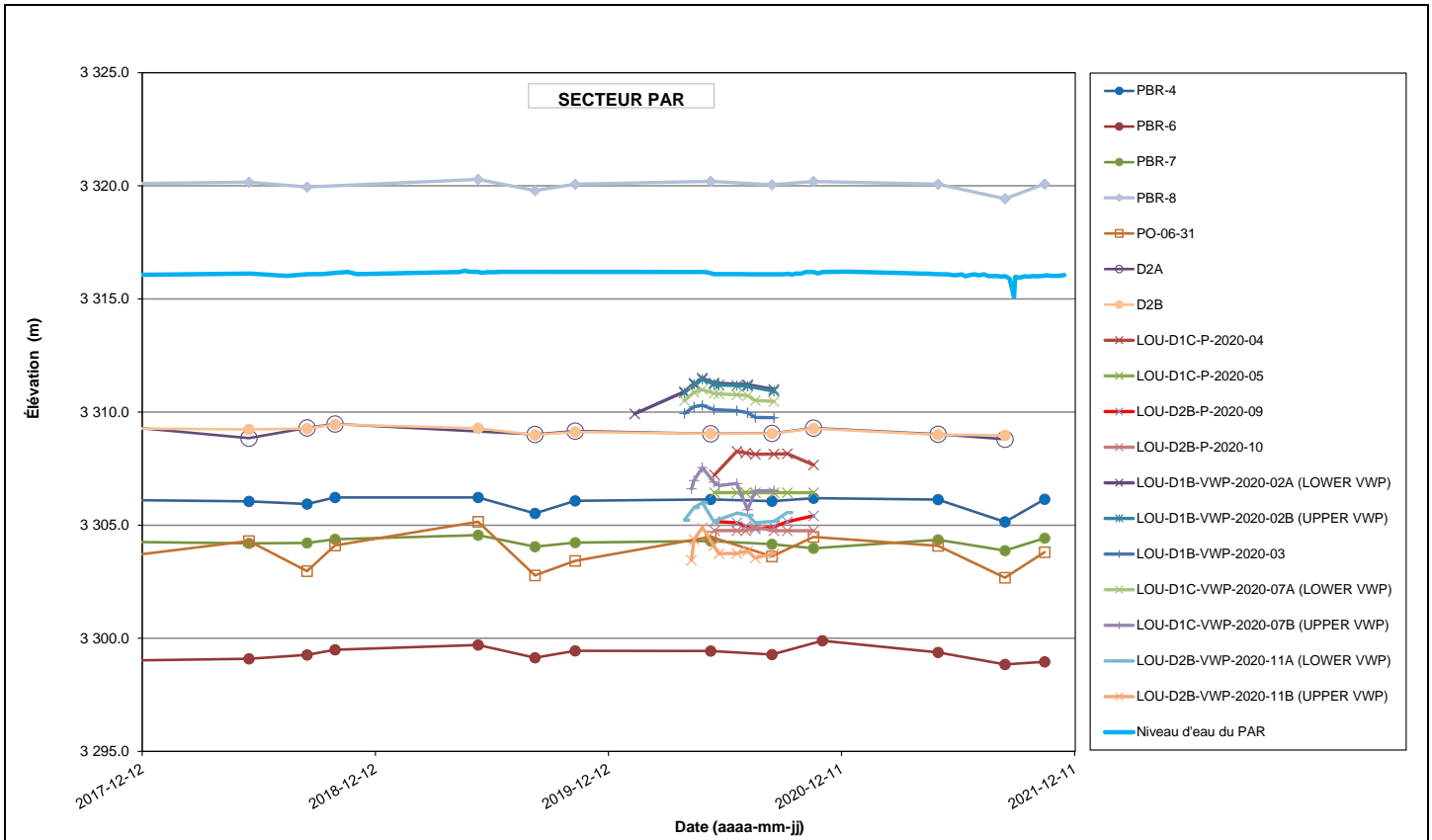


Figure 3: Précipitations mensuelles de novembre 2020 à octobre 2021



Notes:

PAR : Parc à résidus miniers de la Mine Louvicourt
 BP : Bassin de polissage au parc à résidus miniers (PAR) de la Mine Louvicourt
 PBR-8 : Le puits est situé en amont hydraulique du parc à résidus

INSPECTION ANNUELLE 2021	Élévations de l'eau souterraine dans les puits d'observations et aux piézomètres électriques (fournies par Teck)	
Louvicourt PAR Teck Resources Ltd	PROJET NO.	21461224-3000
	REV	0
	FIGURE	4

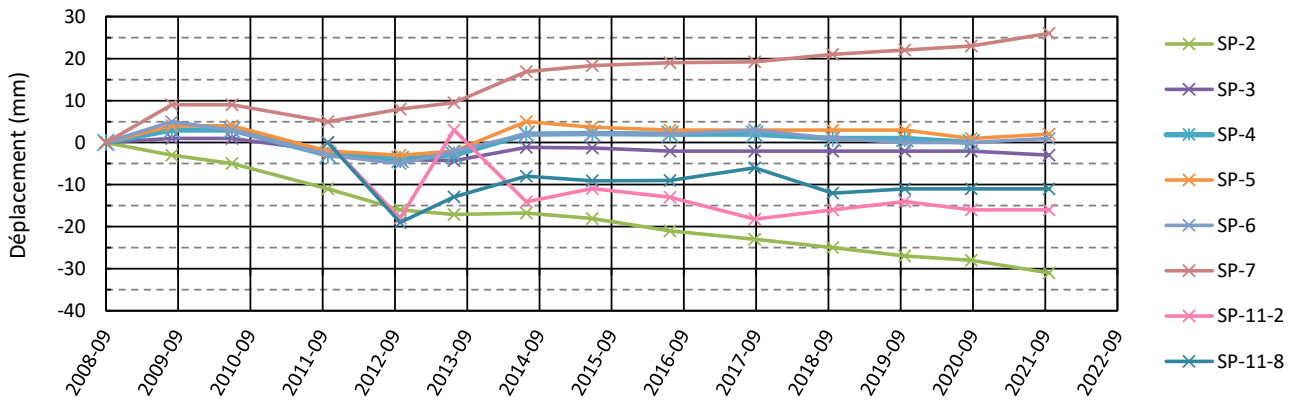


Figure 5 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage de la digue 1

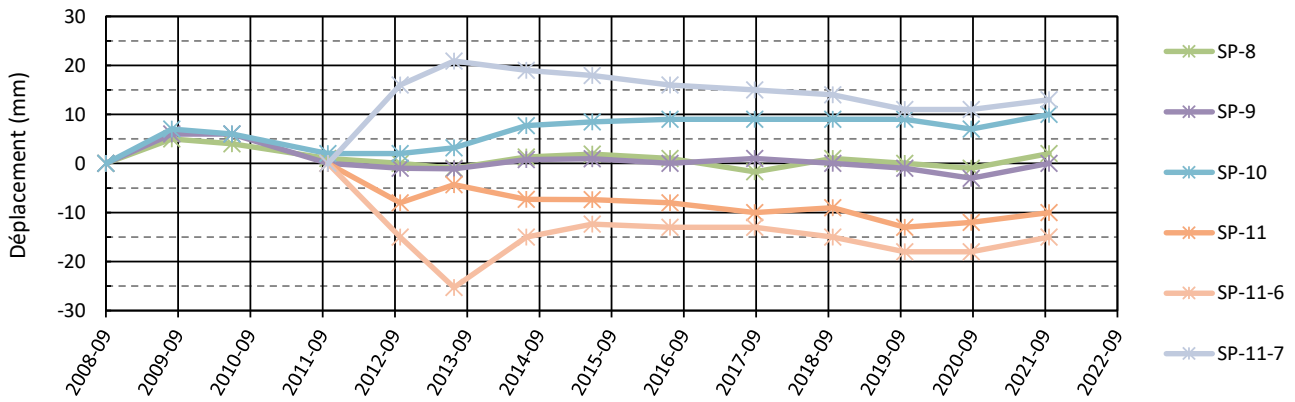


Figure 6 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage de la digue 2

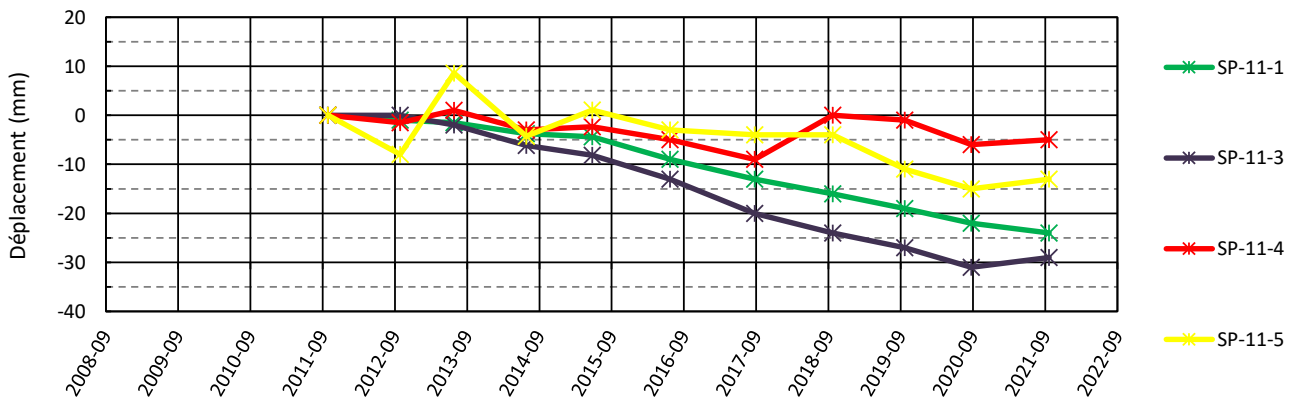


Figure 7 : Déplacement vertical des monuments d'arpentage de la digue 4

Note: positif = déplacement vers le haut

Annexe A

Fiche d'informations du PAR

Fiche d'informations du PAR

Digues du PAR et du bassin de polissage de la mine

Digue 1

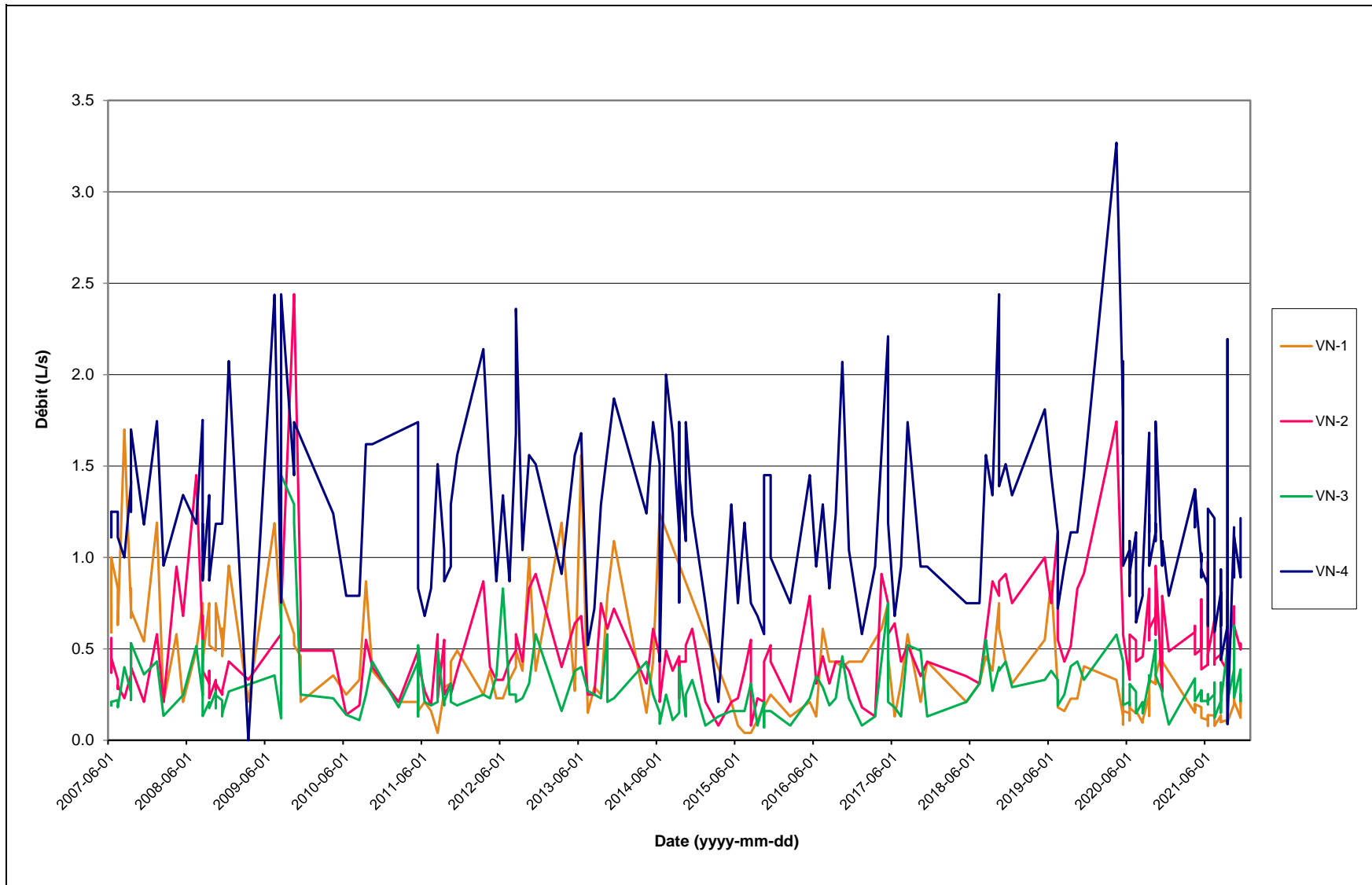
Type de digue	Noyau de till, enveloppe en enrochement
Hauteur maximale de la digue	13 m
Largeur de la crête de la digue	5 m
Zone de rétention	~ 1 000 000 m ²
Volume des résidus	~6 500 000 t
Capacité du réservoir	~ 1 700 000 m ³ (élévation printanière maximale du bassin)
Crue de conception (IDF)	Crue 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)
Crue de conception (IDF)	Crue maximale probable (CMP)
Séisme de conception	1:10 000
Capacité du déversoir	S/O - Voir Digue 1
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	S/O
Capacité du réservoir	150 000 m ³ (élévation de la crête du déversoir + 0,1 m)
Crue de conception (IDF)	Crue maximale probable (CMP)
Séisme de conception	1:10 000
Capacité du déversoir	Combiné 22,0 m ³ /s 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



INSPECTION ANNUELLE 2021	Données historiques des mesures de débit aux déversoirs en V (fournies par Teck)	
	PROJET NO.	21461224-3000
Louvicourt PAR Teck Resources Ltd	REV	0
	FIGURE	8

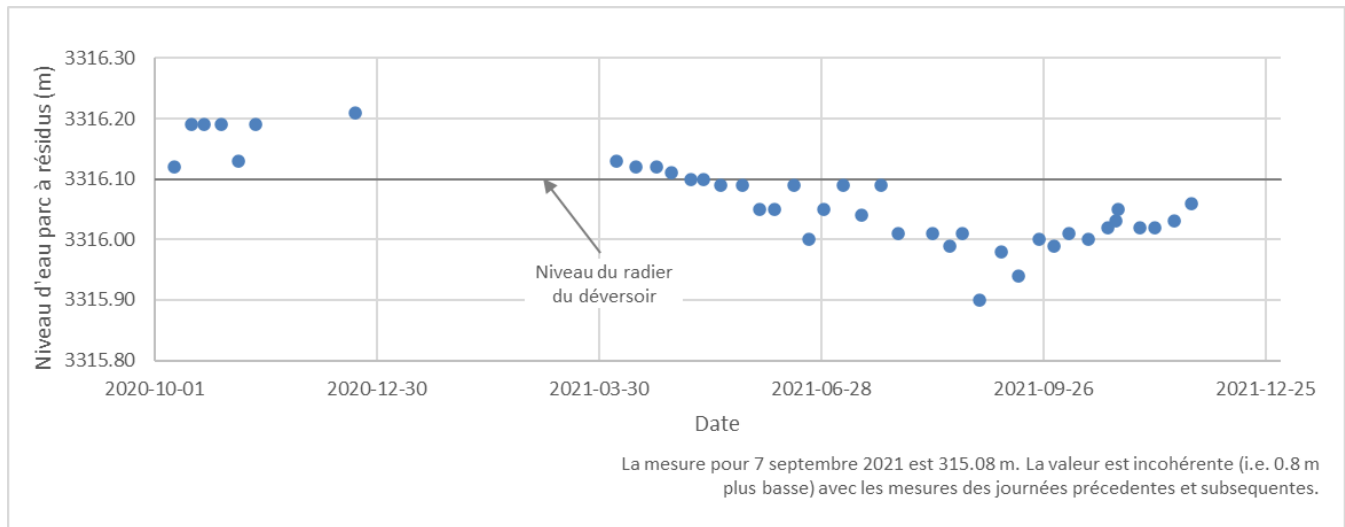


Figure 9: Niveaux d'eau 2021 dans le parc à résidus (mesures fournies par Teck)

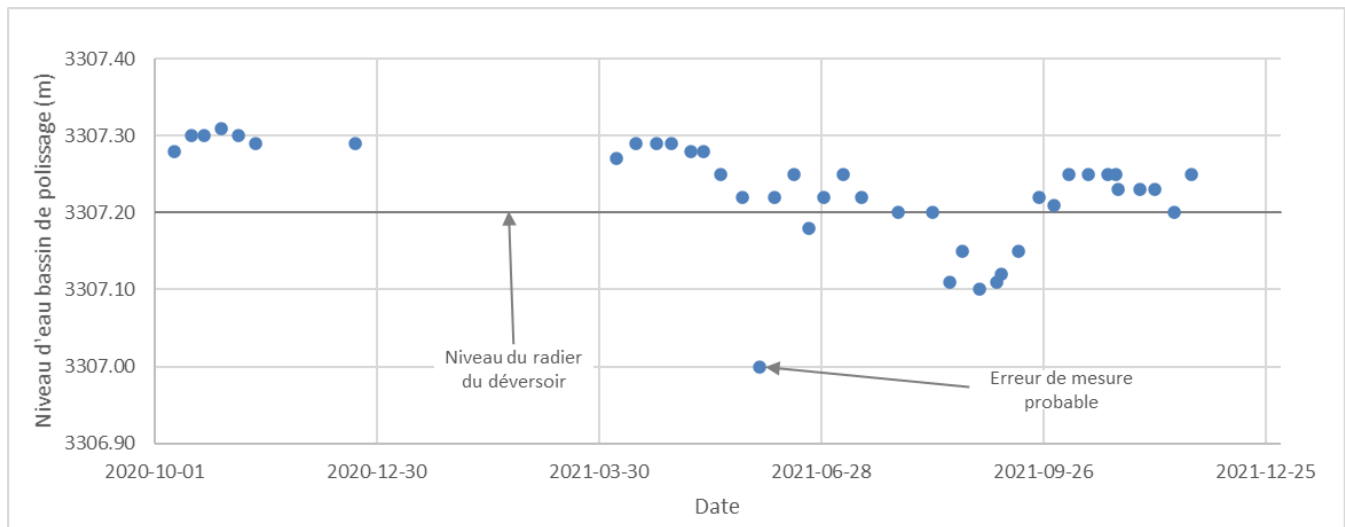


Figure 10: Niveaux d'eau 2021 dans le bassin de polissage (mesures fournies par Teck)

Annexe B

Photographies

Annexe B - Photographies



Photo 1 : Digue 1D – Vue de la pente amont avec enrochement remplacé.



Photo 2 : Digue 1C – Vue de la pente amont avec enrochement abimé,

Annexe B - Photographies



Photo 3 : Deuxième déversoir d'urgence, parc à résidus.
Vue du seuil en béton, et de la végétation dans le canal amont.



Photo 4 : Deuxième déversoir d'urgence, parc à résidus.
Vue de la végétation dans le canal aval.

Annexe B - Photographies



Photo 5 : Pont d'accès au site avec protection de voie quelque peu abimée, mais toujours utilisable.



Photo 6 : Digue 1E – Preuve de travaux d'entretien dans les sillons d'érosion sur la crête de la digue.

Annexe B - Photographies



Photo 7 : Digue 1C – Vue de la crête démontrant la flore au pied de la digue.



Photo 8 : V-notch no. 1.

Annexe B - Photographies



Photo 9 : Digue 2B – Vue de l’accumulation d’eau au pied de la digue, essentiellement inchangée depuis 2020.



Photo 10 : Ponceaux sur le ruisseau sans nom, au nord-ouest du parc à résidus. Les barrages de castor ne se sont pas reproduits depuis 2019.

Annexe B - Photographies



Photo 11 : Digue 4A qui ne retient pas d'eau actuellement.
À noter : la végétation limitée sur les pentes et la crête.



Photo 12 : Digue 4B – Accumulation de débris prouvant l'activité de castors dans le déversoir.
L'enlèvement ponctuel des débris dans le déversoir doit être prévu.

Annexe B - Photographies



Photo 13 : Digue 4B – Vue aval du déversoir.
Faible exfiltration d'eau au contact du béton et du roc.



Photo 14 : Canal exutoire du site. À noter : la végétation dans le canal.

Annexe B - Photographies



Photo 15 : Pied de la digue 4B. Construction importante de barrage de castors.



Photo 16 : Pied de la digue 4B. Même endroit que la photo 15, montrant l'enlèvement ponctuel du barrage de castors.

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
EN 2021**

**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 cinq (5) autres points d'appui secondaires servent 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.

La deuxième partie des travaux consistait à faire le cheminement vertical avec un niveau géométrique électronique de haute précision et une mire code-barres en fibre de verre 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 dix (10) cheminements en boucle obtenant des écarts de fermeture de 0.3mm, 0.4mm, 0.9mm, 0.0mm, 1.6mm, 0.5mm, 0.3mm, 2.2mm, 0.2mm et 0.4mm. Le premier cheminement en boucle s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 512m entre le repère **94-257** et le moniteur **B-1** avec une erreur de fermeture de 0.3mm. Le deuxième cheminement en boucle s'étend sur une distance de 668m totale (incluant aller et retour) entre le repère **94-257** et le moniteur **JLC-2011-3** avec une erreur de fermeture de 0.4mm. Le troisième cheminement en boucle s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 1102m entre le repère **94-257** et le moniteur **B-6** avec une erreur de fermeture de 0.9 mm. 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 250m avec une erreur de fermeture globale de 0.0mm. Le cinquième cheminement liant le moniteur **B6** (départ) et le moniteur **B7**

(arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 888m avec une erreur de fermeture globale de 1.6mm. Le sixième cheminement liant le moniteur **B7** (départ) et le moniteur **B10** (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 836m avec une erreur de fermeture globale de 0.5mm. Le septième cheminement liant le moniteur **B10** (départ) et le point d'appui **94-263** (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 660m avec une erreur de fermeture globale de 0.3mm. Le huitième 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 2.2mm. Enfin, le neuvième cheminement liant le moniteur **B2** (départ) et le moniteur **JLC-2011-2** (arrivée) s'étend sur une distance totale (incluant aller et retour) de 850m avec une erreur de fermeture globale de 0.2mm. Finalement, le dixième 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 150m avec une erreur de fermeture globale de 0.4mm. 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. La méthode consistant à stationner une station totale sur le sommet des digues, a été abandonnée au profit du nivellement géométrique, ce dernier étant plus précis en élévation. Les cheminements permettant la mesure des plaques sur les bermes ont été décrits au paragraphe précédent.

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 les cheminements aller-retour même si l'erreur de fermeture des boucles n'était que de quelques fractions de millimètres et n'avait que peu d'incidence significative sur le résultat obtenu.

5) **GÉNÉRALITÉS :**

Les travaux ont été effectués les 26, 27 et 28 octobre 2021 par une équipe de 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 R10 de la compagnie Trimble
la précision du système GNSS ou GPS est de $\pm 0,01\text{m}$ horizontalement et $\pm 0,02\text{m}$ 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) **REMARQUES:**

Contrairement aux mesures de nivellement géométrique, les mesures GNSS temps réel au à certains points montrent des écarts d'environ 3 cm par rapport aux mesures antécédentes, ce 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. Ces données GPS pour le vertical sont à plus ou moins 1 à 2 cm de précision, des valeurs près de 3 centimètres s'expliqueraient par des inexactitudes normales de 1 à 2 cm s'additionnant sur les 2 ans au lieu de s'annuler ou se soustraire.

Ces données verticales du GPS ne sont qu'à titre indicatif et ne saurait remplacer les altitudes obtenues par nivellement géométrique.

Suite au levé effectué en 2021, on remarque que l'élévation de l'ensemble des plaques de tassements est stable hormis certaines dont **B-2**, **JLC-2011-1** et qui semblent s'enfoncer, alors que **B-7** s'élèvent légèrement confirmant la tendance déjà observée lors des années précédentes en ce point.

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
	Terrain 2020	5333567.021	222891.734	311.688
	Terrain 2021	5333567.014	222891.729	311.680
	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
Diff. Théo-2020.	-0.067	-0.005	-0.011	
Diff. Théo-2021.	-0.060	0.000	-0.003	
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	
2020-2019	0.000	0.007	0.008	
2021-2020	-0.006	-0.005	-0.008	

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			
	Terrain 2020	5333408.900	223514.926	317.767	
	Terrain 2021	5333408.896	223514.934	317.788	
	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	0.076	0.004	
	Diff. Théo-2016.	0.059	0.079	-0.015	
	Diff. Théo-2017.	0.050	0.068	-0.024	
	Diff. Théo-2020.	0.057	0.081	0.010	
	Diff. Théo-2021.	0.061	0.073	-0.011	
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	0.008	0.010	0.010		
2020-2017	-0.007	-0.013	-0.034		
2021-2020	-0.004	0.008	0.021		

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
	Terrain 2020	5333495.449	222157.734	312.347
	Terrain 2021	5333495.440	222157.731	312.366
	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
	Diff. Théo-2020.	-0.248	-0.016	-0.002
	Diff. Théo-2021.	-0.239	-0.013	-0.020
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	
2020-2018	0.007	-0.009	-0.023	
2021-2020	-0.008	-0.002	0.018	

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
	Terrain 2020	5332897.310	222292.384	315.865
	Terrain 2021	5332897.304	222292.392	315.852
	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
Diff. Théo-2020.	-0.244	0.129	-0.023	
Diff. Théo-2021.	-0.238	0.121	-0.010	
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	
2020-2019	0.008	0.000	0.030	
2021-2020	-0.006	0.007	-0.013	

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	
	Terrain 2020	5332859.141	222355.489	317.487	
	Terrain 2021	5332859.138	222355.494	317.478	
	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	
Diff. Théo-2020.	-0.223	0.141	-0.016		
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		
2020-2019	0.006	0.000	0.010		
2021-2020	-0.004	0.006	-0.009		

■ SCOPQ (MTM) NAD83 FUSEAU 9 MÉRIDIEEN 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 ($\pm 1\text{cm}$) :	19
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 :	5
Nombre de points d'appui en vertical (cheminement géométrique) :	2
Longueur totale des cheminements altimétriques :	7.079 Km

Fait à Val d'Or, le 10 janvier 2022, sous le dossier C-15686/817 et le numéro **15206** de mes minutes en référence aux dossiers : C-15304/817 (2020), C-14891/442.18-19 (2019), 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 10 janvier 2022


Jean-Luc Corriveau
CORRIVEAU J.L. & ASSOC. INC.

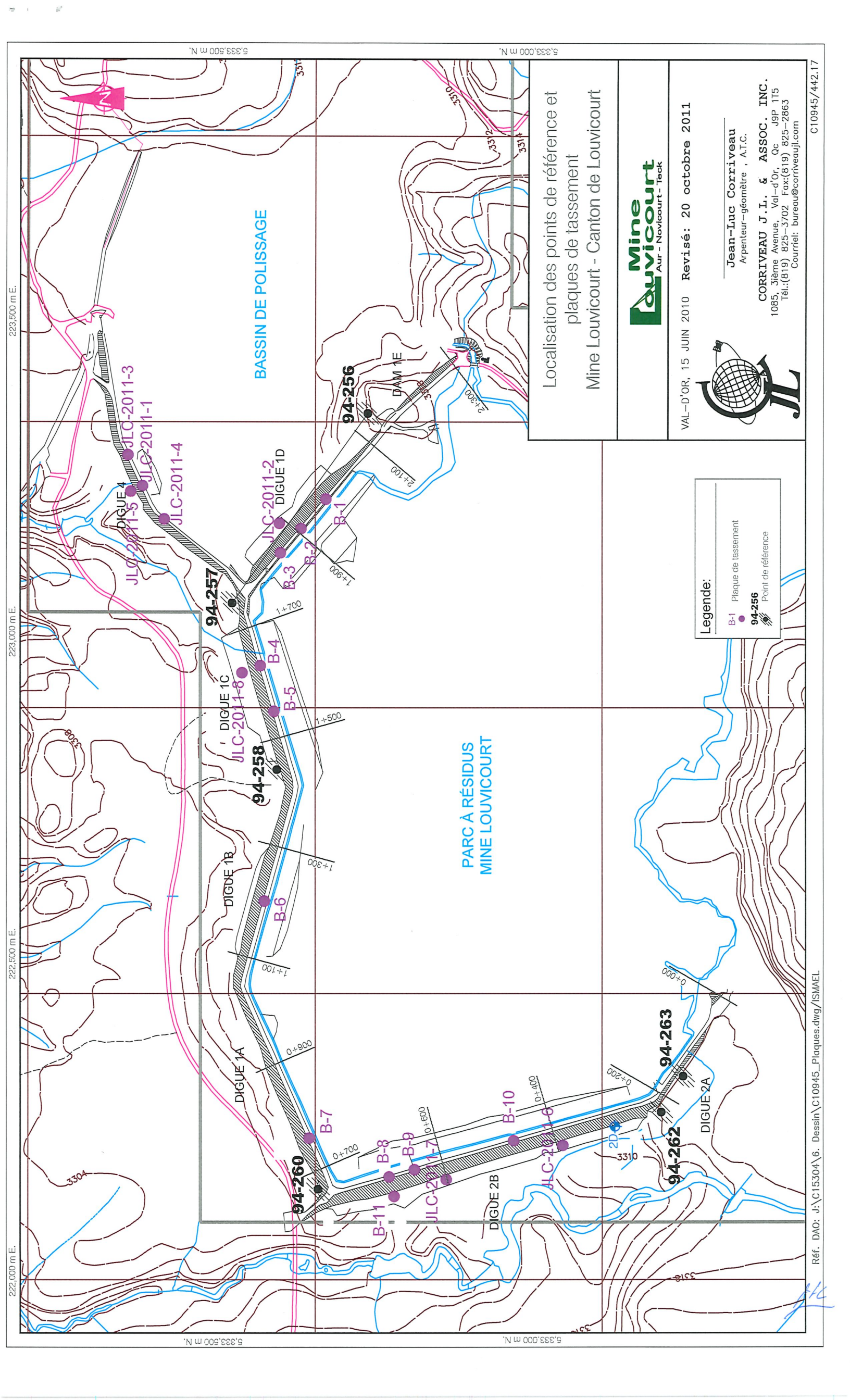
Copie conforme à l'original


Jean-Luc Corriveau
A.-G., A.T.C.

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.

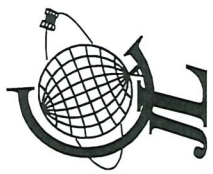


222,000 m E. 223,000 m E. 223,500 m E. 5,333,000 m N. 5,333,500 m N. 5,333,000 m N.

Localisation des points de référence et
plaques de tassement
Mine Louvicourt - Canton de Louvicourt



VAL-D'OR, 15 JUIN 2010 Révisé: 20 octobre 2011



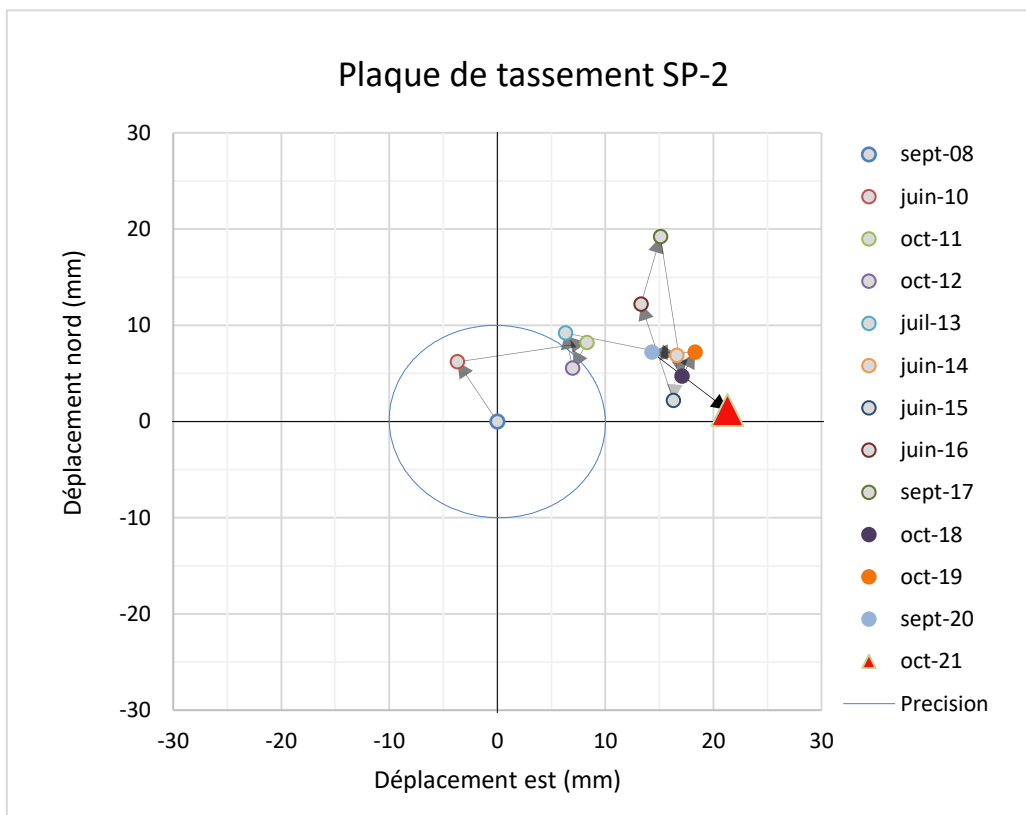
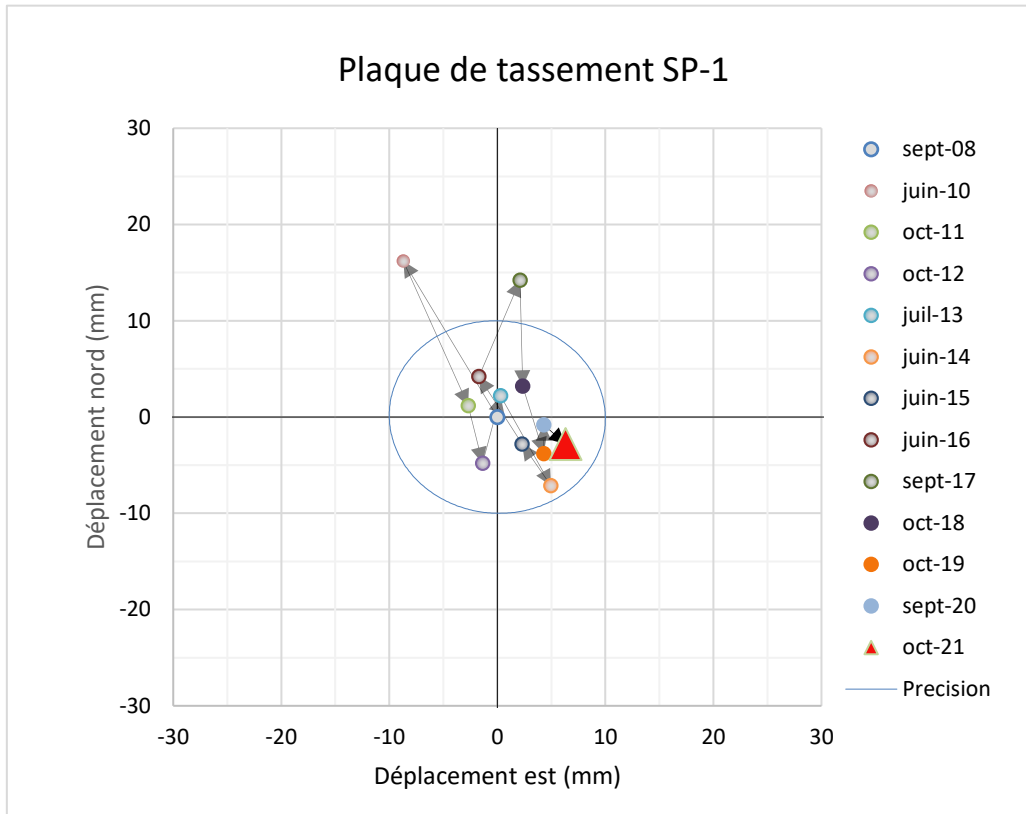
Jean-Luc Corriveau
Arpenteur-géomètre, A.T.C.
CORRIVEAU J.L. & ASSOC. INC.
1085, 3^{ème} Avenue, Val-d'Or, Qc J9P 1T5
Tél.: (819) 825-3702 Fax: (819) 825-2863
Courriel: bureau@corriveauji.com

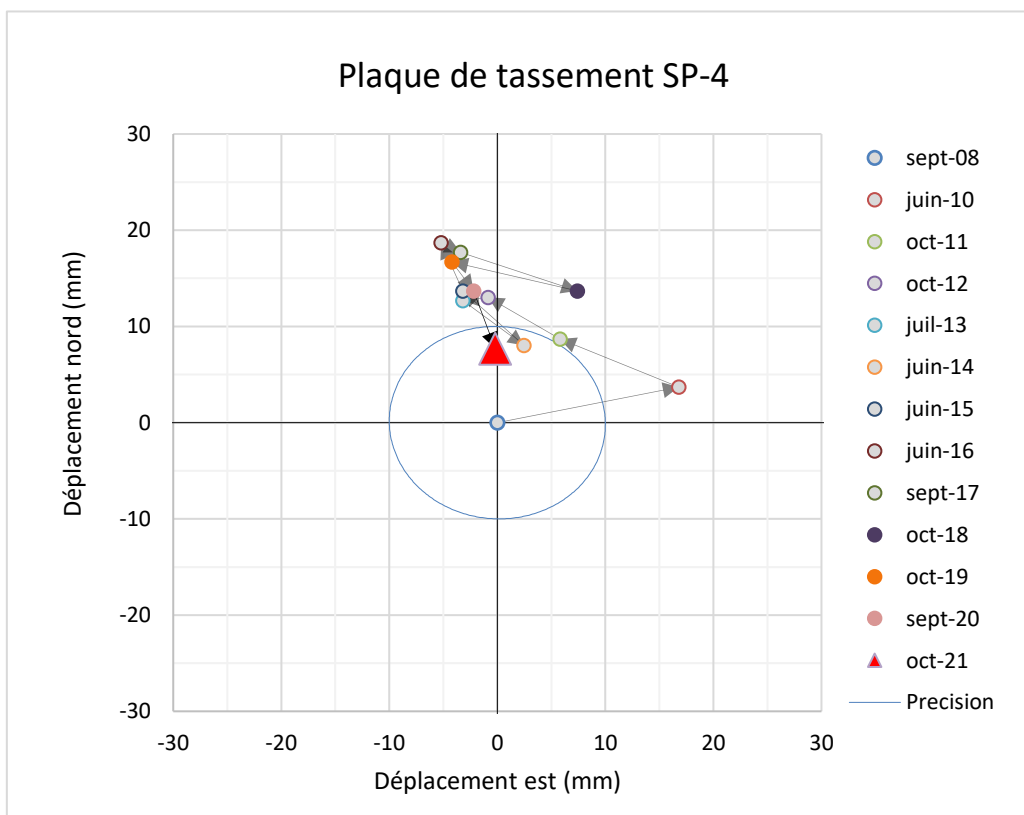
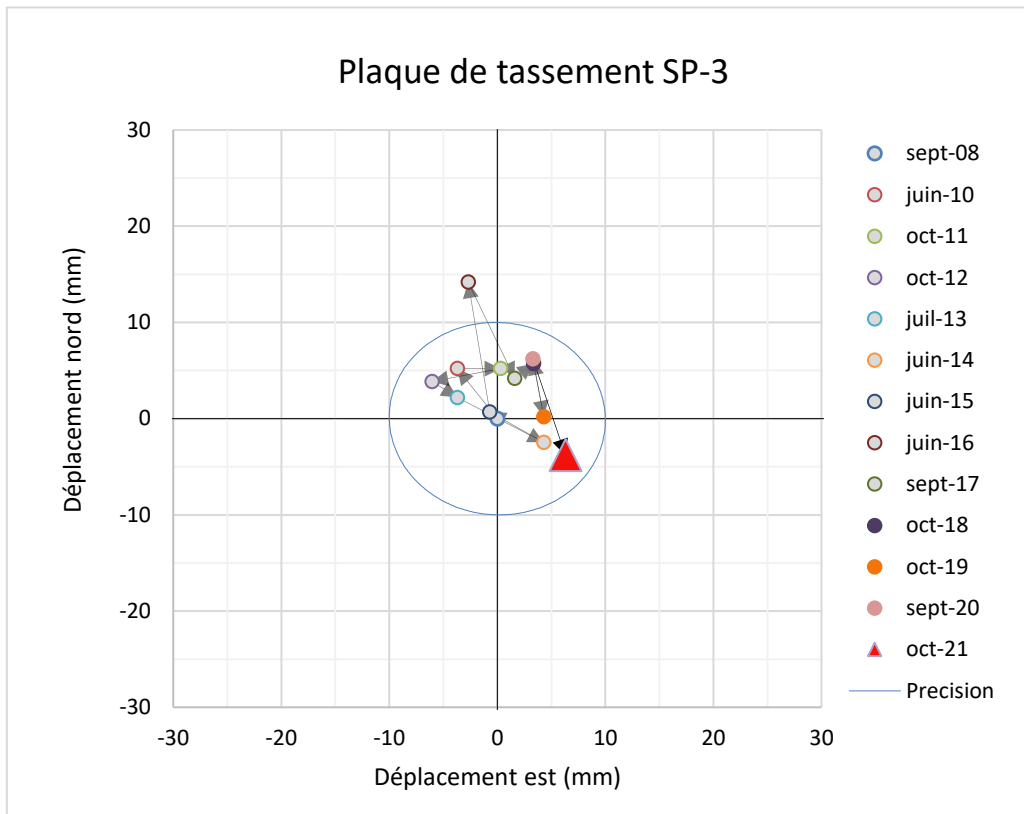
Legende:

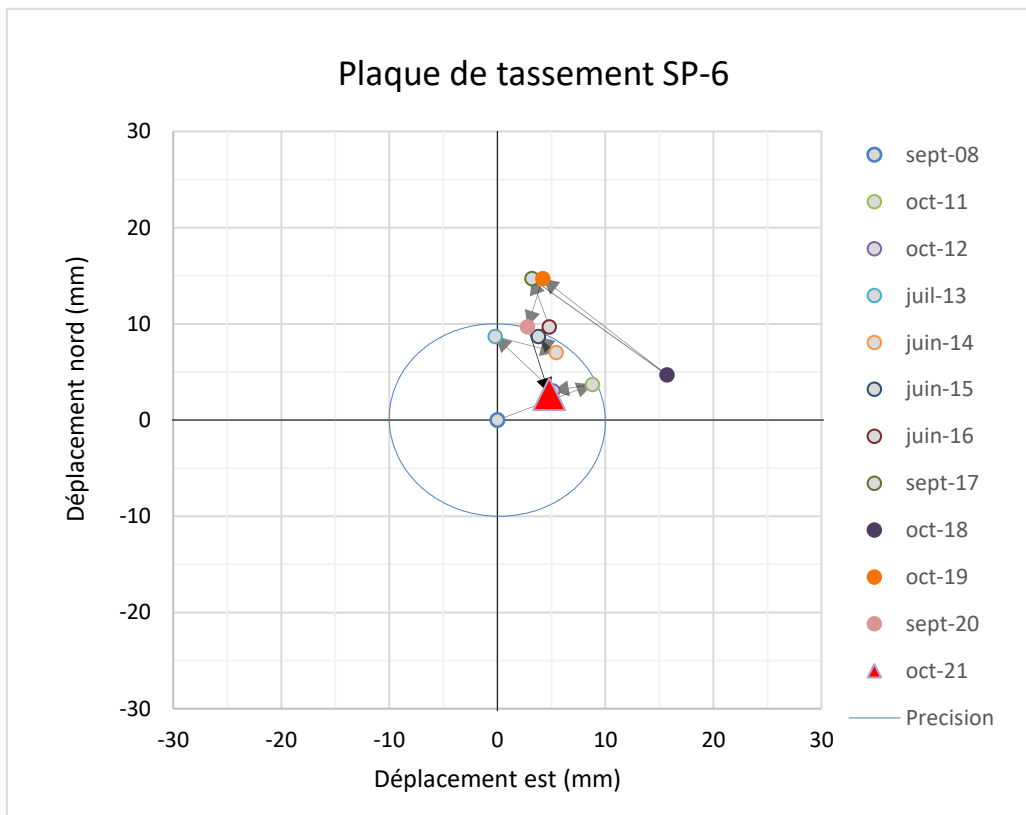
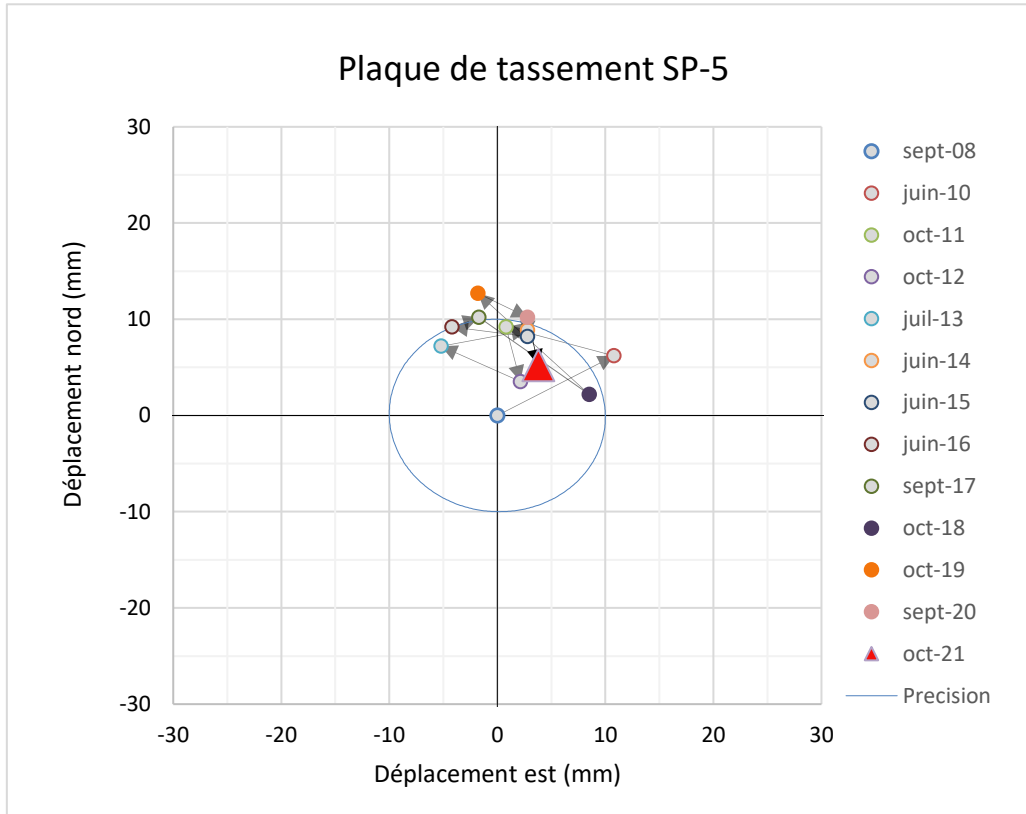
- B-1 Plaque de tassement
- 94-256 Point de référence
- ▨ 94-256

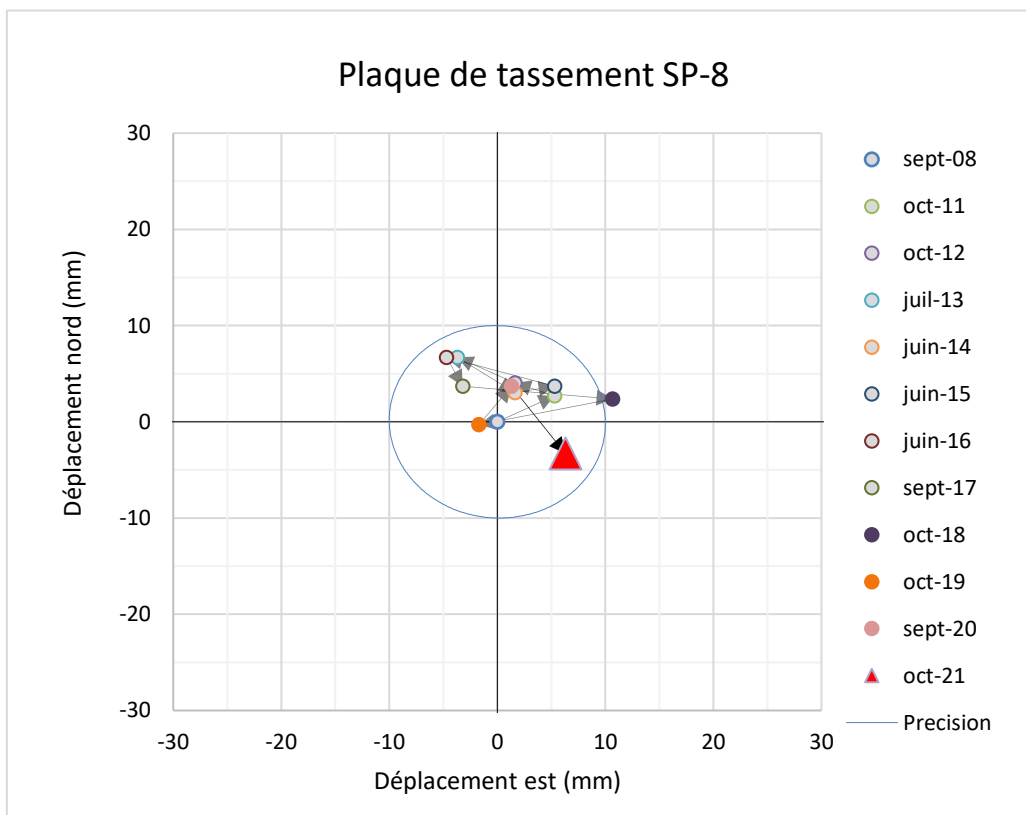
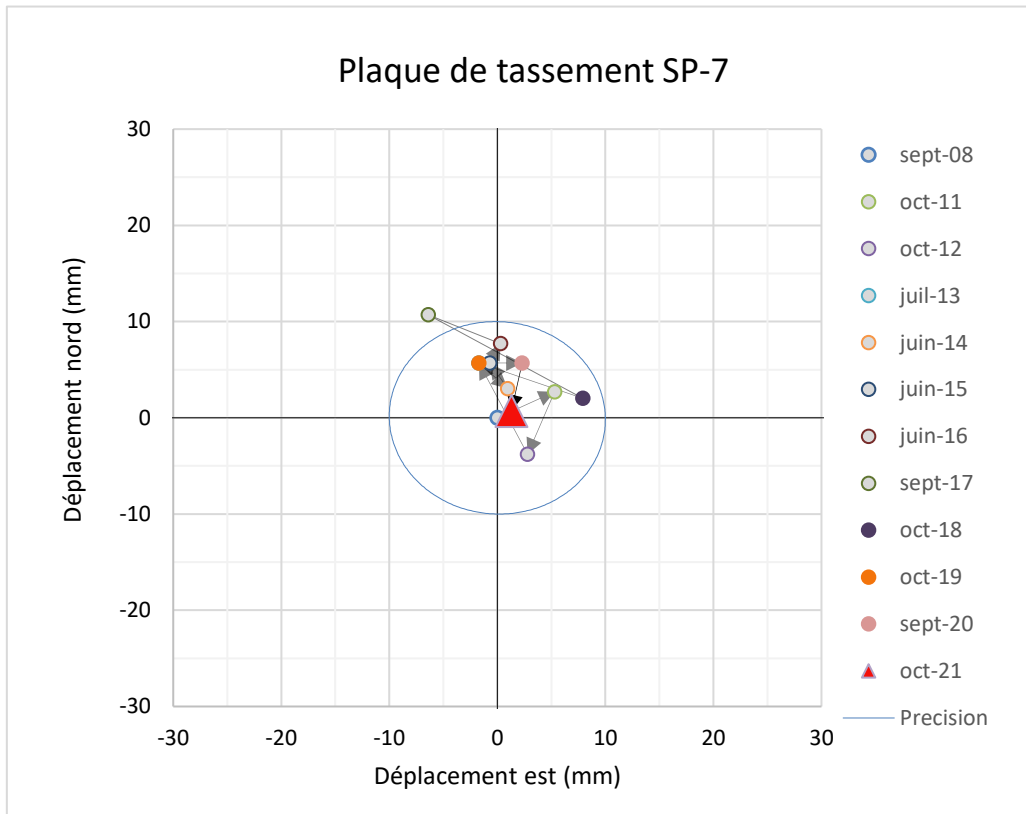
Annexe D

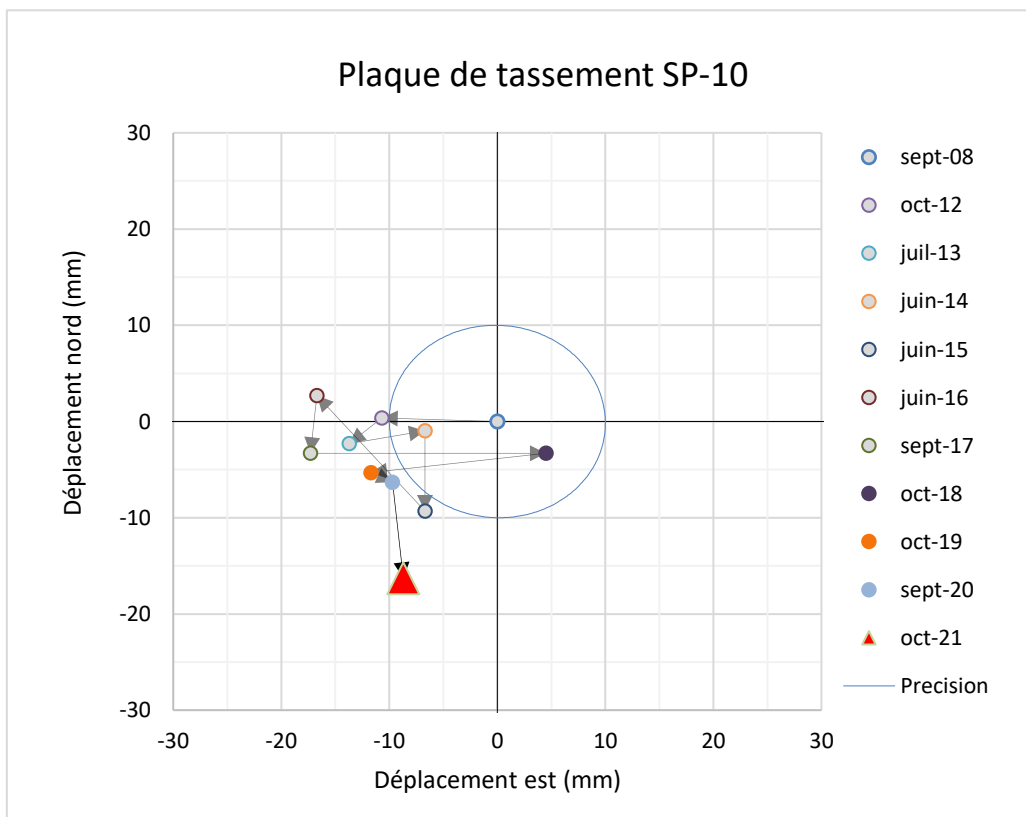
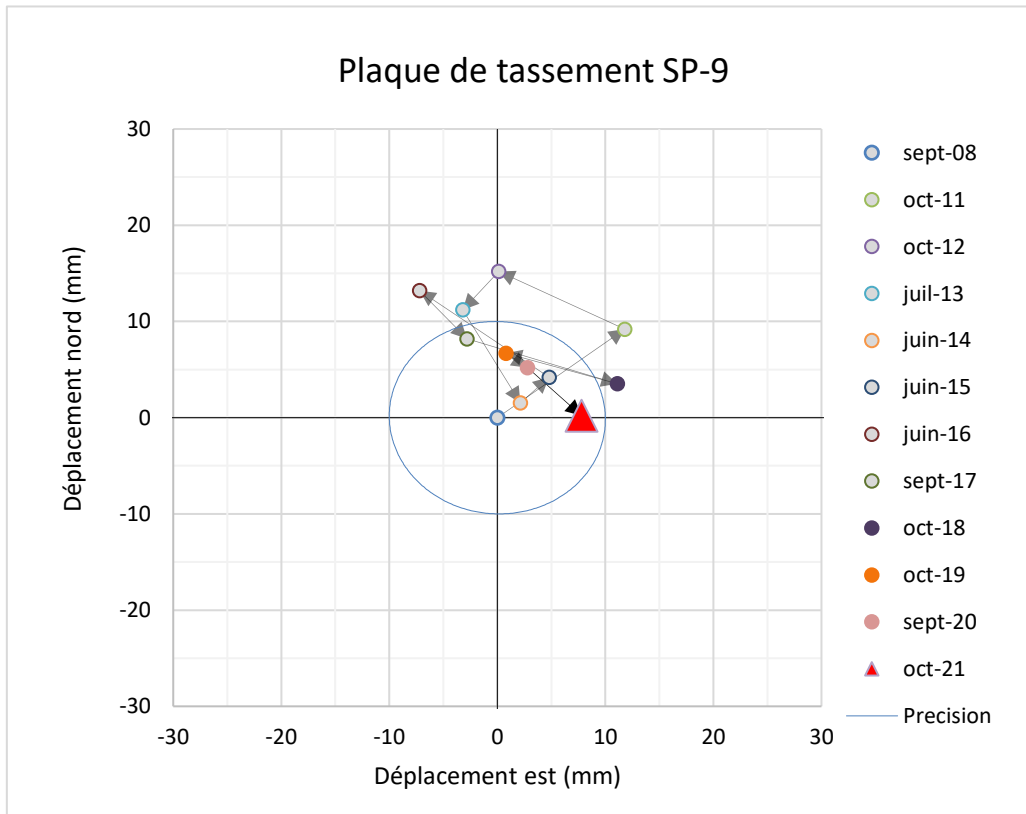
Tracés de points d'origine

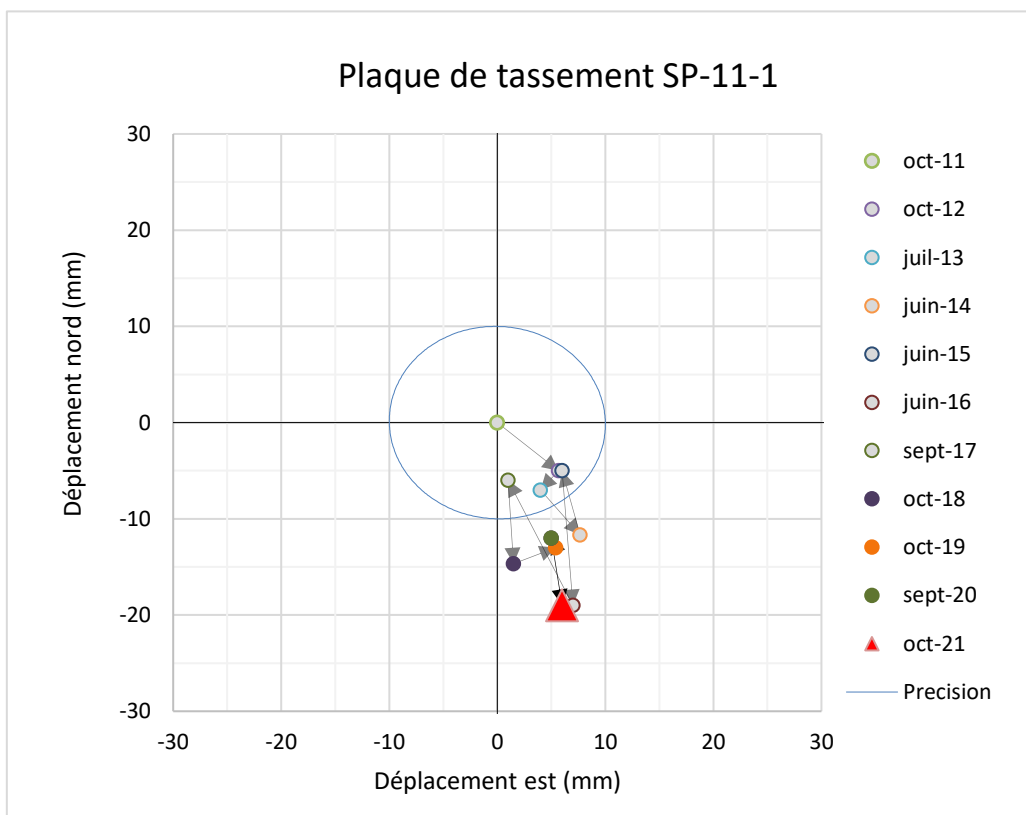
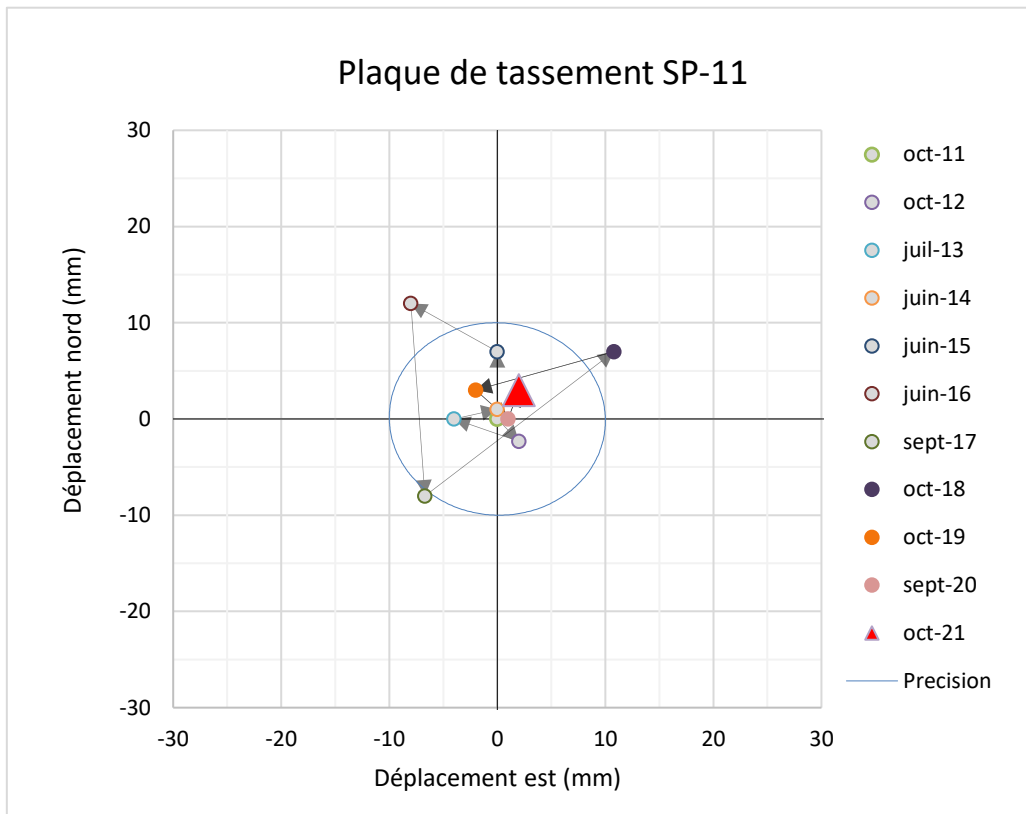


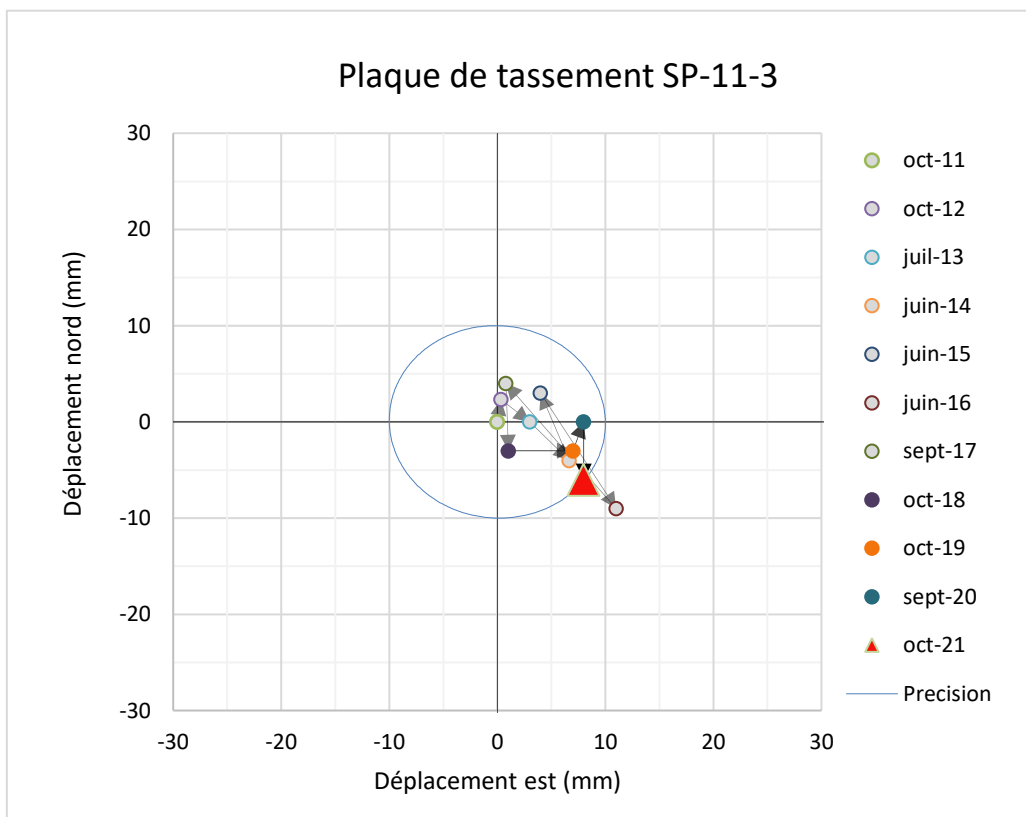
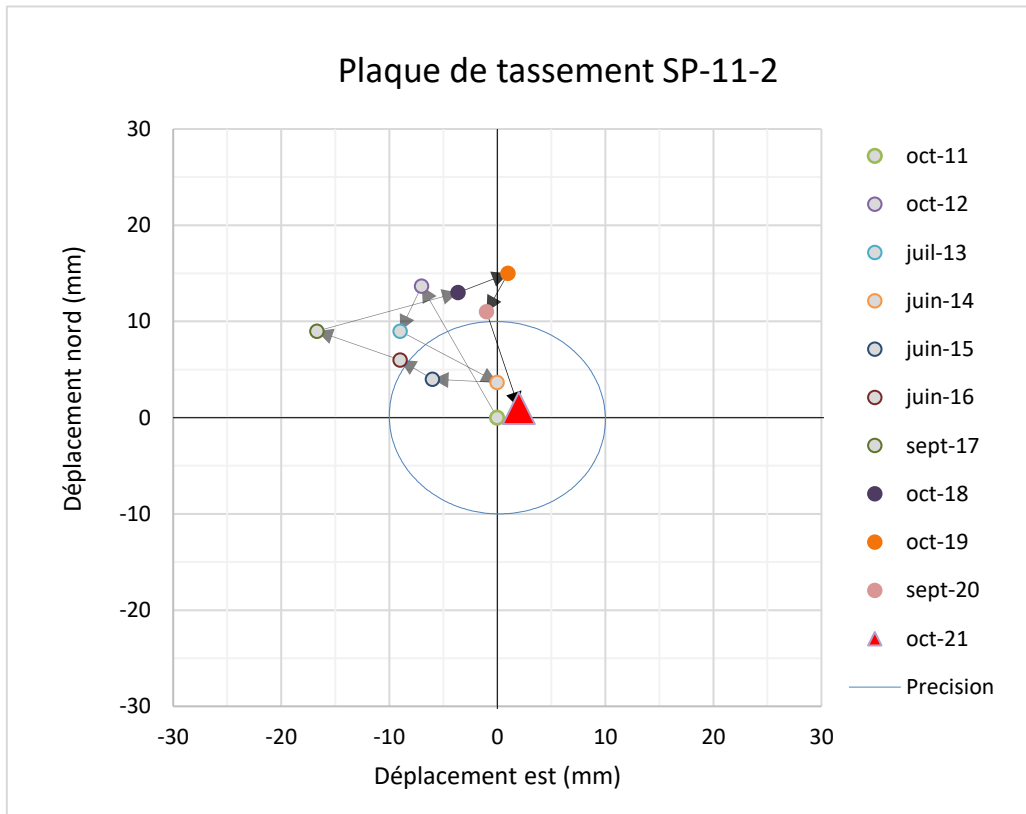


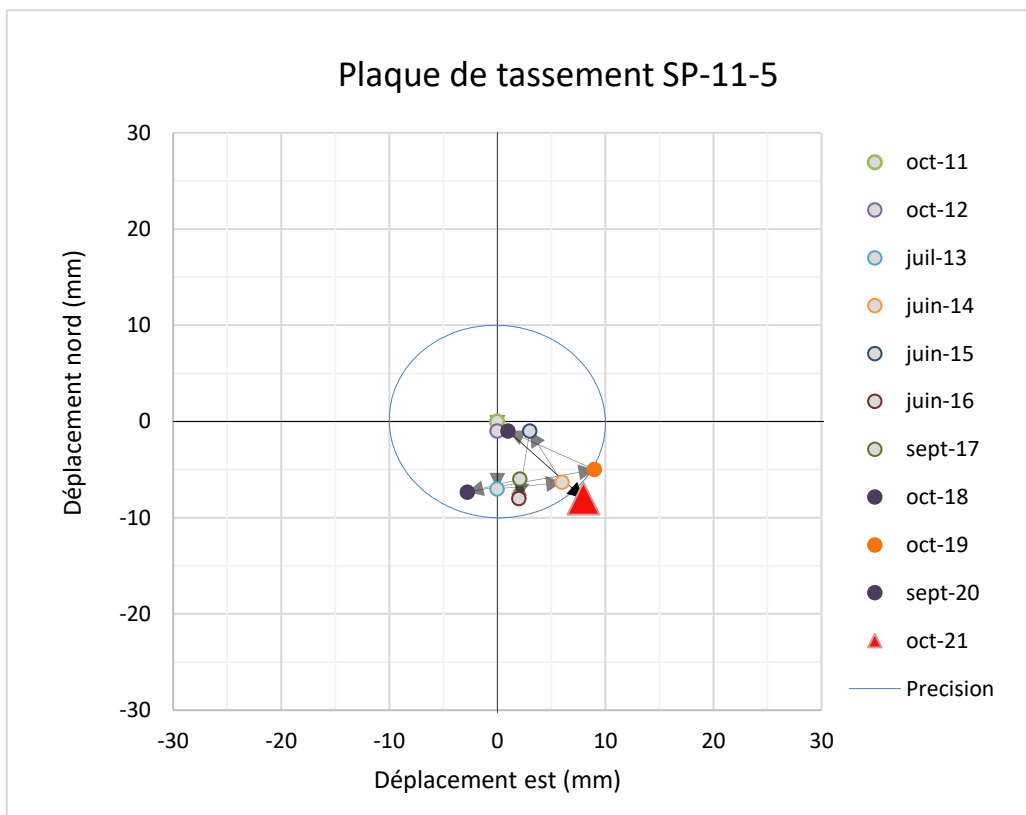
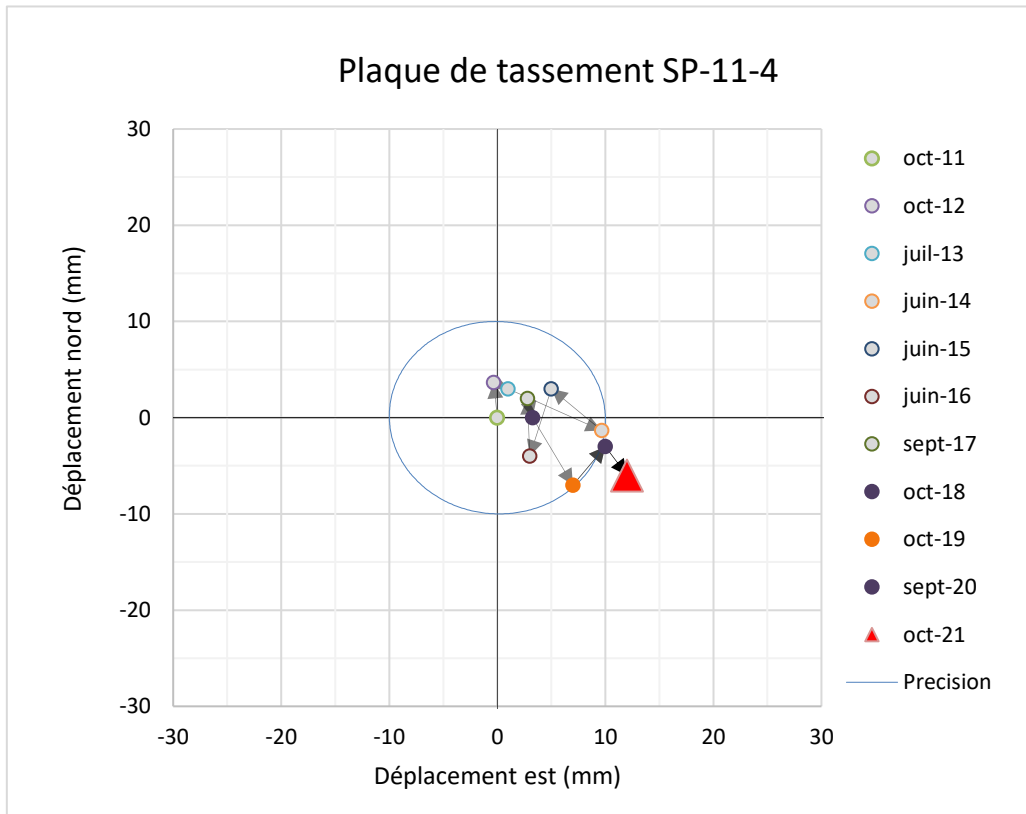


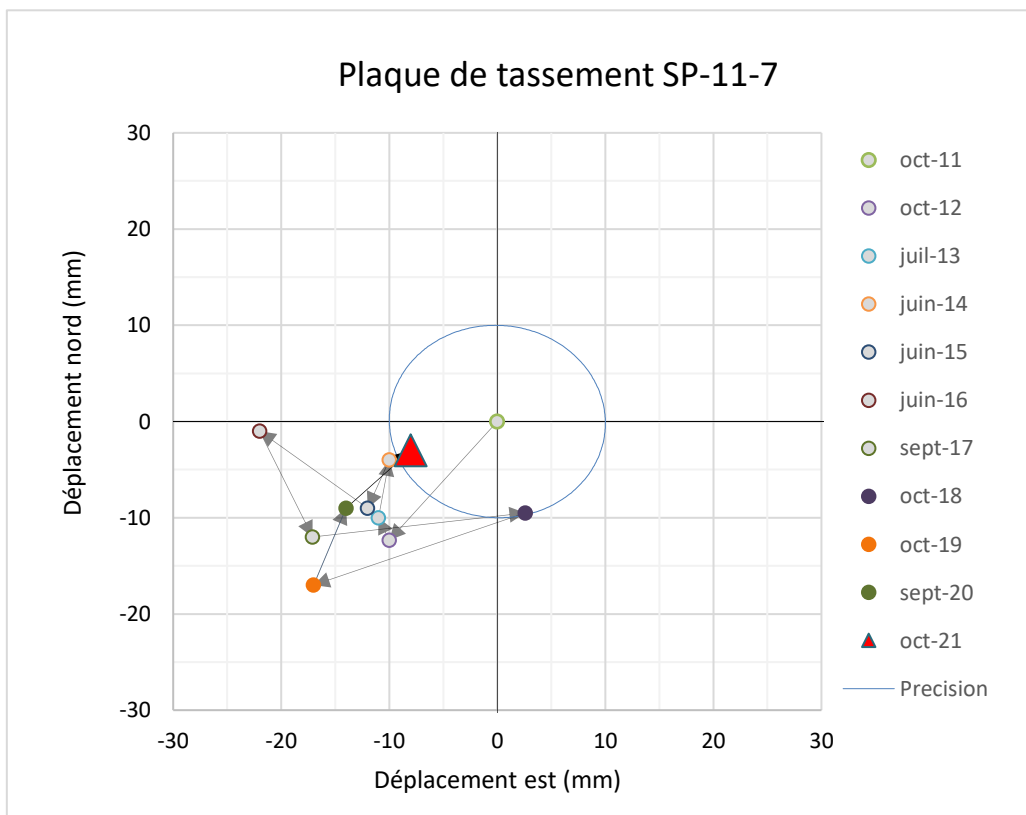
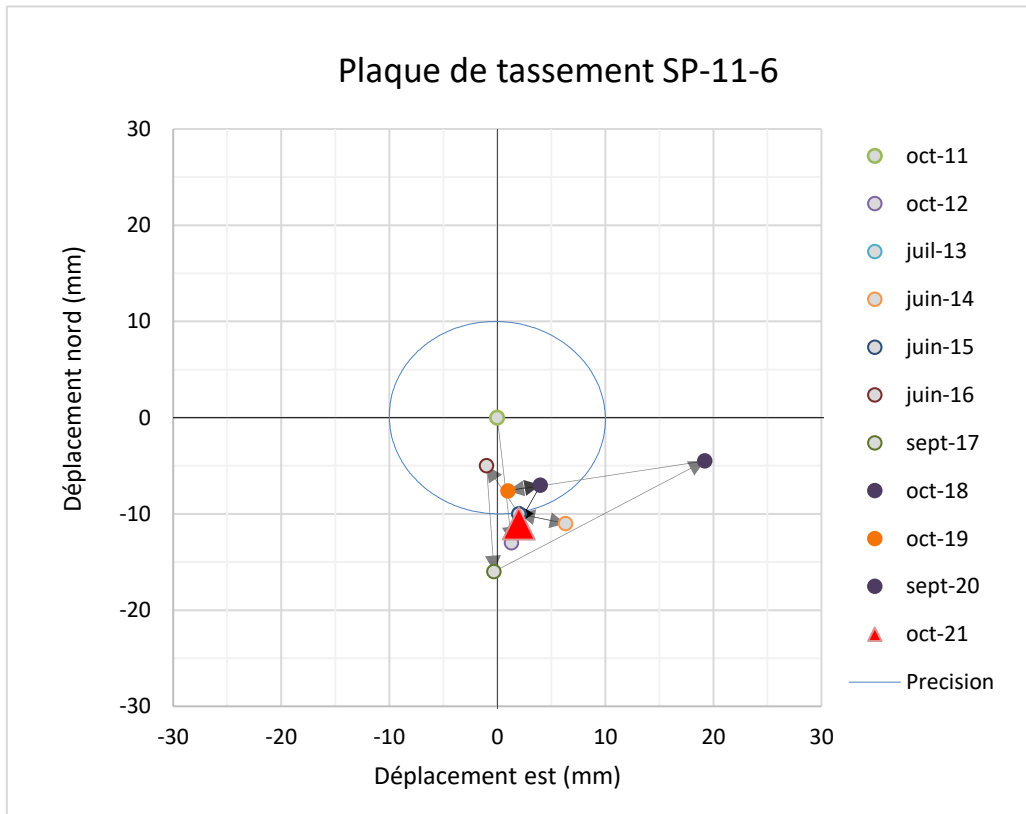


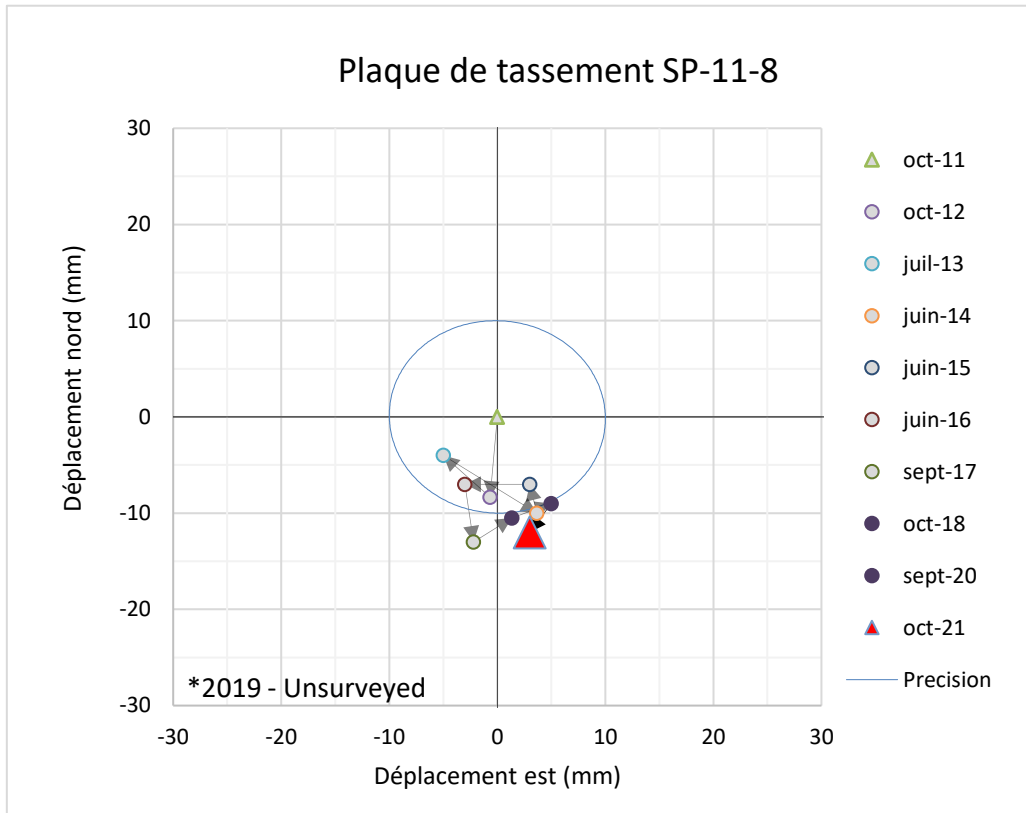














golder.com