Questions et commentaires

Demande de modification du certificat d'autorisation concernant l'agrandissement du parc à résidus à la mine Éléonore par Dhilmar Éléonore, Société en commandite

Dossier 3214-14-042

Mars 2025

TABLE DES MATIÈRES

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX 1

QUESTIONS ET RÉPONSES 2

COMMENTAIRES 12

Listes des figures

Figure 1 : Les bassins de dissipation, plan et coupes 3

Figure 2 : Localisation du secteur actuel et du secteur potentiel de déposition des boues par rapport des cercles de glissement crédibles 4

Figure 3 : Niveau d'eau calculé dans le bassin de collecte lors de la simulation du scénario 6

Figure 4 : Niveaux d'eau calculés dans le bassin de collecte lors de la simulation des scénarios PMPea 72h, CMPp no1 et CMPp no2 - Largeur du déversoir d'urgence de 60 m pour l'agrandissement de la Phase 5 6

Figure 5 : Production projetée de résidus miniers 7

Figure 6 : Coupes sélectionnées pour les analyses de stabilité 9

Figure 7 : Un exemple de TARP des niveaux piézométriques dans les résidus miniers 11

Figure 8 : Seuils d'alerte spécifique pour les géophones et les tiltmètres pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A 13

Annexes

Annexe A : Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 5A

Annexe B : Plans d'action en cas d'élément déclencheur (TARPs) du PAR de la Mine Éléonore

Annexe C : Blast assessment on Existing TSF – Éléonore Phase 5A

Annexe D: Programme de surveillance par instrumentation – Mine Éléonore – Parc à résidus – Phase 5A

COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Le présent document comprend des questions et commentaires adressés à Dhilmar Éléonore dans le cadre de l'analyse de la demande de modification du certificat d'autorisation pour l'agrandissement du parc à résidus (PAR) pour le projet minier Éléonore.

Les questions et commentaires sont émis à la suite de l'examen des impacts sur l'environnement et le milieu social réalisé à partir de l'ensemble des informations fournies par le promoteur, de même que de leur analyse réalisée par la Direction de l'évaluation environnementale des projets industriels, miniers, énergétiques et nordiques, en collaboration avec les unités administratives concernées du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) et de certains autres ministères.

À la suite de l'analyse, il en ressort que des éléments ne sont pas complets et que des précisions sont à apporter avant de pouvoir poursuivre l'analyse et conclure sur l'acceptabilité du projet. Les questions et commentaires sont regroupés selon l'ordre de présentation de la demande de modification du certificat d'autorisation afin de faciliter la compréhension. Pour cette même raison, le promoteur est invité à y répondre en suivant la même séquence.

QUESTIONS ET RÉPONSES

QC2 - 1. À la réponse de la QC-3, le promoteur indique que le roc situé dans l'emprise de la cellule 5 est classé comme étant non acidogène et non lixiviable. Le promoteur indique qu'en raison de ses résultats, les eaux de ruissellement dans la zone d'entreposage et de concassage du roc seront collectées par un fossé périphérique qui se rejettera dans le milieu naturel. Similairement, les eaux « sans contact » des fossés de dérivation du PAR sont rejetées dans le milieu récepteur, à l'est et à l'ouest de la route menant au PAR.

Comme il y a un risque de contamination du milieu en matières en suspension (MES) ou en hydrocarbures advenant un déversement, le promoteur doit confirmer qu'un suivi de la qualité de ces eaux avant leur rejet dans le milieu récepteur est en place. Le promoteur doit également indiquer les mesures d'atténuation prévues pour le rejet des eaux de ruissellement dans la zone d'entreposage et de concassage du roc, et pour les eaux « sans contact » des fossés de dérivation.

RP2-1 : Deux bassins de dissipation seront construits en bout de fossé afin de permettre de retenir les MES avant le rejet dans le milieu récepteur. Les deux bassins sont présentés en plan et en coupe à la **Figure 1**. De plus, si un déversement majeur et non contrôlé survient sur l'aire d'entreposage et de concassage de roc, un échantillonnage ponctuel sera réalisé au niveau des bassins pour s'assurer qu'aucune contamination en hydrocarbures ne soit émise vers l'environnement.

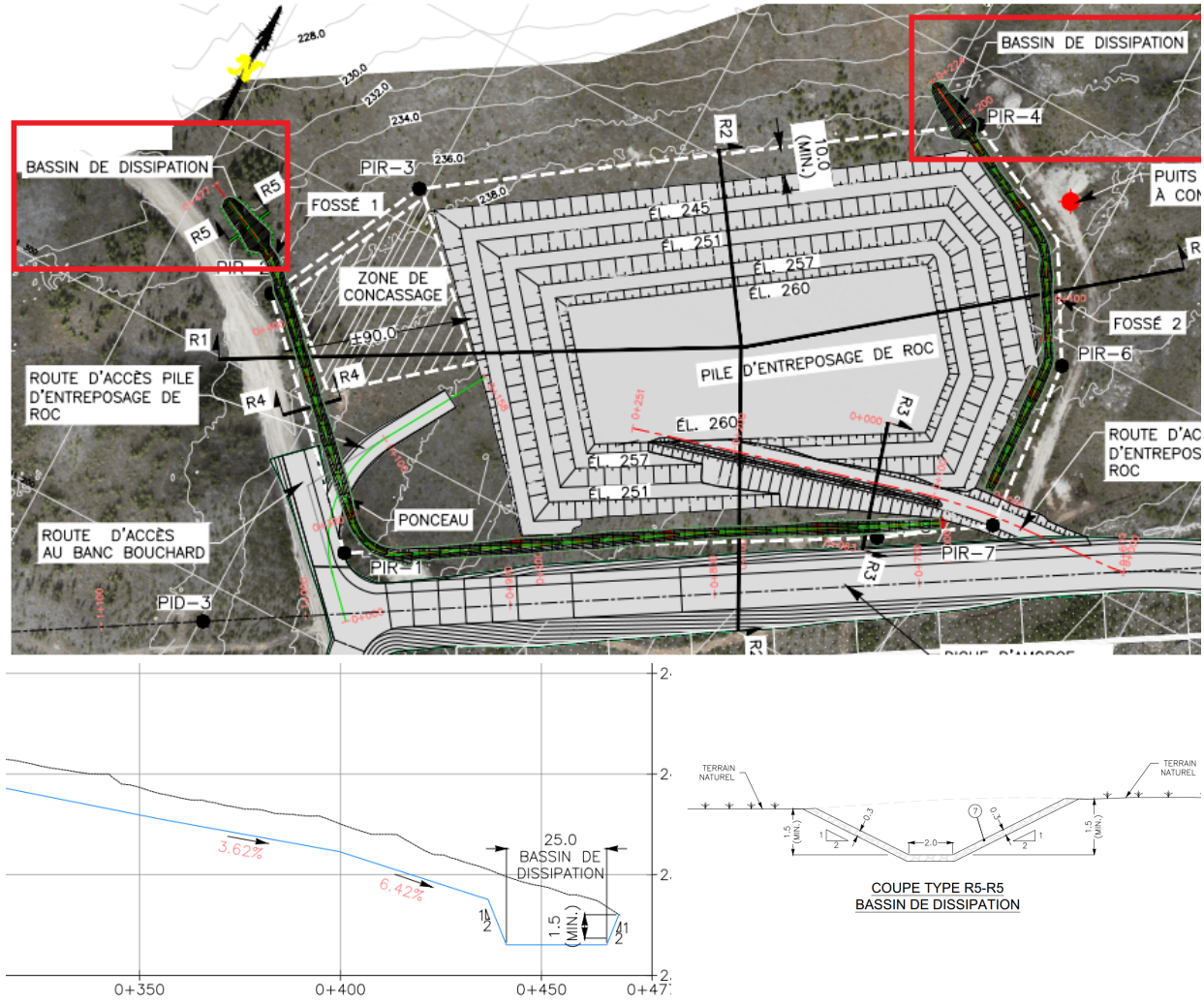


Figure 1 : Les bassins de dissipation, plan et coupes

QC2 - 2. À la réponse de la QC-5, le promoteur fournit des détails supplémentaires concernant l'entreposage des boues, mais donne peu d'information sur la stabilité de l'ouvrage.

Le promoteur doit démontrer que la stabilité à long terme (post restauration) du PAR a été évaluée dans les secteurs d'entreposage des boues en tenant compte des propriétés de tous les matériaux entreposés.

RP2-2 : Les boues seront disposées selon des critères établis par le concepteur, soit au centre du PAR entouré d'une digue en enrochement, à l'extérieur de la zone de glissement crédible (**Figure 2**) comme présentement effectué dans les opérations du PAR existant. Le niveau de risques associé à l'entreposage des boues selon ces critères est très faible. La Figure 2 montre également le secteur

potentiel de déposition des boues dans la phase 5A qui se trouve à l'extérieur de zone de glissement crédible.

Toutefois, une analyse de stabilité tenant compte des propriétés de tous les matériaux entreposés sera préparée et intégrée à la prochaine révision du plan de réaménagement et de restauration de la mine Éléonore. Cette information sera intégrée aux réponses aux questions adressées à mine Éléonore, le 12 février dernier, par le MRNF dans le cadre de la révision actuelle du PRR.

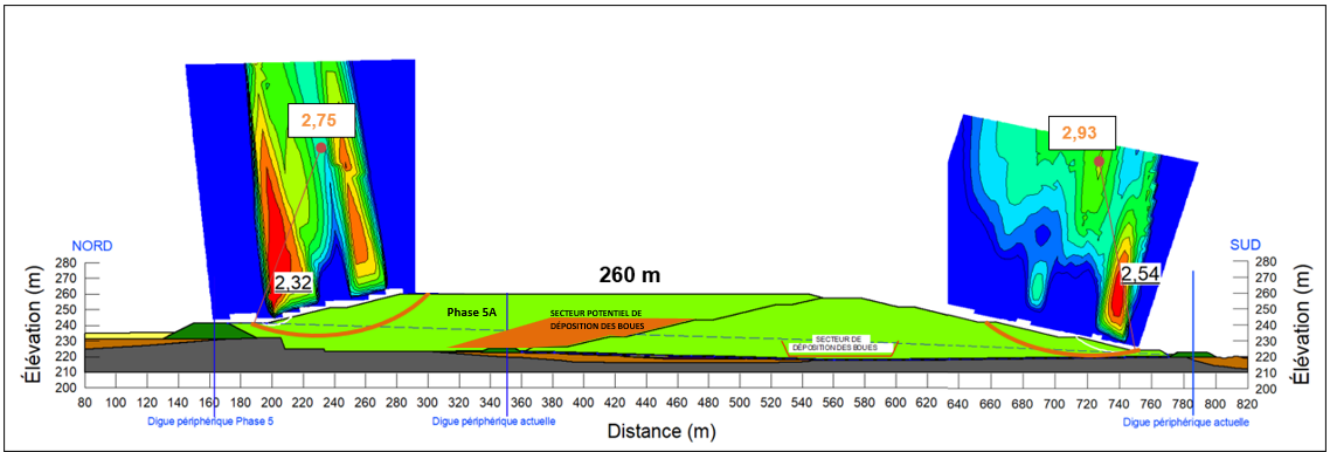


Figure 2 : Localisation du secteur actuel et du secteur potentiel de déposition des boues par rapport des cercles de glissement crédibles

QC2 - 3. À la QC-7, il avait été demandé au promoteur de fournir un schéma du bilan d'eau avec les débits projetés des eaux de différentes sources qui seront gérées dans la zone d'agrandissement du PAR, pour les conditions sèches, normales et humides. Cependant, le bilan d'eau schématisé présenté à la réponse de la QC-7 est incomplet. Entre autres, les données concernant l'évapotranspiration du PAR, les précipitations, les fossés de drainage, ainsi que le débit des eaux rejetées à l'effluent final ne sont pas fournies.

Le promoteur doit fournir une mise à jour du bilan d'eau avec les informations manquantes au bilan schématisé. De plus, le promoteur devra démontrer que la capacité du système de gestions des eaux sera suffisante pour gérer de façon sécuritaire les eaux collectées au PAR avec l'ajout de la phase 5, puisqu'un débalancement important entre les intrants et les extrants au bassin de collecte est présenté.

RP2-3 : Le schéma du bilan d'eau de la mine Éléonore fourni à la question QC-7 comprend les données d'évapotranspiration lacustre provenant des bassins de collecte. Pour ce qui est des taux d'évapotranspiration terrestre considérées sur le parc à résidus (PAR), ils sont typiquement négligeables et nous n'en tenons pas compte dans notre bilan, ce qui est conservateur. Quant aux précipitations, ces données sont fournies dans le bilan d'eau schématisé, tant pour les conditions sèches, normales qu'humides (voir sur le schéma Avg. Annual precipitation). Les volumes de précipitations sont mesurés en tenant compte de la superficie théorique totale du PAR agrandi. Les volumes d'eau provenant des fossés de drainage ne sont pas compris dans notre bilan, car il s'agit d'une donnée intermédiaire, c'est-à-dire ni un intrant ni un extrant au bilan d'eau. Ces volumes

découlent directement des précipitations, qui se traduisent en ruissellement vers les bassins de collecte ou par entraînement et exfiltration à travers les résidus. Il est possible de mesurer les volumes entrants dans les bassins de collecte en soustrayant les intrants connus (les volumes d'eau de pompage sous la membrane) des extrants (effluent et évaporation). Enfin, les données d'effluent final du PAR sont également fournies dans le bilan d'eau schématisé, tant pour les conditions sèches, normales que humides. Il s'agit en fait du volume d'eau de contact pompé du bassin de collecte vers notre usine de traitement d'eau industrielle (UTEI, ou IWTP en anglais, voir sur le schéma les données Avg. Annual contact water to IWTP).

Pour ce qui est de la capacité du système de gestion des eaux, selon nos calculs, la revanche de 1 m requise lors du passage de la crue de la D019 est respectée dans le bassin de collecte lors de l'agrandissement de la phase 5 du PAR sans agrandissement du bassin de collecte, mais en modifiant les conditions et la capacité de pompage du bassin de collecte vers l'usine de traitement des eaux industrielles (UTEI) (**Figure 3**). Les conditions d'opération de pompage considérées lors des simulations sont spécifiées aux **Figure 3** et **Figure 4**. Ces conditions d'opération utilisées dans les simulations de la phase 5 sont similaires à celles utilisées pour la phase 5A de l'agrandissement de la phase 5 et présentées dans la note technique Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 5A fourni à l'annexe A du présent document. Comme spécifié dans cette note technique, le débit de pompage du bassin de collecte vers l'UTEI est limité par la capacité de traitement de l'UTEI ainsi que par les apports en eau vers l'UTEI en provenance des autres secteurs du site (eau d'exhaure, eau de la zone industrielle, etc.). Malgré ces contraintes, et tel que présenté à la **Figure 3**, il est toutefois possible de pomper un débit suffisant du bassin de collecte vers l'UTEI afin de contenir les eaux dans le bassin de collecte tout en respectant le critère de revanche de 1 m.

Selon nos calculs, la revanche de 0,3 m lors des crues maximales probables (CMP) est également respectée lors de l'agrandissement de la phase 5 du PAR sans agrandissement du bassin de collecte (**Figure 4**) mais en élargissant le déversoir d'urgence à 60 m.

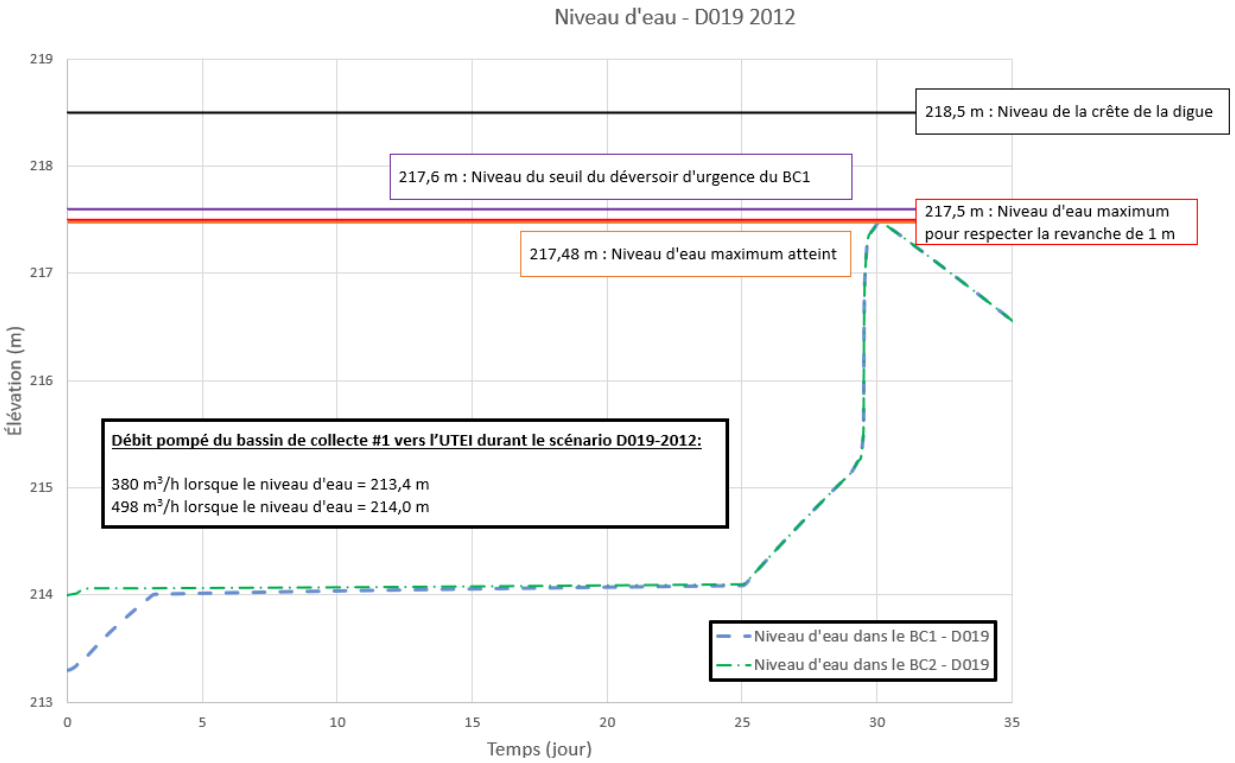


Figure 3 : Niveau d'eau calculé dans le bassin de collecte lors de la simulation du scénario D019-2012 pour l'agrandissement de la Phase 5

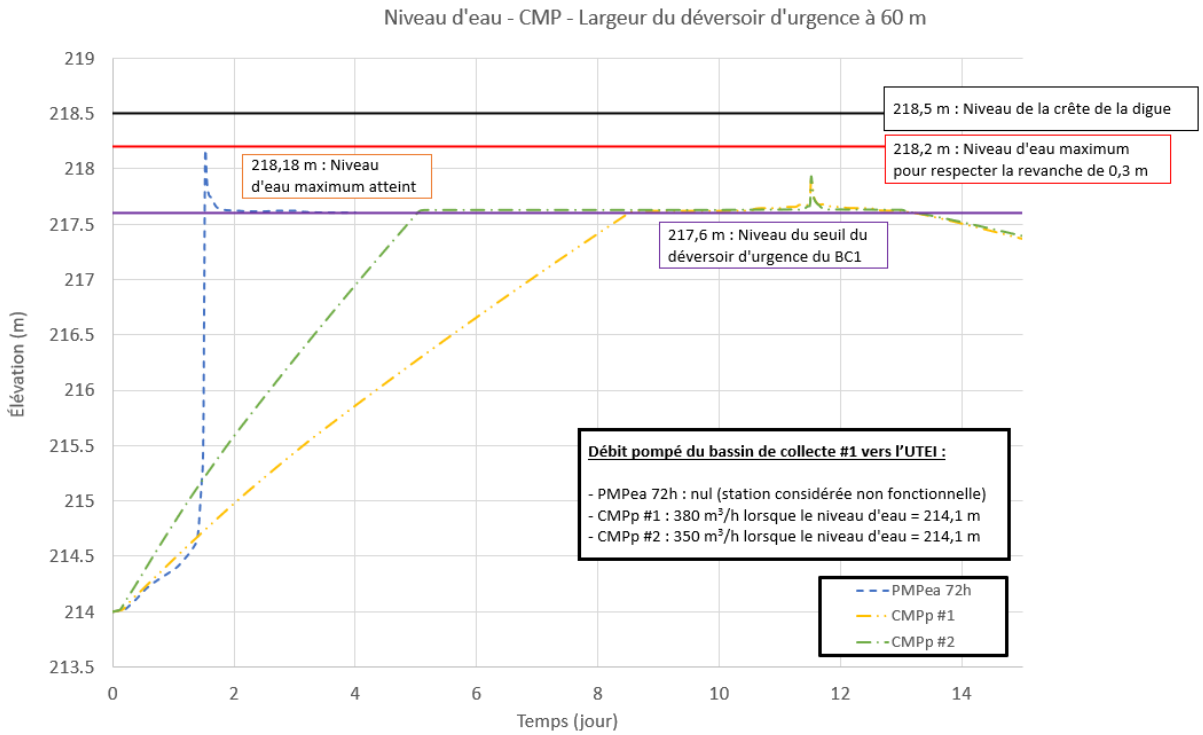


Figure 4 : Niveaux d'eau calculés dans le bassin de collecte lors de la simulation des scénarios PMPea 72h, CMPp no1 et CMPp no2 - Largeur du déversoir d'urgence de 60 m pour l'agrandissement de la Phase 5

Références :

AtkinsRéalis, 2025 : Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 5A fourni à l'annexe A du présent document.

QC2 - 4. À la réponse de la QC-10, le promoteur indique que la mise à jour du plan de réaménagement et de restauration (PRR) pour le site minier Éléonore a été soumise au MRNF en octobre 2024, et que cette dernière présente seulement la phase d'agrandissement 5A du PAR. Le PRR doit inclure la totalité de l'agrandissement du PAR phase 5 et l'aménagement des infrastructures connexes tel que présenté dans la demande de modification du CA.

Le promoteur doit inclure l'ensemble de la phase 5 dans son plan de restauration, car il est jugé inacceptable d'inclure les phases 5B et 5C dans le PRR, seulement après leur construction. Le PRR doit également être cohérent avec les infrastructures présentées dans la demande de modification du CA pour l'agrandissement du PAR.

RP2-4 : Le processus de demande d'autorisation au Titre II est relativement long. Afin d'éviter la préparation d'une nouvelle demande à court terme et de donner aux analystes une vision d'ensemble du projet, il a été décidé de demander dès maintenant une capacité couvrant les réserves minières et les ressources (mesurées, inférées et indiquées). Bien que les ressources ne fassent pas partie du plan minier actuel, il est probable que la poursuite des activités d'exploration permet de les intégrer (en tout ou en partie) au plan minier dans les prochaines années. C'est ce que montre la **Figure 5**, avec un potentiel d'exploitation jusqu'en 2033. L'actuelle demande d'autorisation pour l'agrandissement du parc à résidus, couvre les phases d'agrandissement 5A, 5B et 5C. Ce phasage permet de construire uniquement les phases requises par le plan minier.

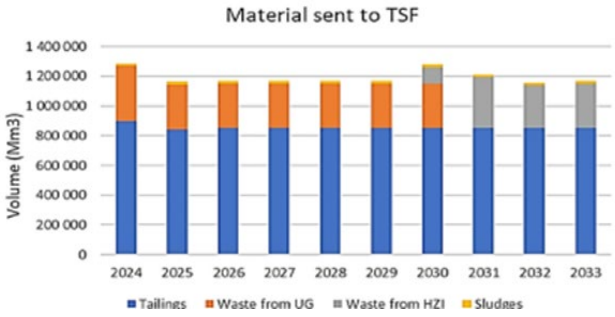


Figure 5 : Production projetée de résidus miniers

Le plan minier préparé en juin 2024, tel que présenté dans le plan de restauration (PDR), montre des réserves pour supporter une exploitation jusqu'en 2029 (**Tableau 1**). Ce plan minier est celui utilisé par la mine Éléonore pour préparer les budgets. Le PDR présente uniquement la phase 5A parce que la mine Éléonore n'a pas actuellement les réserves minières suffisantes pour justifier les phases subséquentes.

Tableau 1: Plan minier 2024-2029

Année	Minerai extrait (t)	Résidus dans le remblais (t)	Résidus désulfurés au PAR (t)	Stériles utilisés au PAR (t)	Stériles utilisés en remblais rocheux (t)	Stériles de la halde ZI utilisés au PAR ou en remblais rocheux (t)	Inventaire de la halde ZI en fin d'année (t)
2024	2 009 904	631 404	1 378 500	509 279	328 087	77 700	1 927 284
2025	2 015 049	668 948	1 346 101	501 543	442 958	92 500	1 834 784
2026	1 826 018	692 542	1 133 476	513 088	451 040	185 000	1 649 784
2027	1 845 755	736 442	1 109 313	19 398	356 245	555 000	1 094 784
2028	1 448 187	611 367	836 820	-	298 493	652 081	442 703
2029	965 981	377 272	588 709	-	256 467	442 703	0
Total	10 110 894	3 717 975	6 392 919	1 543 308	2 133 290	2 004 984	

Cela dit, le plan minier est révisé annuellement afin d'intégrer, le cas échéant, les nouvelles réserves minières. C'est pourquoi dans le PDR, il est indiqué que lorsque le plan minier nécessitera un agrandissement du PAR au-delà de la phase 5A, le PDR sera mis à jour.

En résumé, la demande d'autorisation pour l'agrandissement du PAR vise une capacité permettant de recevoir les réserves minières actuelle ainsi que les ressources ayant le potentiel d'être converties en réserves au cours des prochaines années. La planification par phases permet de construire seulement ce qui est requis selon le plan minier (réserves minières). Le PDR présente seulement la phase 5A puisque cette phase permet de recevoir tous les résidus miniers (résidus et stériles) jusqu'à la fin des opérations minières en 2029, tel que prévu au plan minier actuel.

Cette information sera intégrée aux réponses aux questions adressées à mine Éléonore, le 12 février dernier, par le MRNF dans le cadre de la révision actuelle du PDR.

QC2 - 5. À la QC-20, il avait été demandé au promoteur de présenter les analyses de stabilité en tenant compte d'une déficience des systèmes de drainage. À la QC-21, il avait été demandé au promoteur de présenter des informations supplémentaires concernant le niveau maximal de la nappe phréatique pour chaque élévation du PAR, les paramètres acceptables liées au niveau de la nappe phréatique pour le respect des facteurs de sécurité de la D019, et les actions qui seront mises en place dans le cas d'un dépassement du niveau de la nappe phréatique.

Pour répondre à ces deux questions et pour considérer l'augmentation du niveau d'eau dans le PAR sur la stabilité de la pile des résidus, la nappe phréatique a été positionnée à une élévation de 250 m asl au centre de la pile. Le promoteur présente les analyses de stabilité pour une élévation du PAR à 275 m asl. À cette élévation, les digues d'amorce et la pile des résidus respectent les facteurs de sécurité requis. Bien que ces résultats confirment que les facteurs de sécurité sont respectés pour cette élévation, le promoteur ne présente pas les résultats pour une élévation de 260 m asl. Le promoteur ne présente pas les actions qui seront mises en place en cas d'un dépassement du niveau de la nappe phréatique.

Le promoteur doit présenter les analyses de stabilités pour toutes les élévations prévues au PAR (260 m et 275 m) et présenter les actions correctives qui seront mises en place dans le cas d'un dépassement du niveau de la nappe phréatique.

RP2-5 : Les quatre (4) coupes transversales, présentées à la **Figure 6**, ont été utilisée afin de vérifier la stabilité de la nouvelle digue d'amorce et de la pile de résidus. En ce qui concerne les analyses de stabilité à une élévation de 260 m, celles-ci ont été complétées pour une élévation de résidus à 275 m avec une nappe phréatique à 250 m, et également pour une élévation des résidus à 260 m et une nappe phréatique à 240 m. Les résultats sont présentés au **Tableau 2**.

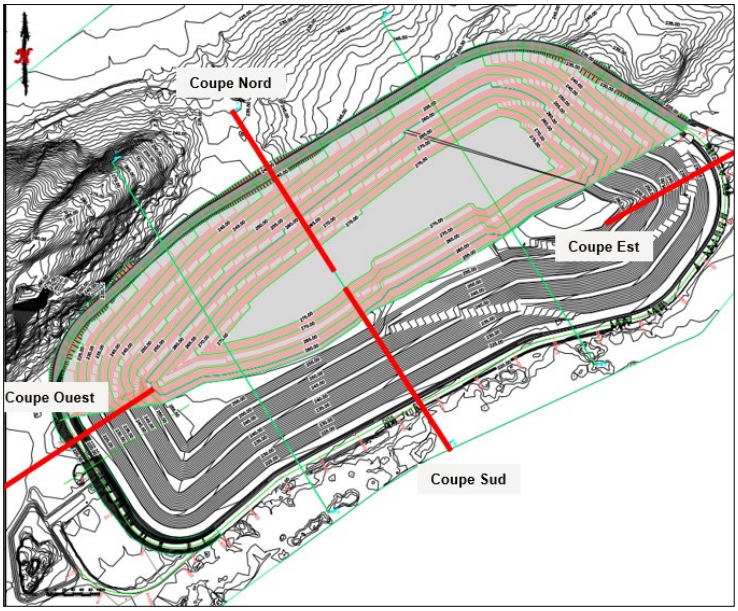


Figure 6 : Coupes sélectionnées pour les analyses de stabilité

Tableau 2: Résultats des analyses de stabilité

Section	Él. du PAR (m asl)	Él. de la nappe d'eau (m asl)	Analyse	FS requis	FS obtenu
NORD	260	240	STATIQUE	1,5	2,3
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	2,0
	275	250	STATIQUE	1,5	1,9
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	1,7
OUEST	260	240	STATIQUE	1,5	1,8
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	1,4
	275	250	STATIQUE	1,5	1,8
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	1,4
SUD	260	240	STATIQUE	1,5	2,0
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	1,8
	275	250	STATIQUE	1,5	2,0
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	1,8
EST	260	240	STATIQUE	1,5	1,7
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	1,6
	275	250	STATIQUE	1,5	1,7
			PSEUDO-STATIQUE	1,1	1,5

Mine Éléonore utilise un plan de déclenchement, d'actions et d'interventions (trigger action response plans ou TARPs) qui est un outil d'aide à la prise de décision rapide, et de contrôle des risques pour suivre la performance des ouvrages associée aux modes de défaillances crédibles. Les TARPs décrivent les indicateurs de performance et prédéfinissent les actions à prendre s'il y a des déviations. Ils considèrent le suivi des instruments ainsi que les inspections visuelles requises décrites dans le Manuel d'OES. Un exemple des niveaux de déclenchements des TARPs selon les niveaux de la nappe phréatique dans les résidus ainsi que les actions et les réponses associées aux déclencheurs sont présentés à la **Figure 7**.

Les niveaux piézométriques critiques mesurés dans les piézomètres installés dans la pile de résidus seront déterminés à partir d'analyses de stabilité par équilibre limite pour un cas rupture par glissement pour des facteurs de sécurité minimum de 1,30 et 1,50.

Les niveaux critiques de chaque piézomètre dans la pile seront déterminés suite aux analyses et à l'installation des piézomètres en projetant sa position d'implantation sur la coupe analysée selon le niveau piézométrique obtenue en fonction du facteur de sécurité minimum visé. L'élévation obtenue représente le niveau piézométrique critique dans le piézomètre à ne pas dépasser pour assurer la stabilité de la pile de résidus, soit le niveau 3 présenté à la **Figure 7**. Le suivi du niveau

piézométrique des piézomètres déclenche les actions pré-définies dans le TARPs selon le niveau atteint tel que présenté à la **Figure 7**.

TARPs	Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Pression interstitielle des piézomètres dans les résidus					
		Opération normale	Seuil 1 (S1)	Seuil 2 (S2)	Condition inhabituelle	Alerte	Crise
		Activités de routine selon le Manuel OES	Investigation	Notification	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
		Niveaux attendus lors de la conception	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,1 ≤ FoS < 1,3	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à FoS ≤ 1,1
PR-1		< 232,8 m	232,8 m < x < 234,8 m	> 234,8 m	> 234,8 m (augmentation lente)	> 234,8 m (augmentation rapide)	> 237,5 m
PR-2A, PR-2B		< 239,5 m	239,5 m < x < 241,5 m	> 241,5 m	> 241,5 m (augmentation lente)	> 241,5 m (augmentation rapide)	> 245 m
PR-3		< 230,5 m	230,5 m < x < 232,5 m	> 232,5 m	> 232,5 m (augmentation lente)	> 232,5 m (augmentation rapide)	> 236 m
PR-4		< 235 m	235 m < x < 237 m	> 237 m	> 237 m (augmentation lente)	> 237 m (augmentation rapide)	> 238,4 m
PR-5		< 228,9 m	228,9 m < x < 230,9 m	> 230,9 m	> 230,9 m (augmentation lente)	> 230,9 m (augmentation rapide)	> 231,6 m
PR-6, PR-13, PR-14		< 230 m	230 m < x < 232 m	> 232 m	> 232 m (augmentation lente)	> 232 m (augmentation rapide)	> 235,5 m
PR-7		< 230,5 m	230,5 m < x < 232,5 m	> 232,5 m	> 232,5 m (augmentation lente)	> 232,5 m (augmentation rapide)	> 233,7 m
PR-8, PR-10		< 227,4 m	227,4 m < x < 229,4 m	> 229,4 m	> 229,4 m (augmentation lente)	> 229,4 m (augmentation rapide)	> 231,1 m
PR-9		< 224,2 m	224,2 m < x < 226,2 m	> 226,2 m	> 226,2 m (augmentation lente)	> 226,2 m (augmentation rapide)	> 238,3 m
PR15		à venir	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir
PR16		à venir	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir
PR17		à venir	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir
Actions		Responsable du PAR (RTFE/P) • Assurer le bon fonctionnement des instruments dans Canary et qu'ils sont associés à un déclencheur dans Canary. • Définir une notification d'alarme pour chaque déclenchement pour les différents niveaux de TARP. • Examiner la qualité des données et l'intégrité du système. • Réaliser les rapports mensuels sur les performances avec l'aide du EoR. • Mettre à jour les rapports de contrôles critiques.	Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR) • Effectuer toutes les actions des Opérations normales. • Surveiller les tendances piézométriques avec un examen particulier des zones où une anomalie ou un dépassement est observé. • Identifier et évaluer les hypothèses de changement dans les tendances observées. • Envoyer le dépassement dans le cadre d'un rapport mensuel à l'EoR. • Confirmez que l'instrument fonctionne correctement et que les données associées sont signalées comme prévu. • Le EoR et RTFE/P doivent fournir des hypothèses sur les tendances observées dans le cadre des rapports mensuels • Vérifier les piézomètres Casagrandes (PO-21-02 à PO-21-04) et les thermistances (TH-21-02 à TH-21-04) localisés à proximité.	Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR) • Effectuer toutes les actions du S1. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification du PAR à l'EoR et CTDT pour examen dans les 24 heures. • Le EoR doit répondre à la notification dans les 24 heures avec des hypothèses et toutes les actions requises. • Le EoR doit fournir une prévision des tendances attendues en établissant une corrélation avec les performances du PAR, l'activité de construction, la déposition des résidus et les activités opérationnelles. • Surveiller les niveaux dans les systèmes de drainage et maximisez le captage d'eau des systèmes. • Vérifier la corrélation entre la montée/descente de l'eau et le comportement piézométrique. • Vérifier les tendances piézométriques avec des déclencheurs établis dans le secteur d'occurrence.	Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT) • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Déclarer une condition inhabituelle de niveau 1 sur la PAR et suivre les exigences de le PIU pour les actions d'atténuation. • Aviser tous les contacts concernés GM, SBLER, EoR, CTDT dans les heures suivant l'événement via le formulaire de notification PAR. • Effectuer une inspection événementielle de PAR. • Collaborer avec EoR, RTFE/P et CTDT pour prédire et identifier les performances attendues du PAR après une revue globale. • Envisager d'arrêter les constructions dans le secteur. • En fonction de l'événement, déterminez si une transmission aux régulateurs est nécessaire.	Équipe d'intervention rapide • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le PIU et les mesures et exigences d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et ajoutez d'autres mesures dans le TARP si nécessaire. • Escalader selon le PIU pour les contacts internes et externes.	Équipe d'intervention rapide • Évacuer le personnel au parc à résidus. • Suivre le plan d'intervention d'urgence.
Notification		Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

Figure 7 : Un exemple de TARP des niveaux piézométriques dans les résidus miniers

Références :

SNC Lavalin, 2024. Plans d'action en cas d'élément déclencheur (*TARPs*) du PAR de la Mine Éléonore, 688666-4200-4HER-0001, Québec, Canada, novembre 2024 – fourni à l'annexe B du présent document.

QC2 - 6. À la réponse de la QC-25, le promoteur indique que la mine Éléonore planifie la restauration de la phase 1 du PAR pour l'année 2025, et qu'une modification des surfaces de restauration progressive a été effectuée en tenant compte de l'agrandissement de la phase 5. La figure 23 du document de réponses aux questions et commentaires présente une vue en plan du concept de restauration progressive du PAR selon les phases. Cependant, cette figure ne correspond pas aux surfaces présentées dans le PRR en cours d'analyse au MRNF.

Le promoteur doit apporter des justifications et des précisions concernant cette disparité entre les documents.

R2-7 : La réponse à la question QC2-4 explique pourquoi, les superficies de l'agrandissement du PAR dans la demande d'autorisation et celles présentées dans le PDR sont différentes.

La figure 23, à laquelle la question fait référence, présente les superficies de restauration progressive pour l'ensemble de la phase 5 (A-B-C). En ce qui concerne le PDR, étant donné que seule la phase 5A est requise selon le plan minier et les réserves actuels, une nouvelle figure sera préparée et intégrée aux réponses aux questions adressées à mine Éléonore, le 12 février dernier, par le MRNF dans le cadre de la révision actuelles du PRR.

COMMENTAIRES

Les commentaires suivants traitent de l'enjeu de la stabilité de la cellule 5 du PAR. Afin d'assurer que le promoteur respecte les exigences de la D019, les documents mentionnés dans les commentaires suivants devront être déposés lors de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE.

QC2 - 7. À la réponse de la QC-12, le promoteur démontre l'intégration de l'agrandissement du PAR, particulièrement en ce qui concerne le suivi de la stabilité du PAR et le suivi des vibrations causées par le dynamitage dans la zone d'agrandissement.

Le promoteur devra présenter, lors de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE, une mise à jour du plan de déclenchement de réponses existant (Trigger Action Response Plan), incluant les paramètres de mesures pour chaque instrument d'auscultation et les géophones, afin de surveiller le respect des paramètres de conception et les exigences de la D019, particulièrement ceux concernant le facteur de sécurité. Le promoteur devra également déposer l'étude « Blast Assessment on Existing TSF » et démontrer l'inclusion des géophones et des paramètres de contrôle lors de la mise à jour du plan de déclenchement de réponses.

R2-7 : La note technique Blast Assessment on Existing TSF est présenté à l'annexe C. Ce document a servi de base pour l'implantation des géophones.

Un plan d'intervention spécifique pendant les travaux de dynamitage et un programme de suivi est présenté à l'Annexe B de la note technique « Programme de surveillance par instrumentation – Mine Éléonore – Parc à résidus – Phase 5A ». Cette note technique avec le plan d'intervention est jointe à ce document à l'annexe D. Ce document servira de référence pour le suivi de l'instrumentation et des inspections visuelles à réaliser lors des travaux de dynamitage selon le tableau présenté à la **Figure 8**. Celui-ci sera mis à jour régulièrement durant les travaux de dynamitage.

Seuils d'alerte spécifique pour les géophones et les tiltmètres pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A								
Instruments et inspection visuelle		Opération normale (Activités de routine)	Seuil 1 (S1) (Investigation)	Seuil 2 (S2) (Notification)	Condition inhabituelle (Niveau 1)	Urgence (Niveau 2)	Crise (Niveau 3)
Géophones (*PPV*)	P1	< 20 mm/s	-	-	> 20 mm/s	-	-
	P2	< 20 mm/s	-	-	> 20 mm/s	-	-
	P3	< 5 mm/s	-	-	> 5 mm/s	-	-
	P4	< 5 mm/s	-	-	> 5 mm/s	-	-
	P5	< 5 mm/s	-	-	> 5 mm/s	-	-
	P6	< 5 mm/s			> 5 mm/s		
Tiltmètres[1]		Déflection totale inférieure à 0,5° ou taux de déflection nul	Déflection totale entre 0,5° et 1,0°	Déflection totale entre 1,0° et 2,0°	Déflection totale supérieur à 2,0°	-	-
GNSS Meter[1]		Déplacement enregistré inférieur à 12,5 mm ou taux de déplacement nul	Déplacement total entre 12,5 et 25 mm	Déplacement total entre 25 et 50 mm	Déplacement total supérieur à 50 mm	-	-
Piézomètres		Se référer au document des TARPs NA-ELE-PAR-DIR-033-104_TARPs_Version_00 pour les niveaux d'alerte					
Signes visuels de détérioration							

Notes :
1. Le taux de déplacement et de déflection seront également pris en compte pour confirmer l'application d'un seuil d'alerte

Figure 8 : Seuils d'alerte spécifique pour les géophones et les tiltmètres pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A

Références :

AtkinsRéalis, 2024. Blast assessment on Existing TSF – Éléonore Phase 5A joint à ce document à l'annexe C.

AtkinsRéalis, 2025. Programme de surveillance par instrumentation – Mine Éléonore – Parc à résidus – Phase 5A joint à ce document à l'annexe D.

QC2 - 8. À la QC-14, il avait été demandé au promoteur de déposer une mise à jour des analyses de stabilité pour inclure les résidus avec une teneur en solides inférieures à 80 % que le promoteur prévoyait déposer au centre du PAR. À la réponse de la QC-14, le promoteur présente la teneur en solide des résidus pour les années 2015 à 2023, d'une moyenne de 83,3 %. Le promoteur indique également qu'aucun résidu ayant une teneur de solide inférieure à 80% ne sera déposé dans la phase 5 du PAR, et qu'il n'est donc pas nécessaire de mettre à jour les analyses de stabilité du PAR.

En absence d'une mise à jour complète des analyses de stabilité, le promoteur devra présenter, lors de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE, toutes les analyses de stabilité, d'écoulement d'eau et de susceptibilité à la liquéfaction en cohérence avec les critères de conception retenus. Cela inclut, en particulier, les critères relatifs à la teneur en solides des résidus filtrés ainsi que la destination prévue pour ceux qui ne respectent pas ces critères.

R2-8 : Les analyses de stabilité, d'écoulement d'eau et de susceptibilité à la liquéfaction ont été effectuées pour toutes les phases antérieures du PAR, cependant, les analyses pour la phase 5 sont en cours et seront soumises avec la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE.

QC2 - 9. À la QC-18, il avait été demandé au promoteur de présenter une évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction des résidus et des différentes couches qui composent la fondation du PAR, afin de justifier les raisons pourquoi le mode de défaillance par liquéfaction des résidus et/ou de la fondation n'a pas été considéré dans la conception de l'agrandissement du PAR. En réponse à la QC-18, le promoteur indique que la fondation

du PAR n'est pas susceptible à la liquéfaction ou à un ramollissement cyclique en raison de l'absence de l'argile et que le till sous-jacent est dense. Ainsi, l'évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction des résidus et de la fondation n'est pas présentée dans son entièreté dans le document de réponses aux questions. Le promoteur indique toutefois que les résidus seront compactés minimalement à 90% au centre de la cellule 5 et à 92% en périphérie de la cellule 5. Le promoteur indique qu'en respectant ces critères de compactage, il n'est pas prévu que les résidus soient susceptibles à la liquéfaction.

Le promoteur devra déposer, lors de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE, le rapport d'évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction, ainsi qu'une analyse des risques et des conséquences dans le cas qu'un tel évènement se produise lors de l'exploitation de la cellule 5 du PAR.

R2-9 : Le rapport d'évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction ainsi qu'une analyse des risques et des conséquences (niveau 1) seront soumises avec la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE**.**

QC2 - 10. À la QC-22, il avait été demandé au promoteur de présenter le rapport de conception du système de drainage interne de la pile et de la digue périphérique afin de démontrer la maîtrise du risque de colmatage et du processus d'érosion interne au PAR. Le promoteur présente l'emplacement de la conduite sous-drainage, et le schéma d'un système de sous-drainage typique de la phase 5 du PAR. Le promoteur indique que le système de drainage interne se fera en stérile dans le fossé interne qui collecte les eaux contaminées vers le bassin de collecte.

Le promoteur devra présenter, lors de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE, le rapport de conception détaillé, accompagné des plans et devis de construction finaux, signés et scellés par l'ingénieur concepteur.

R2-10 : Le rapport de conception sera soumis avec les plans signés et scellés seront soumis lors de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE**.**

Annexe A

Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 5A

AtkinsRéalis	NOTE TECHNIQUE Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 5A		
	No de document :	**Rév.**	**Date :**
	699802-3000-4HER-0001	00	25 février 2025

Titre du document : **ÉTUDE DE GESTION DES EAUX DE SURFACE DU PAR ÉLÉONORE – PHASE 5A**

Client : **NEWMONT CORPORATION, MINE ÉLÉONORE**

Projet : **INGÉNIERIE ET ÉTUDES POUR LA PHASE 5A DU PARC À RÉSIDUS DE LA MINE ÉLÉONORE**

Préparé par : Jérémie Vuong, ing.
#OIQ : 6020477

Révisé par : Félix-Antoine Desrochers, ing.
#OIQ : 5071820

Approuvé par : Geneviève Marchand, ing., M.Sc., PMP
#OIQ : 127590

Note au lecteur

Ce rapport a été préparé et les travaux mentionnés dans ce rapport ont été entrepris par AtkinsRéalis Canada inc. (AtkinsRéalis), pour l'usage exclusif de **Newmont**, qui a été partie à l'élaboration de l'étendue des travaux et en comprend les limites. La méthodologie, les constatations, les conclusions et les recommandations de ce rapport sont basées uniquement sur la portée des travaux et sont soumises aux considérations de temps et de budget décrites dans la proposition et/ou le contrat en vertu duquel ce rapport a été publié. L'utilisation du présent rapport par un tiers, la confiance qu'il accorde à celui-ci ou la décision qu'il prend en se fondant sur celui-ci sont la responsabilité exclusive de ce tiers. AtkinsRéalis n'assume aucune responsabilité à l'égard des dommages qui pourraient être subis ou engagés par un tiers en raison de l'utilisation de ce rapport, de la confiance accordée à celui-ci ou de toute décision prise en fonction de celui-ci.

Les constatations, conclusions et recommandations contenues dans ce rapport (i) ont été élaborées d'une manière conforme au niveau de compétence normalement exercé par les professionnels exerçant actuellement dans des conditions similaires dans la région, et (ii) reflètent le meilleur jugement de AtkinsRéalis basé sur les informations disponibles au moment de la préparation de ce rapport. Aucune autre garantie, expresse ou implicite, n'est donnée à l'égard des services professionnels fournis à **Newmont** ou des constatations, conclusions et recommandations contenues dans le présent rapport. Les constatations et les conclusions contenues dans le présent rapport ne sont valables qu'à la date du présent rapport et peuvent être fondées, en partie, sur des renseignements fournis par d'autres personnes. Si l'une ou l'autre des informations est inexacte, de nouvelles informations sont découvertes ou les paramètres du projet changent, des modifications au présent rapport pourraient être nécessaires.

Ce rapport doit être lu dans son ensemble, car des sections prises hors contexte peuvent être trompeuses. Si des divergences surviennent entre la version préliminaire (ébauche) et la version finale de ce rapport, c'est la version finale qui prime. Rien dans le présent rapport ne vise à constituer ou à fournir une opinion juridique.

Le contenu de ce rapport est confidentiel et exclusif. Sauf par **Newmont**, il n'est pas permis de reproduire ou de distribuer le présent rapport ou d'utiliser l'information contenue dans les présentes, en totalité ou en partie, ou de s'y fier, sans la permission expresse écrite de **Newmont** et de AtkinsRéalis.

Liste des révisions

#	Prép.	Rév.	App.	Date	Pages	Remarques
PA	JV			02-12-2024	Toutes	Pour commentaires - Interne
PB	JV	FAD	GM	13-12-2024	Toutes	Pour commentaires - Client
00	JV	FAD	GM	25-02-2025	Toutes	Pour émission finale

Table des matières

1. Introduction 1

1.1 Contexte 1

1.2 Objectifs de l'étude 2

2. Données hydrologiques 3

2.1 Précipitations 3

2.2 Scénarios météorologiques 5

3. Eaux d'exhaure et de ruissellement de la zone industrielle 11

4. Modélisation hydraulique PCSWMM 13

4.1 Sous-bassins versants 15

4.2 Dimensionnement des fossés 18

4.2.1 Fossés périphériques de collecte des eaux de contact 18

4.2.2 Fossés de dérivation 20

4.3 Ponceaux 20

4.4 Conduites d'amenées et surverse d'urgence 21

4.5 Bassins de collecte 22

4.6 Déversoir de la digue médiane 26

4.7 Déversoir d'urgence 26

4.8 Bassin de sédimentation et bassin de polissage 27

5. Critères de conception et règles d'opération 29

5.1 Critères de conception 29

5.2 Règles d'opération de l'UTEI et des stations de pompage du PAR 30

6. Résultats des simulations 33

6.1 Crue de la D019-2012 33

6.2 Crues maximales probables (CMP) 36

6.2.1 Élargissement du déversoir d'urgence 36

6.3 Pluie 100ea 24h 38

7. Protection contre l'érosion 43

7.1 Fossé et extrémité des ponceaux 43

7.2 Surverse et déversoir d'urgence 46

8. Conclusion et recommandation 47

9. Références 48

Liste des tableaux

Tableau 2-1 : Stations météorologiques à proximité de la mine Éléonore 3
Tableau 2-2 : Courbes IDF d'été-automne majorées pour tenir compte des changements climatiques 4
Tableau 2-3 : Courbes IDF printanières majorées pour tenir compte des changements climatiques 4
Tableau 2-4 : Pluies maximales probables (PMP) 5
Tableau 2-5 : Couverts de neige au sol statistiques 5
Tableau 2-6 : Scénarios météorologiques 6
Tableau 4-1 : Caractéristiques des sous-bassins-versants du modèle PCSWMM 16
Tableau 4-2 : Paramètres généraux utilisés pour les calculs hydrologiques dans PCSWMM 17
Tableau 4-3 : Niveaux d'opérations du bassin de collecte agrandi en conditions été/automne 23
Tableau 4-4 : Niveaux d'opérations du bassin de collecte agrandi en conditions hiver/printemps 24
Tableau 4-5 : Niveaux d'opérations du bassin de sédimentation et du bassin polissage 28
Tableau 5-1 : Revanches minimales requises dans le bassin de collecte agrandi 29
Tableau 6-1 : Niveaux d'eau maximums calculés dans le bassin de collecte agrandi lors de la simulation des scénarios PMPea 72h, CMPp nº1 et CMPp nº2 - Largeur du déversoir d'urgence de 35 m 37
Tableau 7-1 : Empierrement de protection 43
Tableau 7-2 : Enrochements de protection recommandés aux droits des fossés 43
Tableau 7-3 : Type d'enrochement aux extrémités des ponceaux 45
Tableau 7-4 : Caractéristiques, débits et vitesse max. calculés au droit des infrastructures hydrauliques 46
Tableau 7-5 : Enrochements de protection recommandés aux droits des infrastructures hydrauliques 46

Liste des figures

Figure 1-1 : Vue en plan des phases du PAR de la mine Éléonore. 1
Figure 2-1 : Hyétogramme de précipitations du scénario D019-2012 7
Figure 2-2 : Hyétogramme de précipitations du scénario PMPea 72h 8
Figure 2-3 : Hyétogrammes des précipitations des crues CMPp no 1 et CMPp no 2 9
Figure 2-4 : Hyétogramme de précipitations du scénario 100ea 24h 10
Figure 3-1 : Débit journalier passant par le débitmètre FIT-0109 11
Figure 4-1 : Vue d'ensemble du modèle PCSWMM 13
Figure 4-2 : Géométrie du modèle PCSWMM du PAR 14
Figure 4-3 : Géométries types du fossé périphérique Nord (section transversale) 19
Figure 4-4 : Géométries types du fossé périphérique Sud (section transversale) 19

Figure 4-5 : Géométrie type des fossés de dérivation Est (section transversale) 20

Figure 4-6 : Localisation approximative des ponceaux dans les fossés périphériques en phase 5A 21

Figure 4-7 : Géométrie schématique de la surverse d'urgence entre les fossés périphériques et le bassin de collecte #2 22

Figure 4-8 : Configuration du bassin de collecte agrandi 23

Figure 4-9 : Courbe d'emmagasinement préliminaire du bassin de collecte agrandi 25

Figure 4-10 : Dimensions du déversoir de la digue médiane 26

Figure 4-11 : Dimensions du déversoir d'urgence du bassin de collecte #1 requis pour la phase 5A 26

Figure 4-12 : Localisation de l'UTEI et du bassin de sédimentation et du bassin de polissage 27

Figure 4-13 : Courbes d'emmagasinement du bassin de sédimentation et du bassin polissage 28

Figure 6-1 : Niveau d'eau calculé dans le bassin de collecte agrandi lors de la simulation du scénario D019-2012 33

Figure 6-2 : Fossé périphérique « Nord » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario D019-2012 34

Figure 6-3 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario D019-2012 35

Figure 6-4 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario D019-2012 36

Figure 6-5 : Niveaux d'eau calculés dans le bassin de collecte agrandi lors de la simulation des scénarios PMPea 72h, CMPp nº1 et CMPp nº2 - Largeur du déversoir d'urgence de 35 m 37

Figure 6-6 : Fossé périphérique « Nord » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h 38

Figure 6-7 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h 39

Figure 6-8 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h 40

Figure 6-9 : Fossés de dérivation « Ouest » (eau sans contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h 41

Figure 6-10 : Fossés de dérivation « Est » (eau sans contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h. 42

Figure 7-1 : Aménagements pour la protection contre l'érosion le long du fossé périphérique Nord et Sud 44

Figure 7-2 : Plan 7017 – Type d'enrochement le long du fossé de dérivation Est 45

1. Introduction

1.1 Contexte

Depuis 2014, Newmont Corporation (Newmont) exploite le gisement aurifère de la mine Éléonore situé le long du réservoir Opinaca, dans le territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. L'extraction et le traitement du minerai entraînent la production de résidus décyanurés et exempts de sulfures, qui sont ensuite filtrés, transportés par camion et déposés dans le parc à résidus (PAR). Le PAR actuellement en service occupe l'empreinte originale autorisée lorsque la mine a commencé ses opérations commerciales en 2014. Le PAR, qui est divisé en quatre (4) cellules, atteindra sa capacité ultime à la fin de 2026. La capacité du PAR consiste en une empreinte de 80 hectares à la fin de la phase 4A.

Selon les données de production projetées, la mine Éléonore anticipe dépasser la capacité maximale du PAR (phase 4A). Une expansion du PAR dont la première phase est la Phase 5A est donc prévue. La zone d'expansion sélectionnée pour la Phase 5A est située directement au nord des phases 1 et 2 existantes. AtkinsRéalis a été mandatée pour réaliser la conception de cette première phase d'expansion. Cette note technique présente les études hydrologiques et hydrauliques réalisées dans le cadre de l'expansion Phase 5A afin de dimensionner les infrastructures de gestion des eaux de surface. La **Figure 1-1** présente une vue en plan du PAR Éléonore et localise les différentes phases du plan de déposition.

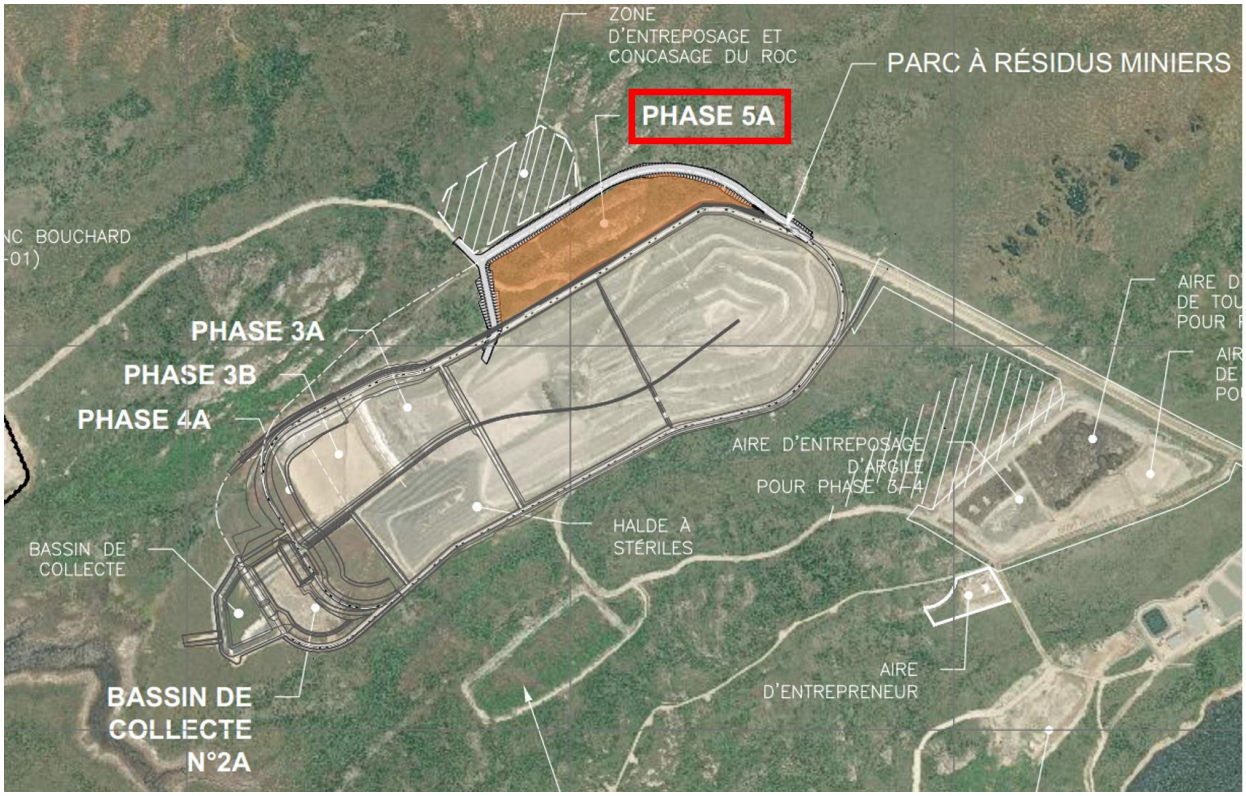


Figure 1-1 : Vue en plan des phases du PAR de la mine Éléonore.

1.2 Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Développer un modèle hydraulique du PAR avec le logiciel PCSWMM incluant la phase 5A de déposition en condition finale d'exploitation, c'est-à-dire lorsque la phase 5A aura atteint sa capacité ultime de stockage. D'un point de vue hydrologique, il s'agit de la condition la plus critique puisque l'empreinte du PAR sera maximale et l'ensemble des eaux du PAR seront dirigées vers les bassins de collecte.
- Dimensionner les fossés périphériques et ponceaux pour la collecte des eaux de contact afin d'acheminer ces eaux vers le bassin de collecte lors de la crue de projet et de la crue de sécurité définies selon les critères de conception de la phase 5A (AtkinsRéalis, 2024).
- Dimensionner les fossés de dérivation des eaux sans-contact afin d'acheminer les eaux vers l'environnement lors de la crue définie selon les critères de conception de la phase 5A (AtkinsRéalis, 2024).
- Définir le volume d'eau devant être retenu dans le bassin de collecte lors de la crue de projet, établi selon les critères de conception de la phase 5A (AtkinsRéalis, 2024) et évaluer si le bassin de collecte existant, incluant l'agrandissement réalisé durant les phases 3B et 4A, permet de contenir les eaux lors de la crue de projet en phase 5A.
- Dimensionner le déversoir d'urgence du bassin de collecte pour la crue maximale probable la plus critique en phase 5A.

2. Données hydrologiques

Les données hydrologiques présentées dans le cadre de cette étude sont tirées de la note technique « Note technique – hydrologie » produite par SNC-Lavalin en 2019 (SNC-Lavalin, 2019). Bien que les données hydrologiques utilisées pour cette note technique n'aient pas été mises à jour depuis 2019, les effets possibles des changements climatiques ont été pris en compte et les données sont considérées suffisamment conservatrices pour les besoins de la présente étude. Les données historiques sur le climat et les précipitations pour la mine Éléonore proviennent d'une interpolation entre les données de la station météorologique de La Grande Rivière A et celle de Matagami A. Le **Tableau 2-1** résume les informations relatives à ces deux stations.

Tableau 2-1 : Stations météorologiques à proximité de la mine Éléonore

Nom	Numéro de référence	Distance de la mine Éléonore (km)	Latitude Nord	Longitude Ouest	Altitude	Période de disponibilité des données
La Grande Rivière A	7093716	146	53°37.5'	77°42.2'	195	2012 - 2019
La Grande Rivière A	7093715	146	53°38.0'	77°42.0'	195	1976 - 2012
Matagami A	7094639	348	49°46.0'	77°49.0'	281	1973 -1991
Matagami	7094637	348	49°45.5'	77°47.6'	281	1994 – 2019
Matagami A	7094636	348	49°45.7'	77°48.2'	280	2011 – 2019
Mine Éléonore	--	0	52°43' N	76°8' W	220	2016 - 2019

2.1 Précipitations

Le **Tableau 2-2** et le **Tableau 2-3** présentent les données de précipitation « Intensité-Durée-Fréquence » (IDF) retenues dans le cadre du projet, pour les pluies d'été-automne et de printemps. Le **Tableau 2-4** présente les lames d'eau correspondantes aux pluies maximales probables (PMP). Le **Tableau 2-5** présente quant à lui l'épaisseur du couvert de neige considérée pour les différentes récurrences. Ces données ont été utilisées pour développer les hyétogrammes de fonte des neiges et de précipitation des scénarios météorologiques simulés dans le cadre des analyses.

Tableau 2-2 : Courbes IDF d'été-automne majorées pour tenir compte des changements climatiques

Durée	Précipitation statistique adoptée [mm] pour différentes périodes de retour								
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	25 ans	50 ans	100 ans	1 000 ans	2 000 ans
5 min	5,7	10,3	14,0	18,2	19,6	24,6	28,5	39,1	42,3
10 min	7,4	13,1	18,2	24,3	26,4	34,1	40,7	55,9	60,5
15 min	8,7	15,5	22,2	31,0	34,2	46,7	59,3	81,9	88,8
30 min	11,4	20,5	29,5	41,6	46,0	63,4	80,5	111,8	121,3
1 h	14,8	25,0	34,4	46,2	50,5	66,3	83,2	114,4	123,8
2 h	20,4	31,7	41,2	52,4	56,2	69,7	86,3	116,6	125,7
6 h	29,0	44,5	57,4	72,6	77,8	96,3	110,9	148,8	160,2
12 h	36,3	53,6	66,7	81,1	85,6	101,5	111,6	149,8	161,3
24 h	42,6	61,8	75,5	90,0	94,4	109,6	118,1	154,0	164,8
28 h	49,4	66,0	78,2	90,2	95,5	109,9	123,9	158,0	168,0
72 h	56,6	74,3	85,0	96,0	100,0	115,0	126,0	160,0	169,0

Tableau 2-3 : Courbes IDF printanières majorées pour tenir compte des changements climatiques

Durée	Précipitation statistique adoptée [mm] pour différentes périodes de retour								
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	25 ans	50 ans	100 ans	1 000 ans	2 000 ans
5 min	4,3	7,6	10,2	13,2	14,2	17,7	20,4	27,7	29,9
10 min	5,6	9,7	13,3	17,6	19,1	24,5	29,2	39,6	42,8
15 min	6,6	11,4	16,2	22,5	24,7	33,6	42,4	58,1	62,8
30 min	8,6	15,1	21,5	30,2	33,2	45,6	57,6	79,3	85,8
1 h	11,2	18,4	25,1	33,5	36,5	47,7	59,5	81,1	87,6
2 h	15,4	23,4	30,0	37,9	40,6	50,1	61,8	82,7	89,0
6 h	21,9	32,8	41,9	52,6	56,2	69,2	79,4	105,5	113,4
12 h	27,4	39,5	48,6	58,7	61,9	72,9	79,9	106,3	114,2
24 h	32,2	45,5	55,0	65,2	68,2	78,8	84,5	109,2	116,6
28 h	34,0	48,0	57,1	65,9	69,9	80,5	90,9	117,4	125,4
72 h	35,3	48,5	58,2	67,6	71,8	83,1	94,2	122,7	131,3

Tableau 2-4 : Pluies maximales probables (PMP)

Durée	Lame d'eau de pluie (mm)	
	PMP Été-Automne	PMP Printemps
5 min	22,3	6,9
10 min	44,7	13,8
15 min	67,0	20,7
30 min	134,1	41,5
1 h	223,5	69,1
2 h	231,9	71,7
6 h	297,8	92,1
12 h	307,4	130,1
24 h	320,1	170,0
28 h	332,9	221,2
72 h	355,3	223,7

Tableau 2-5 : Couverts de neige au sol statistiques

Période de retour (an)	Couvert de neige (cm)	Équivalent en eau de la neige (mm-eq-eau)
2	57	172
5	75	224
10	86	259
20	98	293
50	112	336
100	123	369
EMP1	183	550

Note 1 : L'enneigement maximal probable (EMP) n'a pas de récurrence lui étant associée.

2.2 Scénarios météorologiques

Au total, cinq (5) scénarios météorologiques ont été simulés dans le cadre de cette étude. Ceux-ci sont présentés au **Tableau 2-6**.

Tableau 2-6 : Scénarios météorologiques

Scénario	Description
D019-2012	Crue de la Directive 019 2012 : Fonte du couvert de neige d'une récurrence de 1 fois dans 100 ans (369 mm) en 30 jours, suivie d'une pluie de printemps d'une récurrence de 1 fois dans 1 000[1] ans 24h (109,2 mm)
PMPea 72h	Pluie maximale probable d'été-automne 72h (355,3 mm)
CMPp no 1	Crue maximale probable de printemps nº 1 : Fonte rapide du couvert de neige d'une récurrence de 1 fois dans 100 ans (369 mm) en 13 jours, suivie d'une PMP de printemps de 72h (223,7 mm)
CMPp no 2	Crue maximale probable de printemps nº 2 : Fonte rapide du couvert de neige maximal probable (550 mm) en 13 jours, suivie d'une pluie d'une récurrence de 1 fois dans 100 ans de printemps de 72h (94,2 mm)
100ea ans 24h	Pluie d'été-automne 24h (118,1 mm)

Note 1 : Applicable à des résidus miniers ni acidogènes, ni cyanurés, ni radioactifs ou à risque élevé, comme c'est le cas pour la mine Éléonore.

La **Figure 2-1** présente l'hyétogramme considéré pour réaliser la simulation de la crue D019-2012, la **Figure 2-2** présente l'hyétogramme considéré pour réaliser la simulation de la PMPea 72h, la **Figure 2-3** présente les hyétogrammes considérés pour réaliser les simulations des crues CMPp no 1 et CMPp no 2 et la **Figure 2-4** présente l'hyétogramme considéré pour réaliser la simulation de la pluie 100ea ans 24h. Les hyétogrammes de précipitations ont été élaborés en suivant la méthode symétrique, c'est-à-dire à partir des données des tables IDF, avec une pointe des précipitations centrée au milieu de l'événement de pluie.

Pour la crue de la D019-2012, la fonte du couvert de neige a été répartie sur les 30 jours de fonte en considérant un volume de fonte deux (2) fois plus élevé lors des cinq (5) derniers jours de la fonte :

- 25 premiers jours de fonte : 1/35 x épaisseur totale du couvert de neige par jour de fonte;
- 5 derniers jours de fonte : 2/35 x épaisseur totale du couvert de neige par jour de fonte.

Pour les crues CMPp nº 1 et CMPp nº 2, la fonte rapide du couvert de neige a été répartie sur treize (13) jours de fonte, en considérant un volume de fonte constant sur toute la durée des événements :

- Fonte : 1/13 x épaisseur totale du couvert de neige par jour de fonte.

Pour tous les scénarios avec fonte de neige (D019-2012, CMPp no 1 et CMPp no 2), les événements de précipitation ont été combinés au volume de fonte considéré à la fin des crues. Dans le cas du scénario D019-2012, cela équivaut au trentième jour de fonte alors que pour les scénarios CMPp nº 1 et CMPp nº 2, ce sont les onzième, douzième et treizième jours de fonte.

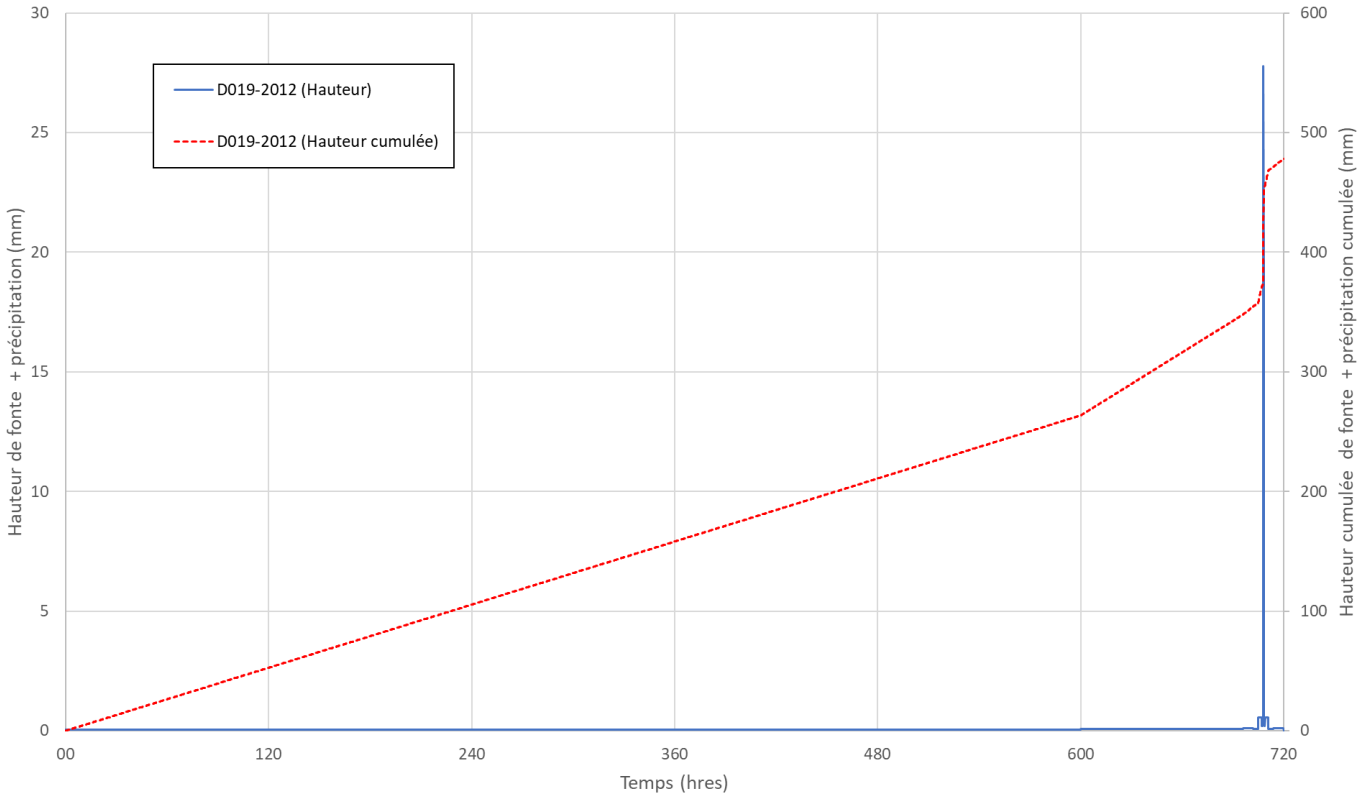


Figure 2-1 : Hyétogramme de précipitations du scénario D019-2012

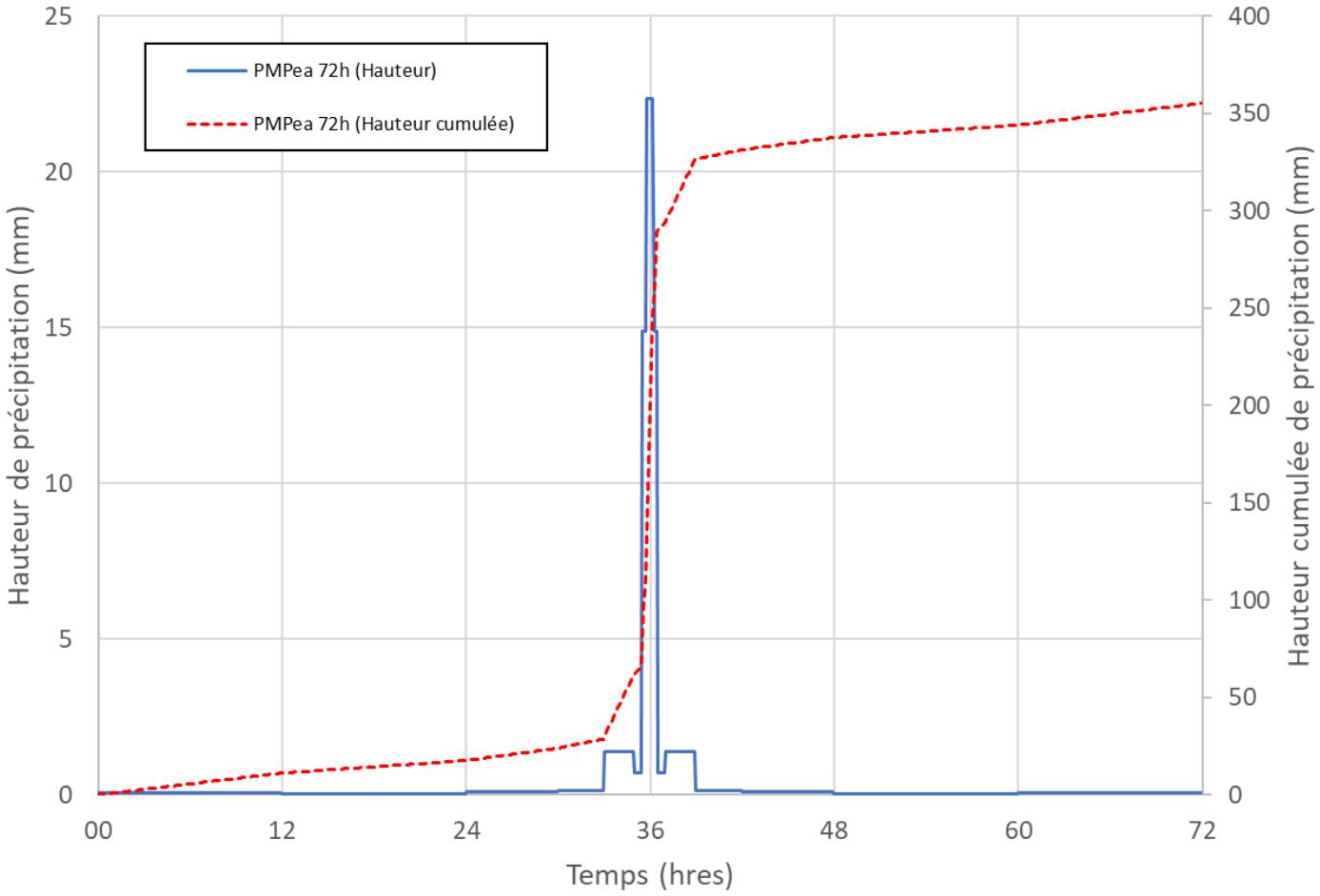


Figure 2-2 : Hyétogramme de précipitations du scénario PMPea 72h

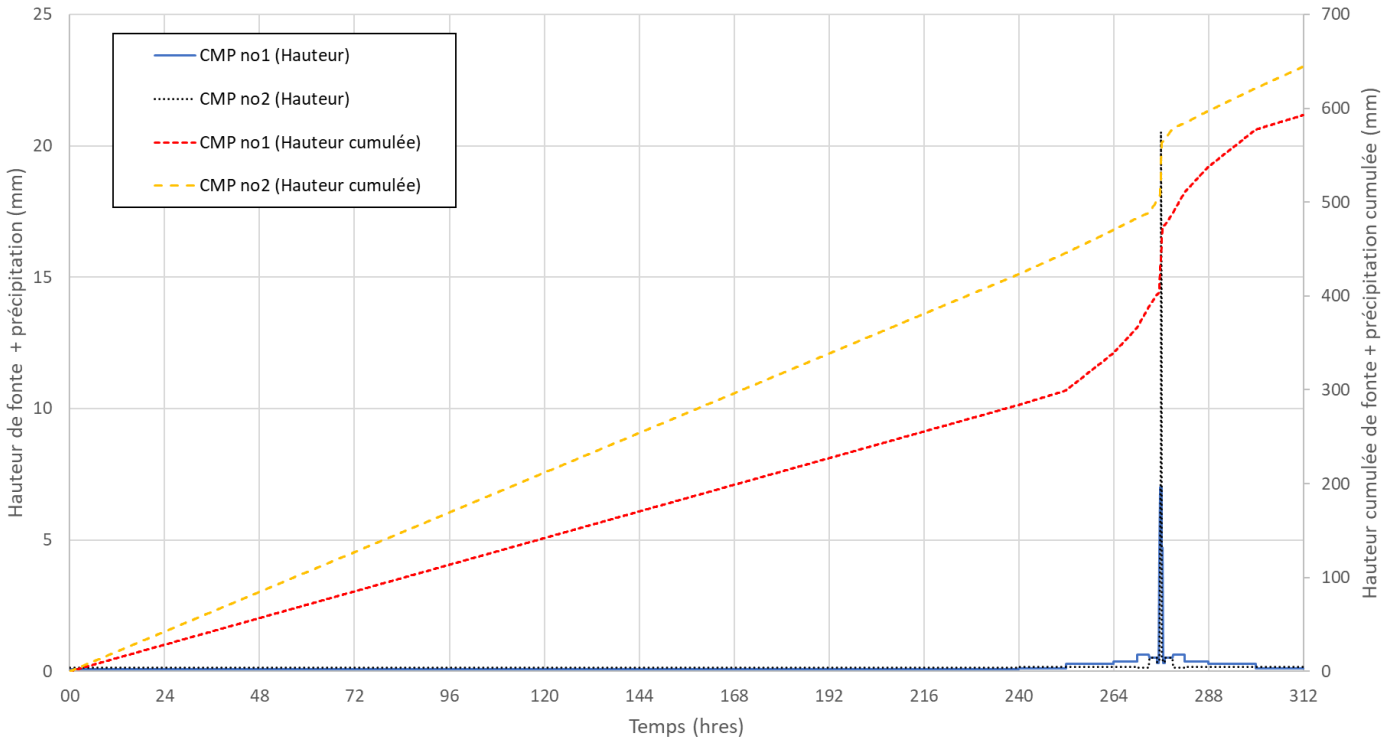


Figure 2-3 : Hyétogrammes des précipitations des crues CMPp no 1 et CMPp no 2

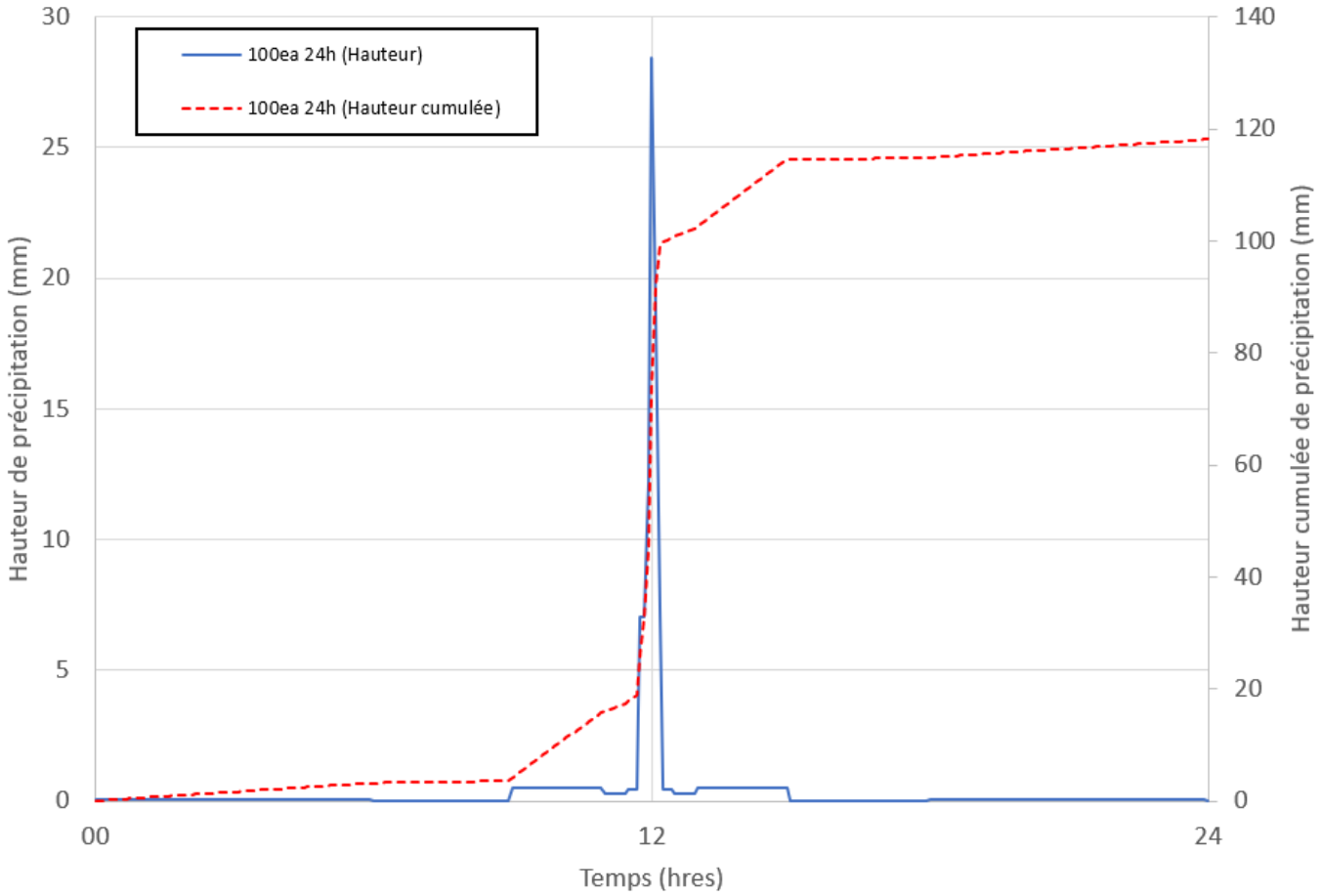


Figure 2-4 : Hyétogramme de précipitations du scénario 100ea 24h

3. Eaux d'exhaure et de ruissellement de la zone industrielle

L'usine de traitement des eaux industrielles (UTEI), qui traite les eaux de contact du PAR, traite également les eaux de ruissellement de la zone industrielle (ZOIN), ainsi que les eaux passant par le débitmètre FIT-0109. Les eaux passant par le débitmètre FIT-0109 inclues les eaux d'exhaure, les surplus d'eau du bassin d'eau clarifiée (BEC) et de l'ancienne halde à stérile (HAST), les eaux de procédé du concentrateur et les eaux de lavage du garage.

Afin d'assurer que l'UTEI ait la capacité de traiter les eaux du PAR en phase 5A, les débits maximums passant par le débitmètre FIT-0109 et ceux du ZOIN sont évalués.

Les débits journaliers de 2018 à 2023 des eaux passant par le débitmètre FIT-0109 sont présentés à la **Figure 3-1**.

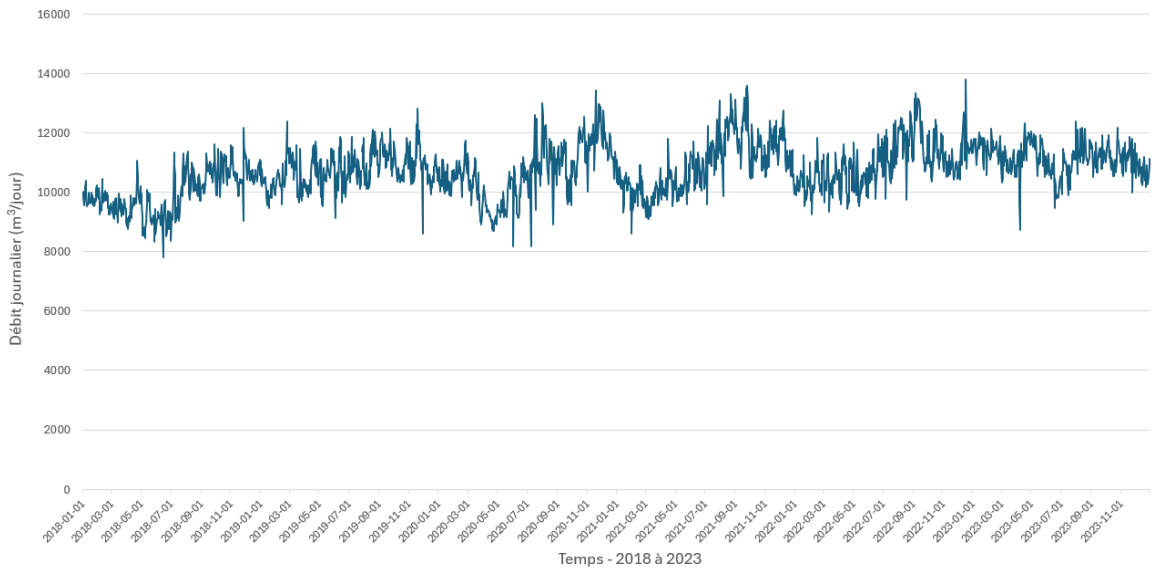


Figure 3-1 : Débit journalier passant par le débitmètre FIT-0109

Le débit moyen bihebdomadaire maximum pour la période de 2018 à 2023 était de 532,2 m^3/h et la mine Éléonore n'anticipe aucune augmentation significative de la quantité d'eau d'exhaure à traiter d'ici la fin de la déposition de la phase 5A prévue en 2029.

L'apport des débits passant par le débitmètre FIT-0109 dans le modèle PCSWMM a été considéré comme étant un débit constant de 533 m^3/h acheminé vers le bassin de sédimentation durant toute la durée de chacun des scénarios météorologiques présentés à la **Section 2.2**.

Pour ce qui est des eaux de la ZOIN, le modèle PCSWMM utilisé pour le rapport du plan directeur de gestion des eaux de ruissèlement de la ZOIN (SNC-Lavalin, 2016) a été importé dans le modèle PCSWMM de cette étude. Ce plan directeur mentionne qu'un pompage maximal de 150 l/s (540 m^3/h) est prévu entre la zone industrielle et l'UTEI et que les ouvrages hydrauliques de la zone industrielle ont été conçus pour gérer une pluie été-automne ayant une période de retour de 100 ans et d'une durée de 24 h. Conséquemment, un débit de pompage maximal de 540 m^3/h entre la ZOIN et l'UTEI est considéré lors des simulations des scénarios météorologique présentés à la **Section 2.2**.

4. Modélisation hydraulique PCSWMM

Le logiciel PCSWMM 2024 Professional 2D (SWMM v.5.2.4) a été utilisé pour modéliser le système d'écoulement des eaux du PAR, pour les différents scénarios météorologiques. La **Figure 4-1** présente une vue d'ensemble du modèle PCSWMM et la **Figure 4-2** présente la géométrie du modèle PCSWMM élaborée dans le cadre de cette étude.

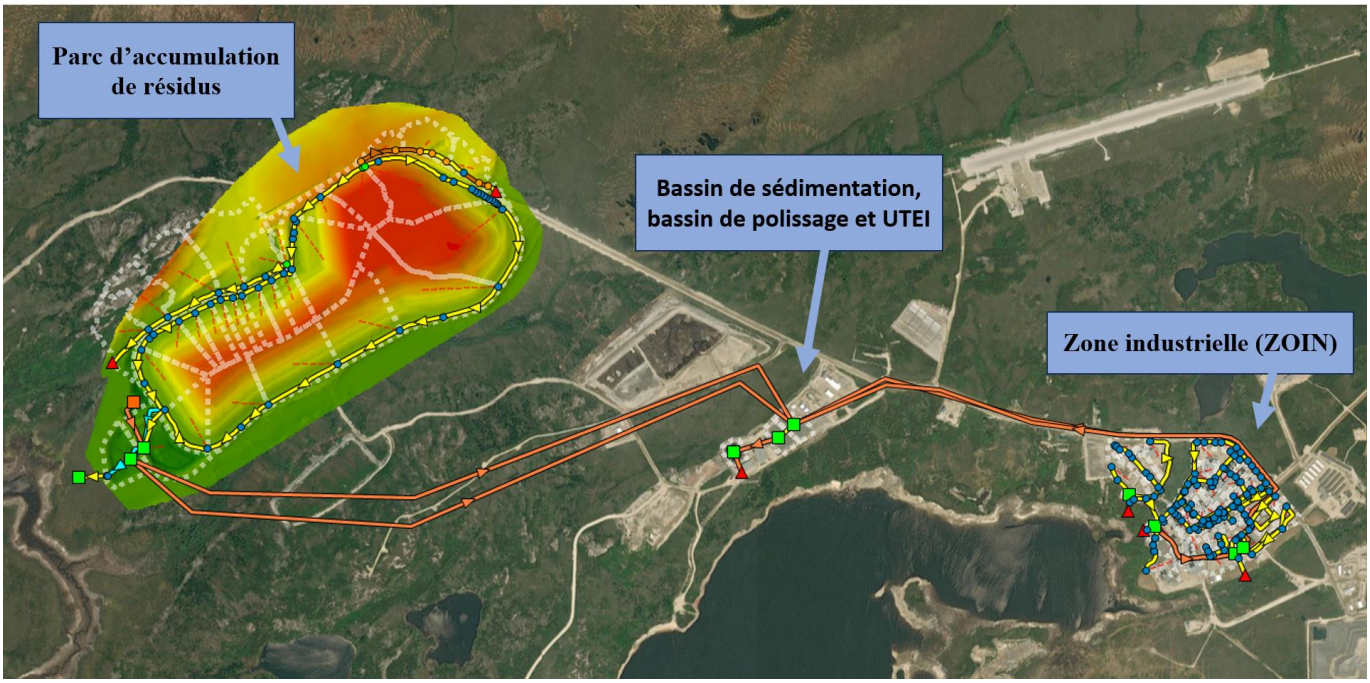


Figure 4-1 : Vue d'ensemble du modèle PCSWMM

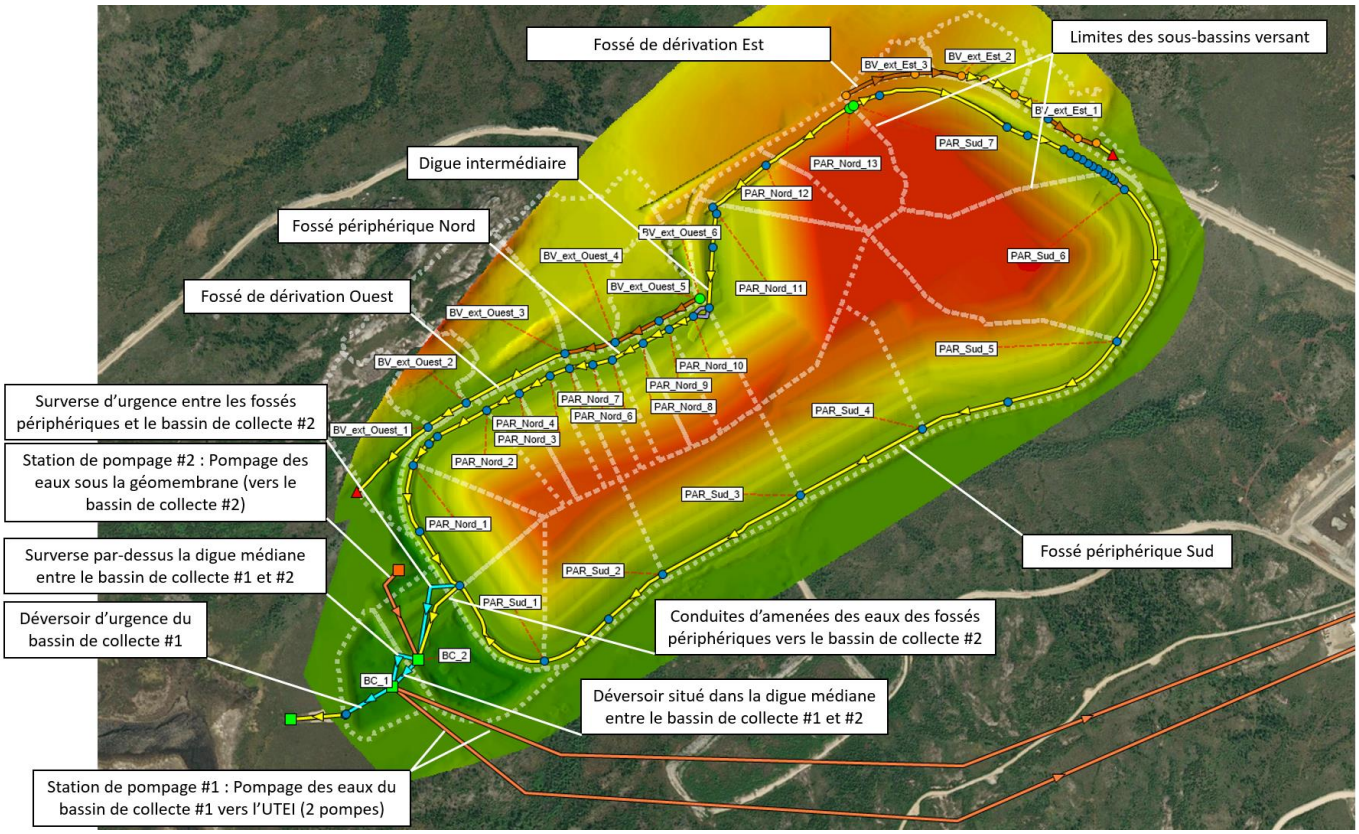


Figure 4-2 : Géométrie du modèle PCSWMM du PAR

Le PAR a été divisé en 31 sous-bassins-versants dans le modèle PCSWMM (Figure 4-2). Le modèle intègre :

- Les fossés périphériques de collecte des eaux Nord et Sud qui ceinturent le PAR.
- Les fossés de dérivation Est et Ouest, qui interceptent les eaux en provenance des bassins versants externes situés principalement sur la face nord du PAR.
- Le bassin de collecte agrandi lors de la construction des phases 3B et 4A.

Les bassins de collecte sont situés à l'Ouest du PAR et collectent les eaux en provenance du PAR. Ces bassins de collecte sont divisés en deux :

- Un bassin de collecte existant identifié comme « bassin de collecte #1 » ou BC1 dans la présente étude.
- L'agrandissement vers l'Est du bassin de collecte existant construit lors de la construction des phases 3B et 4A du PAR identifié comme « bassin de collecte #2 » ou BC2 dans la présente étude.
- Le « bassin de collecte agrandi » fait référence à l'ensemble des deux bassins de collecte, soit BC1 et BC2.

Le bassin de collecte #1 et le bassin de collecte #2 sont séparés par une digue médiane munie d'un déversoir permettant au bassin de collecte #2 de se déverser dans le bassin de collecte #1. En opération normale, les eaux de contact recueillies par les fossés périphériques sont acheminées vers le bassin de collecte #2 par deux (2) conduites d'amenées de 900 mm de diamètre et se déverse dans le bassin de collecte #1 par le déversoir de la digue médiane.

Lors d'évènement extrême, une surverse d'urgence est également aménagée entre les fossés périphériques et le bassin de collecte #2 pour permettre le transfert des eaux entre ces deux infrastructures.

Le modèle PCSWMM intègre également les items suivants :

- La station de pompage qui pompe les eaux captées sous la géomembrane du PAR vers le bassin de collecte agrandi.
- La station de pompage située dans le bassin de collecte #1 qui amène les eaux du bassin de collecte agrandi vers l'UTEI.
- Le déversoir d'urgence du bassin de collecte #1 qui permet l'évacuation contrôlée des eaux du bassin vers l'environnement lors des évènements de crues extrêmes (PMPea et CMPp no 1 et CMP no 2).

Les sections qui suivent présentent plus en détail les différents éléments du modèle mentionné ci-dessus.

4.1 Sous-bassins versants

Le **Tableau 4-1** et le **Tableau 4-2** résument les caractéristiques et les paramètres hydrauliques utilisés pour chacun des sous-bassins considérés dans le modèle. La localisation des sous-bassins est présentée à la **Figure 4-2**. De façon conservatrice, on considère que les sols sont saturés d'eau lors des scénarios météorologiques simulés et que l'infiltration sur les sous-bassins est nulle. Conséquemment, les paramètres d'infiltration du modèle sont fixés à zéro et l'ensemble des eaux de pluie qui tombent sur les bassins versants ruissellent en surface et sont dirigées vers les fossés de drainage, à l'exception d'un petit pourcentage du volume de pluie qui est considéré comme étant retenu en surface dans les dépressions, crevasses et interstices du terrain. À noter que ces calculs n'incluent pas l'écoulement des eaux souterraines sous la géomembrane, qui sont régis par le niveau de la nappe phréatique. Cette étude se concentre sur l'écoulement en surface et utilise des paramètres conservateurs afin de s'assurer de ne pas sous-estimer le volume d'eau à gérer lors des scénarios météorologiques simulés.

Tableau 4-1 : Caractéristiques des sous-bassins-versants du modèle PCSWMM

No de BV	Sous-bassin-versant dans PCSWMM	Superficie (ha)	Longueur d'écoulement (m)	Pente moy. (%)	Pourcentage d'aire imperm.[1] (%)	Caractérisation du territoire
1	BC_1	2.9	15.0	17.6	95	Bassin de collecte
2	BC_2	4.9	15.0	17.6	95	Bassin de collecte
Sous-total *Bassin de collecte*		**7.8**				
3	BV_ext_Est_1	1.9	149.1	15.2	10	Naturel montagneux[2]
4	BV_ext_Est_2	2.3	164.3	15.4	5	Naturel montagneux[2]
5	BV_ext_Est_3	0.8	104.5	10.4	20	Naturel montagneux[2]
6	BV_ext_Ouest_1	4.1	221.5	24.6	50	Naturel montagneux[2]
7	BV_ext_Ouest_2	3.5	271.0	28.9	80	Naturel montagneux[2]
8	BV_ext_Ouest_3	6.0	292.3	24.4	80	Naturel montagneux[2]
9	BV_ext_Ouest_4	6.0	333.9	10.1	30	Naturel montagneux[2]
10	BV_ext_Ouest_5	2.4	188.0	15.6	15	Naturel montagneux[2]
11	BV_ext_Ouest_6	0.8	157.2	41.9	10	Naturel montagneux[2]
Sous-total *Bassin versant extérieur*		**27.8**				
12	PAR_Nord_1	3.9	220.0	20.2	10	PAR recouvert[3]
13	PAR_Nord_2	3.2	220.0	15.6	10	PAR recouvert[3]
14	PAR_Nord_3	1.4	220.0	15.6	10	PAR recouvert[3]
15	PAR_Nord_4	1.7	220.0	15.6	10	PAR recouvert[3]
16	PAR_Nord_5	1.1	220.0	15.6	10	PAR recouvert[3]
17	PAR_Nord_6	1.1	220.0	16.7	10	PAR recouvert[3]
18	PAR_Nord_7	1.0	220.0	16.7	10	PAR recouvert[3]
19	PAR_Nord_8	1.6	220.0	16.7	10	PAR recouvert[3]
20	PAR_Nord_9	1.6	220.0	16.7	10	PAR recouvert[3]
21	PAR_Nord_10	2.1	220.0	16.7	10	PAR recouvert[3]
22	PAR_Nord_11	8.9	343.3	16.4	10	PAR recouvert[3]
23	PAR_Nord_12	2.4	201.6	19.1	10	PAR recouvert[3]
24	PAR_Nord_13	3.7	247.7	7.2	10	PAR recouvert[3]
25	PAR_Sud_1	3.4	275.9	19.0	10	PAR recouvert[3]
26	PAR_Sud_2	5.7	278.5	17.0	10	PAR recouvert[3]
27	PAR_Sud_3	6.5	187.6	17.6	10	PAR recouvert[3]
28	PAR_Sud_4	6.7	223.9	15.2	10	PAR recouvert[3]
29	PAR_Sud_5	9.0	487.6	13.9	10	PAR recouvert[3]
30	PAR_Sud_6	12.9	624.3	11.2	10	PAR recouvert[3]
31	PAR_Sud_7	8.4	246.1	17.4	10	PAR recouvert[3]
Sous-total *Déposition*		**86.3**				
Total		**121.9**				
Superficie *Eaux de contact*		**94.1**	**Sous-total *Bassin de collecte* (7.8 ha) + Sous-total *Déposition* (86.3 ha)**			
Superficie *Secteur naturel*		**27.8**	**Sous-total *Bassin versant extérieur* (27.8 ha)**			

Notes :
1 : Bien qu'il n'y ait pas d'infiltration dans ce modèle, le pourcentage d'imperméabilité est spécifié puisqu'il influence le coefficient de rugosité du terrain, comme on peut le voir au Tableau 4-2.
2: Secteur montagneux recouvert d'arbustes, de lichen et d'herbacées et présentant plusieurs parois rocheuses apparentes.
3 : Résidus recouverts d'une couche imperméable.

Tableau 4-2 : Paramètres généraux utilisés pour les calculs hydrologiques dans PCSWMM

Paramètres	Valeur utilisée pour les BV « PAR recouvert »	Valeur utilisée pour les BV « Bassin de collecte »	Valeur utilisée pour les BV « Naturel montagneux »	Description
N Imperm.	0,051	0,0252	0,043	n de Manning pour les surfaces imperméables
N Perm.	0,134	0,051	0,134	n de Manning pour les surfaces perméables
Stock. surf. imp. (ds) (mm)	1,275	0	1,275	Hauteur de stockage des dépressions sur les surfaces imperméables
Stock. surf. per. (ds) (mm)	2,546	0	2,546	Hauteur de stockage des dépressions sur les surfaces perméables

Notes :
1 : Tableau A.6 : « Manning's n - Overland Flow » pour une Surface « Fallow soils (no residue) » (EPA, 2015).
2 : Tableau A.8 : « Manning's n - Open Channels » pour une Surface « Earth, straight and uniform » (EPA, 2015).
3 : Tableau A.8 : « Manning's n - Open Channels » pour une Surface « Rock » (EPA, 2015).
4 : Tableau A.6 : « Manning's n - Overland Flow » pour une Surface « Range (natural) » (EPA, 2015).
5 : Tableau A.5 : « Depression Storage » pour une surface imperméable (« Impervious surfaces ») (EPA, 2015).
6 : Tableau A.5 : « Depression Storage » pour une surface gazonnée (« Lawns ») (EPA, 2015).

4.2 Dimensionnement des fossés

4.2.1 Fossés périphériques de collecte des eaux de contact

Les eaux de ruissellement de contact en provenance des sous-bassins du PAR sont recueillies par des fossés périphériques de collecte puis dirigées vers le bassin de collecte agrandi. Les sections Nord et Sud des fossés périphériques sont présentées à la **Figure 4-2**.

Comme présenté à la section 6.3, les fossés ont été dimensionnés pour acheminer adéquatement la crue D019-2012 et 100ea ans 24 h selon les critères de conception présentés à la **Section 5.1**. Ces dimensions permettent de ne pas avoir de débordement durant la crue D019-2012 et d'avoir en tout temps une revanche de 0,3 m entre le niveau d'eau maximal atteint dans les fossés et le haut de leurs talus durant la crue 100ea ans 24h.

La section Nord reprend les eaux des sous-bassins du PAR « PAR_Nord_1 » à « PAR_Nord_13 » et les achemine vers le bassin de collecte agrandi. Cette section présente des pentes longitudinales variant entre 0,5 % et 1,0% et s'étend sur environ 900 m de longueur. La **Figure 4-3** présente la géométrie du fossé périphérique Nord. La largeur de 3 m et les pentes transversales de 2H : 1V restent constantes sur toute la longueur du fossé. La profondeur augmente de l'amont vers l'aval puisque l'élévation du fond du fossé diminue plus rapidement que l'élévation de la route longeant celui-ci. La profondeur du fossé périphérique Nord est d'environ 1,20 m immédiatement en aval de la digue intermédiaire, et augmente graduellement à environ 2,5 m immédiatement avant d'atteindre les conduites d'amenées.

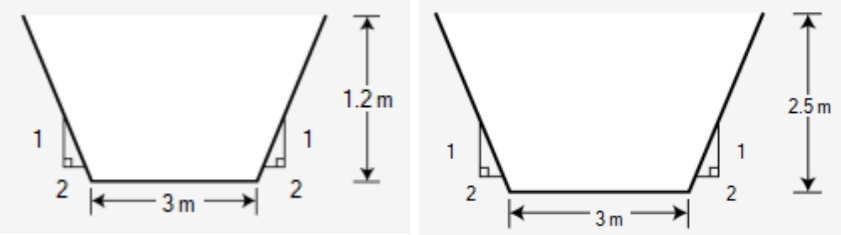


Figure 4-3 : Géométries types du fossé périphérique Nord (section transversale)

La section Sud reprend les eaux des sous-bassins du PAR « PAR_Sud_1 » à « PAR_Sud_7 » et les acheminent vers le bassin de collecte agrandi. Sa longueur est d'environ 2 500 m et présente une pente longitudinale variant entre 0,25% et 1,0% entre le bassin de collecte et le chaînage 1+740, suivi d'une pente variant entre 5% et 7% entre le chaînage 1+740 et 2+200. La **Figure 4-4** présente la géométrie du fossé périphérique Sud.

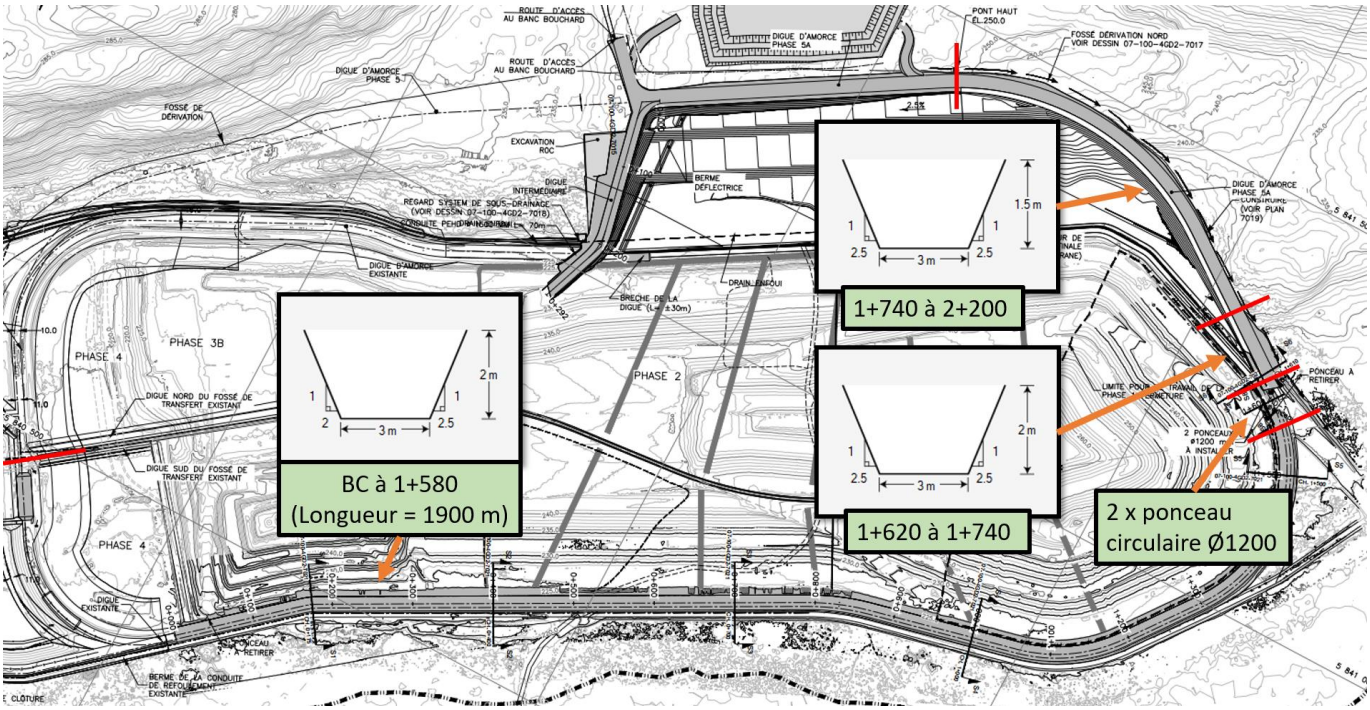


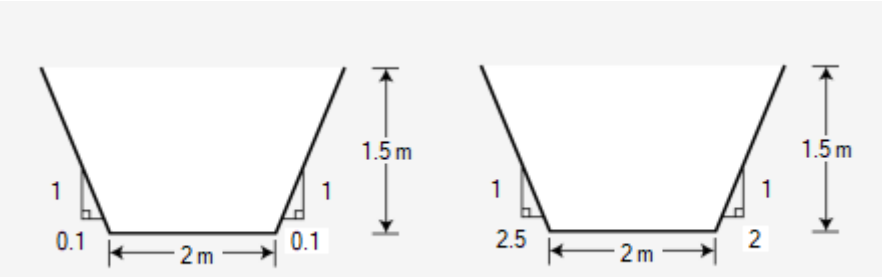
Figure 4-4 : Géométries types du fossé périphérique Sud (section transversale)

4.2.2 Fossés de dérivation

Les eaux de certains bassins versants externes du côté nord du PAR se dirigent vers le PAR (ils sont montrés à la **Figure 4-2**), leur nom commence par « BC_ext_»). Des fossés de dérivation ont été intégrés au système de gestion des eaux afin d'intercepter et de rediriger ces eaux « sans contact » directement vers l'environnement.

Selon la configuration du site, les fossés de dérivation ont été divisés en deux sections distinctes, la section Ouest et la section Est, qui rejettent leurs eaux vers l'environnement à deux endroits distincts. Le fossé de dérivation Ouest d'une longueur d'environ 790 m est celui mis en place lors de la construction des phases 3B et 4A. Aucun travail n'est prévu sur ce fossé en phase 5A puisque les travaux de la phase 5A n'influenceront pas les bassins versants reliés à ce fossé. Le fossé de dérivation Est d'une longueur de 580 m intercepte quant à lui les eaux s'écoulant des milieux naturels au nord du PAR et les redirige vers le cours d'eau situé au sud-est du PAR.

La géométrie du fossé de dérivation Est varie selon la présence ou l'absence de roc. Lorsque le fossé est à même le roc, les pentes transversales sont de 1H : 10 V (**Figure 4-5a**) présente la géométrie des sections types du fossé de dérivation Est. Comme présenté à la **Section 6**, ces dimensions ont été déterminées afin de laisser en tout temps une revanche de 0,3 m entre le niveau d'eau maximal atteint dans les fossés et le haut de leurs talus lors de la simulation de la pluie 100ea ans 24h.



a) fossé de dérivation dans le roc b) fossé de dérivation dans le mort-terrain

Figure 4-5 : Géométrie type des fossés de dérivation Est (section transversale)

4.3 Ponceaux

La phase 5A nécessite l'installation de deux ponceaux circulaires en parallèles de Ø1400 mm dans le fossé périphérique Nord et de deux ponceaux circulaires en parallèle de Ø1200 mm dans le fossé périphérique Sud (**Figure 4-6**). Aucun ponceau n'est nécessaire pour les fossés de dérivation des eaux sans-contact. Ces ponceaux ont été dimensionnés de manière à assurer le respect des critères de conception des fossés périphériques.

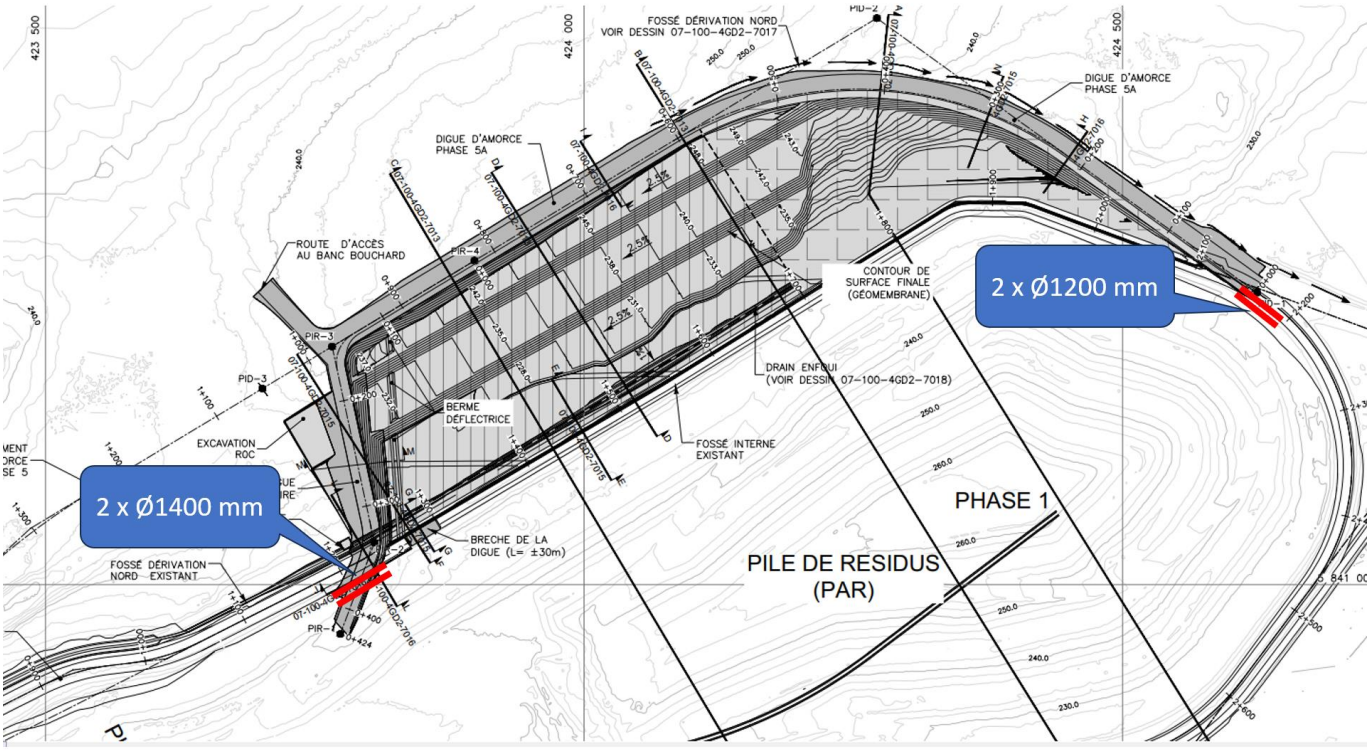


Figure 4-6 : Localisation approximative des ponceaux dans les fossés périphériques en phase 5A

4.4 Conduites d'amenées et surverse d'urgence

Les eaux en provenance des s périphériques sont acheminées vers le bassin de collecte #2 via deux (2) conduites d'amenées de 900 mm de diamètre et d'environ 30 m de longueur présentant une pente d'écoulement de 0,5 %. Le radier amont des deux (2) conduites d'amenées est situé à une élévation de 217,5 m. Comme ces deux (2) conduites ne sont pas en mesure d'acheminer les débits de pointes générés dans les fossés lors des évènements extrêmes (D019-2012, PMPea, CMPp nº 1 et CMP nº 2), une surverse d'urgence de 50 m de largeur et de 20 m de longueur a été ajoutée entre les fossés périphériques et le bassin de collecte #2 afin de permettre le transfert des eaux de contact dans ce bassin de collecte sans débordement vers l'environnement. La **Figure 4-7** présente la géométrie de la surverse intégrée dans le modèle PCSWMM. Il s'agit d'un seuil de type « roadway » dont le coefficient de décharge, qui fluctue autour de 1,47 (SI), est calculé automatiquement dans PCSWMM en fonction de la largeur du seuil et de la tête d'eau amont à différent incrément de largeur du seuil selon la méthode HDS-5 du FHWA (2012). Le seuil de la surverse est situé à une élévation de 218,5 m, soit 1,5 m en dessous de la crête de la digue située qui a une élévation de 220,0 m.

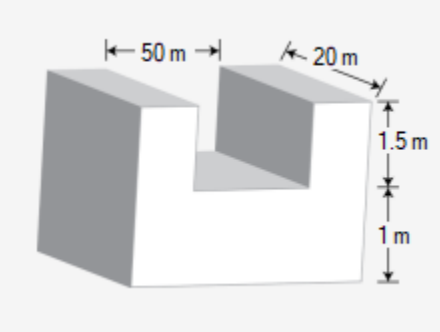


Figure 4-7 : Géométrie schématique de la surverse d'urgence entre les fossés périphériques et le bassin de collecte #2

4.5 Bassins de collecte

La configuration du bassin de collecte agrandi est présentée à la **Figure 4-8**. Comme présenté à la section précédente, les eaux de contact recueillies par les fossés périphériques seront acheminées vers le bassin de collecte #2 via les deux conduites d'amenées ou via la surverse d'urgence. Les eaux sont emmagasinées dans le bassin de collecte agrandi puis vidangées par pompage du bassin de collecte #1 vers l'UTEI. Le bassin de collecte agrandi recueille également les eaux souterraines collectées sous la géomembrane. Les spécificités des deux systèmes de pompage sont présentées à la **Section 5.2**.

Le modèle 3D du bassin de collecte agrandi présenté à la **Figure 4-8** a été généré à l'aide du logiciel Muk3D. Un affleurement rocheux est présent dans une portion du bassin de collecte #1, et celui-ci présente également une accumulation de résidus entraînés par les eaux de contact. Un relevé LiDAR réalisé par un drone sur l'ensemble du PAR en date du 5 octobre 2024 a été utilisé afin de prendre en compte le plus récent relevé des résidus au fond du bassin de collecte #1. Ce relevé a été superposé au relevé topographique du fond du bassin de collecte #1 afin d'évaluer adéquatement la capacité d'emmagasinement de ce bassin. À la fin des travaux d'agrandissement du bassin de collecte, un relevé d'arpentage devra être réalisé afin de valider la capacité d'emmagasinement du bassin de collecte #2 considérée dans le modèle PCSWMM.

Le **Tableau 4-3** et **Tableau 4-4** présentent les différents niveaux d'opérations du bassin de collecte agrandi selon les saisons. Les conditions hivernales sont définies par la période de gel, qui débute généralement fin-octobre début-novembre, et s'étend jusqu'à la crue de la fonte printanière, généralement autour de la mi-avril. Le niveau du seuil du déversoir séparant le bassin de collecte #1 au bassin de collecte #2 a une élévation de 214,0 m et la station de pompage vers l'UTEI se situe dans le bassin de collecte #1. Le niveau d'opération normal du bassin de collecte #2 a donc été établi à 214,0 m. Le niveau d'opération maximum correspond au niveau d'eau initial maximal permettant le respect des revanches applicables associées aux scénarios météorologiques. En conditions été/automne, c'est le scénario PMPea 72h qui limite le niveau d'opération maximum, tandis qu'en conditions hiver/printemps, c'est le scénario D019-2012 qui limite le niveau d'opération maximum.

La **Figure 4-9** présente la courbe d'emmagasinement du bassin de collecte agrandi considérée dans le cadre de cette étude.

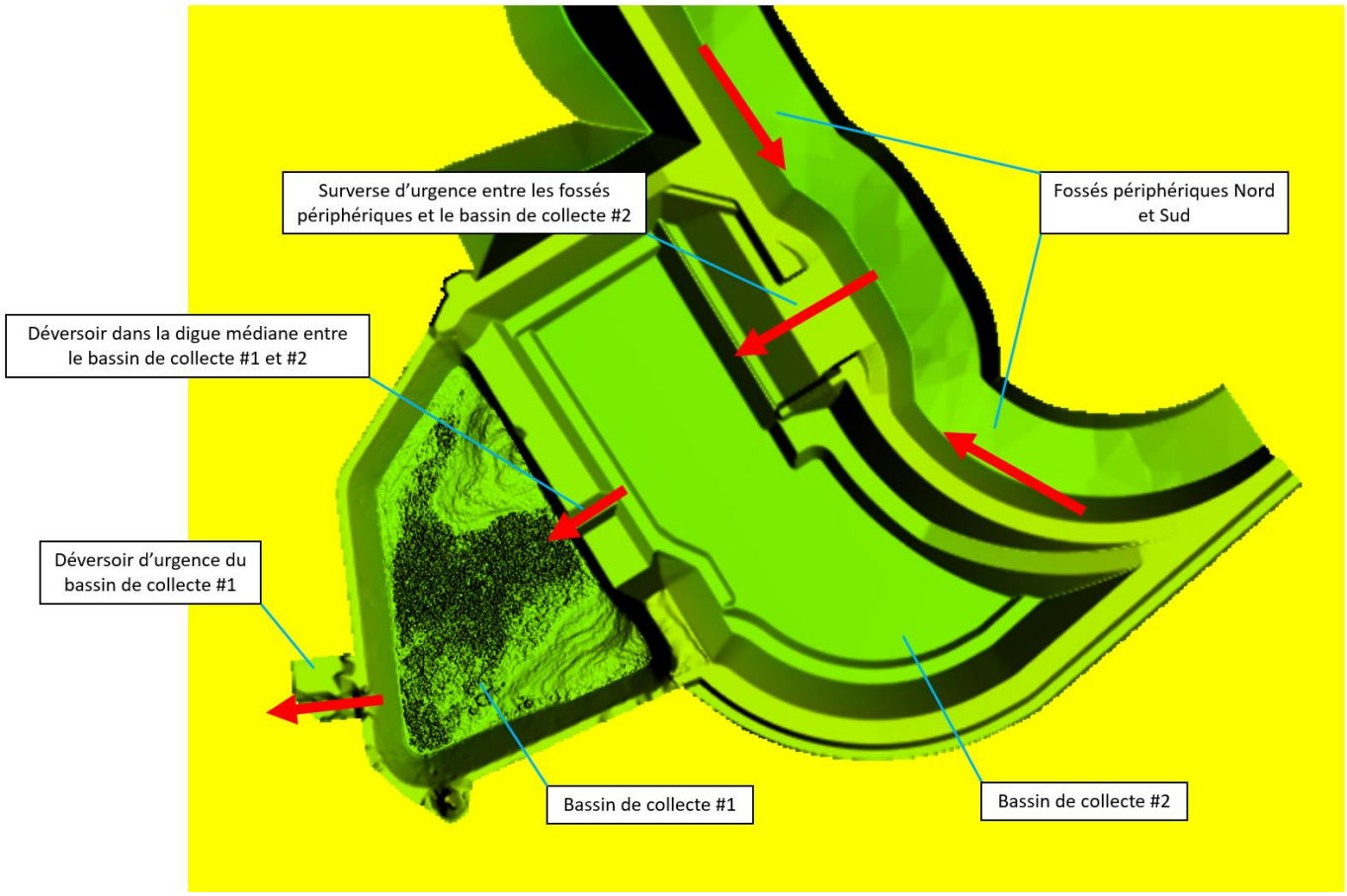


Figure 4-8 : Configuration du bassin de collecte agrandi

Tableau 4-3 : Niveaux d'opérations du bassin de collecte agrandi en conditions été/automne

Niveaux d'opérations en conditions été/automne	Niveau (m)	
	BC1	BC2
Niveau d'opération minimum (m)	213,3	214,0
Niveau d'opération normal (m)	214,0	214,0
Niveau d'opération maximum (m)*	214,25	214,25

* Le niveau d'opération maximum correspond au niveau d'eau initial maximal permettant le respect des revanches applicables associées aux scénarios météorologiques. En conditions été/automne, c'est le scénario PMPea 72h qui limite le niveau d'opération maximum.

Tableau 4-4 : Niveaux d'opérations du bassin de collecte agrandi en conditions hiver/printemps

Niveaux d'opérations en conditions hiver/printemps	Niveau (m)	
	BC1	BC2
Niveau d'opération minimum (m)	213,0	214,0
Niveau d'opération normal (m)	213,2	214,0
Niveau d'opération maximum (m)*	214,7	214,7

* Le niveau d'opération maximum correspond au niveau d'eau initial maximal permettant le respect des revanches applicables associées aux scénarios météorologiques. En conditions hiver/printemps, c'est le scénario D019-2012 qui limite le niveau d'opération maximum.

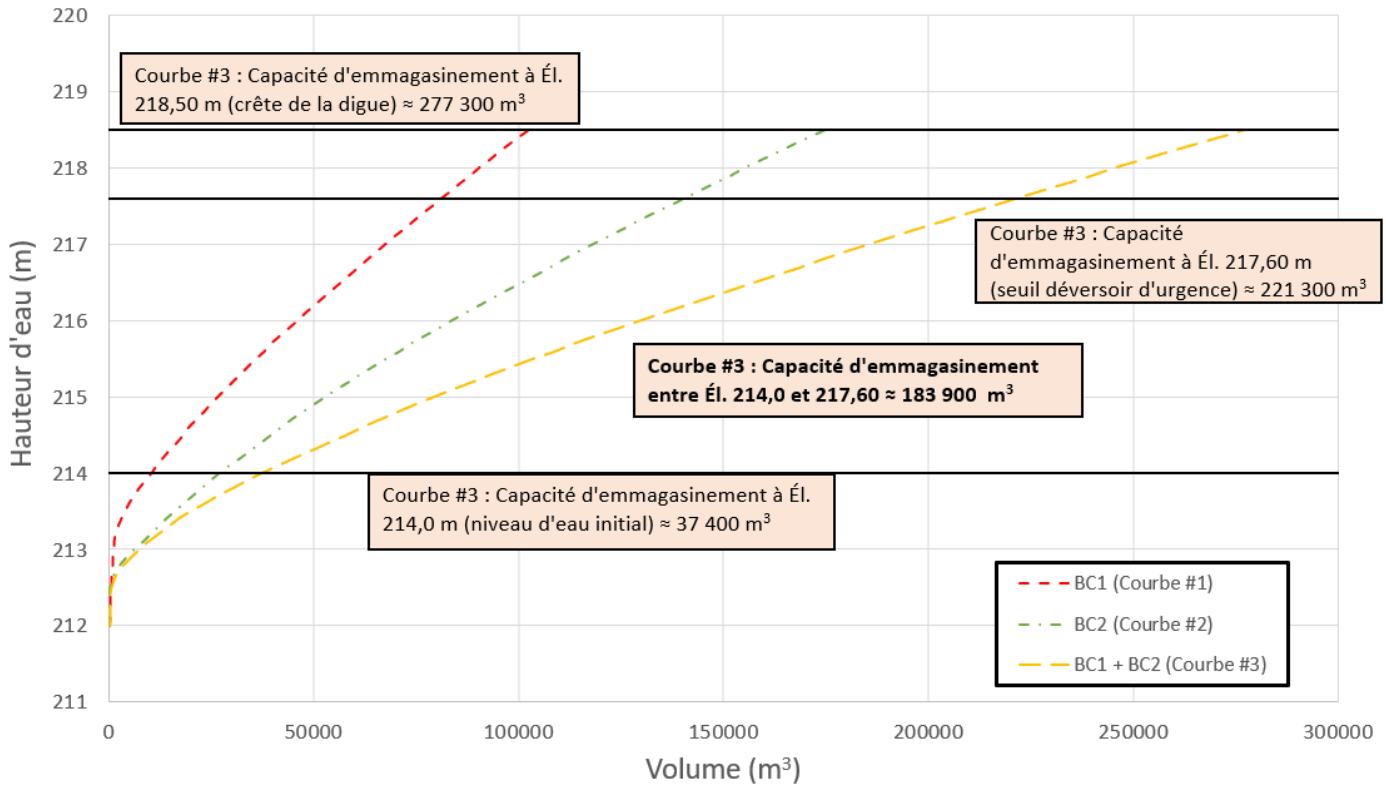


Figure 4-9 : Courbe d'emmagasinement préliminaire du bassin de collecte agrandi

- La courbe rouge (courbe #1) représente la courbe d'emmagasinement du BC1.
- La courbe verte (courbe #2) représente la courbe d'emmagasinement du BC2.
- La courbe orange (courbe #3) représente la courbe d'emmagasinement du bassin de collecte agrandi (BC1 + BC2).
- Les volumes présentés dans les rectangles à droite représentent les volumes totaux de la courbe orange (BC1 + BC2) à l'élévation identifiée.

Pour les fins de cette estimation de volume, la séparation des deux bassins de collecte a été établie au centre de la digue médiane.

4.6 Déversoir de la digue médiane

Le modèle intègre le déversoir reliant le bassin de collecte #1 au bassin de collecte #2. Ce déversoir est situé à même la digue médiane. Le seuil du déversoir est situé à une élévation de 214,0 m. Le déversoir est représenté dans le modèle PCSWMM par un déversoir de type trapézoïdal présentant des pentes latérales de 3H :1V. Un coefficient de décharge de 1,66 $m^{0.5}/s$ (3,0 $pi^{0.5}/s$) est utilisé. Il s'agit du coefficient de décharge recommandé par l'USACE (2022) pour les écoulements au-dessus des remblais d'approche de routes surélevées, ce qui s'apparente à l'approche de la pente du bassin de collecte #2 en amont du déversoir. La largeur de la base du déversoir a été dimensionnée à 5 m. La **Figure 4-10** présente les dimensions du déversoir intégré dans le modèle PCSWMM.

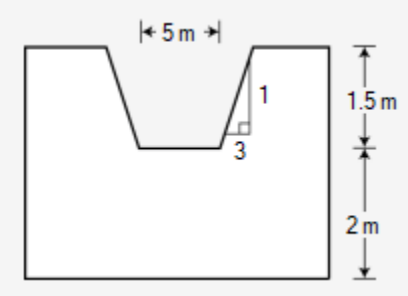


Figure 4-10 : Dimensions du déversoir de la digue médiane

4.7 Déversoir d'urgence

Le modèle intègre aussi le déversoir d'urgence du bassin de collecte agrandi. Le seuil du déversoir est situé à une élévation de 217,60 m. Le déversoir est représenté dans le modèle PCSWMM par un déversoir de type trapézoïdal présentant des pentes latérales de 2H :1V. Un coefficient de décharge de 1,66 $m^{0.5}/s$ (3,0 $pi^{0.5}/s$) est utilisé.

Comme présenté à la **Section 6.2**, un déversoir de 35 m de largeur est nécessaire afin de maintenir la revanche minimale requise pour le bassin de collecte agrandi suite à l'expansion de la phase 5A. La **Figure 4-11** présente les dimensions du déversoir intégré dans le modèle PCSWMM.

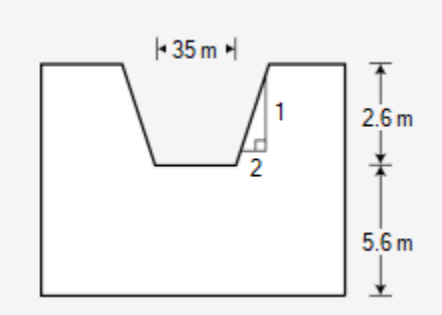


Figure 4-11 : Dimensions du déversoir d'urgence du bassin de collecte #1 requis pour la phase 5A

4.8 Bassin de sédimentation et bassin de polissage

Les eaux pompées du bassin de collecte #1 se dirigent vers le bassin de sédimentation et le bassin de polissage, avant d'atteindre l'UTEI (voir **Figure 4-12**). Les scénarios analysés doivent prendre en considération les risques de surverse dans ces bassins durant le scénario météorologique D019-2012. De plus, s'il est nécessaire d'utiliser les déversoirs d'urgence de ces deux bassins durant les scénarios météorologiques CMP, l'évacuation des eaux doit se faire adéquatement. Les courbes d'emmagasinement des deux bassins présentés à la **Figure 4-13** sont basées sur les plans « tel que construit ». Le **Tableau 4-5** présente les différents niveaux d'opérations du bassin de sédimentation et du bassin de polissage. Comme ces bassins sont en vase communicant et qu'il n'y a qu'une sonde de niveau pour les deux bassins, les consignes d'opération sont donc les mêmes pour le bassin de sédimentation et le bassin de polissage. Les volumes pour des niveaux d'eau égaux et supérieurs à 235 m ont été extrapolés pour le bassin de sédimentation et le bassin de polissage puisque les niveaux inclus dans les plans « tel que construit » de la part du client s'arrêtent à 235 m.

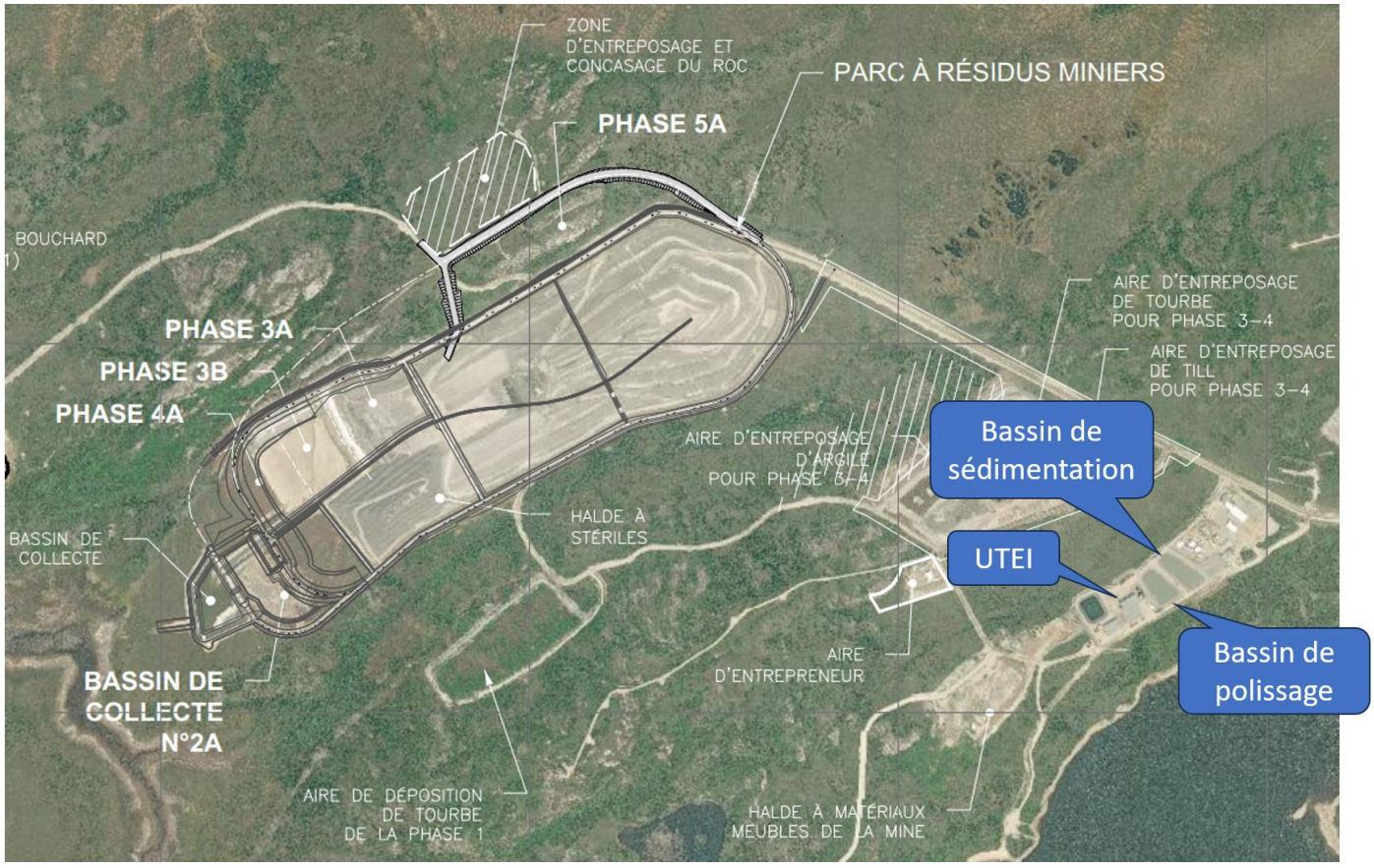


Figure 4-12 : Localisation de l'UTEI et du bassin de sédimentation et du bassin de polissage

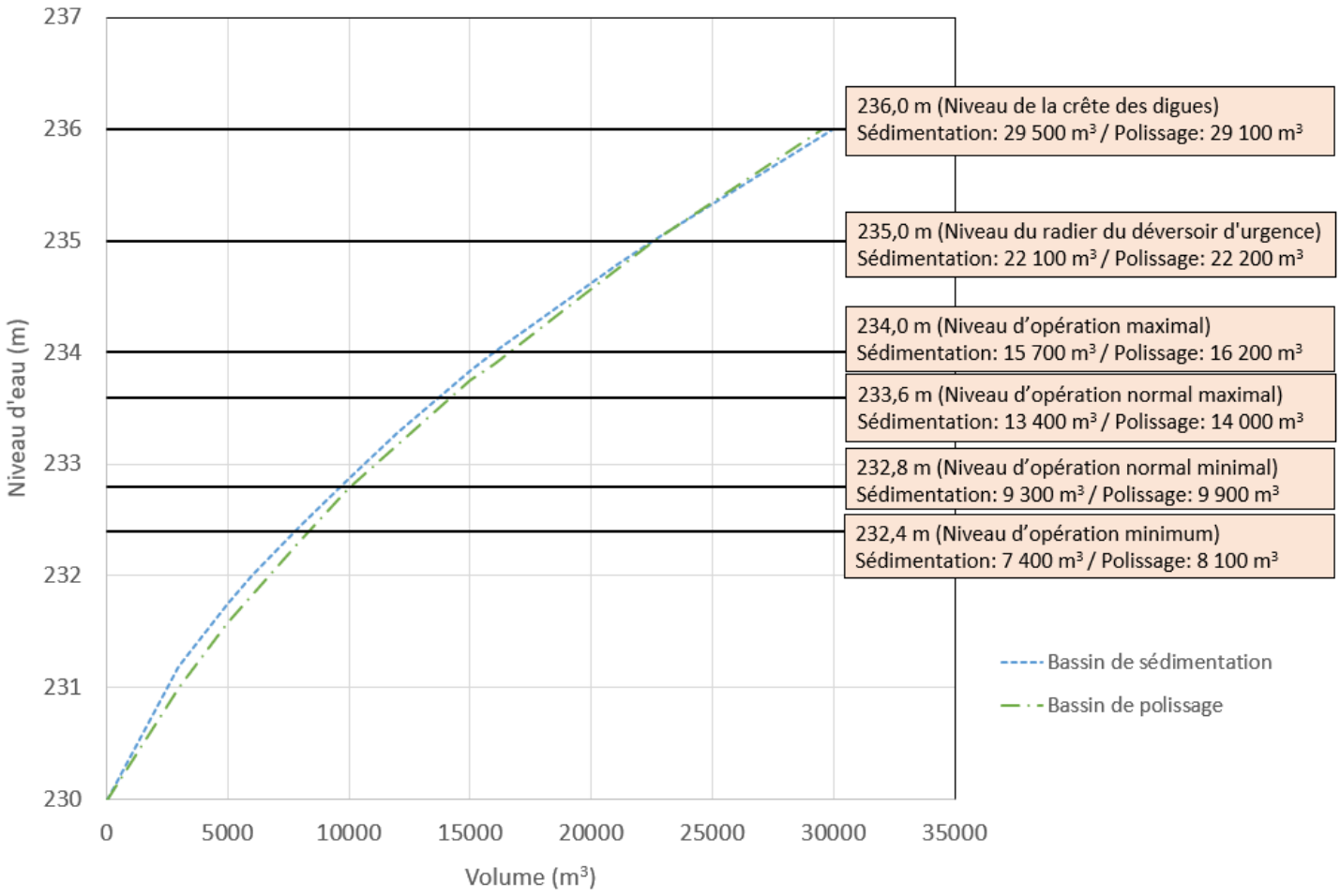


Figure 4-13 : Courbes d'emmagasinement du bassin de sédimentation et du bassin polissage

Tableau 4-5 : Niveaux d'opérations du bassin de sédimentation et du bassin polissage

	Niveau (m)
Niveau du fond des bassins	230,0
Niveau d'opération minimum	232,4
Niveau d'opération normal	Entre 232,8 et 233,6
Niveau d'opération maximum	234,0
Niveau du radier du déversoir d'urgence	235,0
Niveau de la crête des digues	236,0

Lors des simulations, il est considéré un niveau d'eau initiale de 232,8 m dans le bassin de sédimentation et le bassin de polissage, soit le niveau d'opération normal minimal.

5. Critères de conception et règles d'opération

5.1 Critères de conception

Les critères de conception considérés lors des simulations sont les suivants :

- Le bassin de collecte agrandi doit être en mesure d'emmagasiner la crue de la D019-2012 simulée tout en maintenant la revanche minimale requise de 1,0 m par rapport à la crête des digues du bassin de collecte.
- Le déversoir d'urgence du bassin de collecte agrandi doit permettre l'évacuation adéquate des eaux lors des trois (3) scénarios de CMP simulés (PMPea, CMPp nº 1 et CMPp nº 2) afin de maintenir la revanche minimale requise.
- Les fossés périphériques doivent être en mesure d'acheminer les eaux de la pluie 100ea ans 24h tout en maintenant une revanche minimale de 0,3 m par rapport aux hauts de leurs talus.
- Les fossés périphériques et le système de collecte des eaux de ruissellement doivent être en mesure d'acheminer les eaux de la crue D019-2012 en totalité vers les bassins de collecte (pas de débordement en amont).
- Les fossés de dérivation des eaux sans-contact doivent être en mesure d'évacuer les eaux de la pluie 100ea ans 24h tout en maintenant une revanche minimale de 0,3 m par rapport aux hauts de leurs talus.
- Le niveau d'eau dans les bassins de sédimentation et de polissage ne doit pas atteindre le niveau du radier du déversoir d'urgence, soit 235 m, tel que présenté à la **Section 4.8**.

Tel que présenté au **Tableau 4-3** de la **Section 4.5**, le niveau d'opération normal du bassin de collecte agrandi est établi à 214,0 m. Les niveaux d'eau initiaux dans le bassin de collecte agrandi considérés lors des simulations sont les suivants :

- Conditions printanières (D019-2012, CMPp no1 et CMPp no 2) : 214,0 m.
- Conditions été-automne (PMPea) : 214,0 m.

Le **Tableau 5-1** présente les revanches minimales requises pour le scénario de la D019-2012 et les scénarios de CMP, selon les recommandations applicables.

Tableau 5-1 : Revanches minimales requises dans le bassin de collecte agrandi

	Bassin de collecte agrandi
Élévation min. de la crête des digues (m)	218,50
Lors du scénario de la D019-2012	
Revanche min. requise lors du scénario de la D019-2012 (m)	1,00
Niveau d'eau maximal correspondant (m)	217,50
Lors des scénarios de crues maximales probables (CMP)	
Revanche min. requise selon l'ACB lors des CMP* (m)	0,70
Niveau d'eau maximal correspondant (m)	217,80
Revanche min. requise retenue pour la conception lors des CMP** (m)	0,30
Niveau d'eau maximal correspondant (m)	218,20

Notes :
** Calculées selon la méthodologie proposée par l'ACB (2013) en fonction de la remontée des vagues et de la seiche de vent.*
*** Revanche minimale jugée acceptable selon la topographie aval du site et le niveau de conséquence, en cas de rupture de la digue.*

Comme on peut le voir au **Tableau 5-1**, une revanche minimale de 0,30 m a été retenue comme critère de conception du bassin de collecte agrandi lors des scénarios de crues maximales probables (CMP). Cette revanche est inférieure à celle de 0,70 m calculée selon la méthodologie de l'ACB (ACB, 2013). Elle est toutefois considérée comme étant acceptable si on prend en considération la topographie aval du site et le niveau de conséquence en cas de rupture de la digue entourant le bassin de collecte agrandi. En effet, l'élévation du terrain naturel immédiatement en aval de la digue du bassin de collecte agrandi est de 217,60 m, soit la même élévation que le seuil du déversoir d'urgence du bassin de collecte agrandi. La crête de la digue du bassin de collecte agrandi a une élévation de 218,50 m, donc située 0,90 m au-dessus du terrain naturel immédiatement en aval de celle-ci. En cas de rupture de la digue entourant le bassin de collecte agrandi, le volume d'eau déversé vers l'environnement par la brèche ne dépasserait pas le volume d'eau évacué par le déversoir d'urgence lors d'un scénario sans rupture de digue. Étant donné le niveau de conséquence très faible en cas de bris de la digue du bassin de collecte agrandi, il est jugé acceptable d'utiliser une revanche minimale en deçà de celle recommandée par l'ACB.

5.2 Règles d'opération de l'UTEI et des stations de pompage du PAR

Le modèle intègre la station de pompage #2 qui amène les eaux souterraines collectées sous la géomembrane et pompées vers le bassin de collecte #2 ainsi que la station de pompage #1 qui amène les eaux du bassin de collecte #1 vers le bassin de sédimentation, le bassin de polissage, et ultimement vers l'UTEI, tel que montré sur la **Figure 4-2**.

Le débit pompé sous la géomembrane du PAR vers le bassin de collecte a été estimé en utilisant le débit de pompage mensuel moyen le plus élevé mesuré à la station depuis la mise en place de la géomembrane des phases 3B et 4A, soit 28 m^3/h (SNC Lavalin, 2022) et en l'ajustant pour l'augmentation de la superficie du PAR à la fin de la phase 5A. La superficie de déposition, incluant la phase 5A, est de 86,3 ha (se référer au sous-total *Déposition* du **Tableau 4-1**) et celle en phase 3B-4A est de 76,7 ha. En appliquant la règle de proportionnalité, le débit pompé sous la géomembrane du PAR pendant la phase 5A a été estimé à 31,5 m^3/h (0,009 m^3/s) $\left(\frac{28\ m^3}{h} \times \frac{86{,}3\ ha}{76{,}7\ ha} = \frac{31{,}5\ m^3}{h}\right)$ et est considéré dans les simulations comme un débit constant vers le bassin de collecte #2.

Tel que mentionné à la **Section 3**, l'UTEI doit traiter les eaux de contact en provenance du PAR, mais aussi les eaux de ruissellement de la zone industrielle (ZOIN) et les eaux en provenance du débitmètre FIT-0109. Un débit de pompage maximal de 540 m^3/h est considéré entre la ZOIN et le bassin de sédimentation. Pour les eaux passant par le débitmètre FIT-0109, un débit constant de 533 m^3/h est acheminé vers le bassin de sédimentation.

Le débit de traitement maximal de conception de l'UTEI est de 1083 m^3/h (0,301 m^3/s).

La station de pompage qui relie le bassin de collecte #1 et l'UTEI est composée de deux pompes. Le débit maximal considéré pour chacune des pompes est de 380 m^3/h, pour un débit combiné total maximal de 580 m^3/h. Veuillez se référer au rapport technique *Analyse du système de pompage du bassin de collecte au bassin de sédimentation* (AtkinsRéalis, 2023) pour plus d'informations.

Les règles d'opération suivantes pour cette station de pompage doivent être respectées :

- Lorsque la 1ère pompe démarre pour atteindre son débit maximal de 380 m^3/h, il est nécessaire de respecter une rampe d'accélération d'au moins de 90 secondes.

- Lorsqu'il est nécessaire de démarrer la 2e pompe, il faut que ces deux pompes aient le même débit. C'est pourquoi le débit de la 1ère pompe doit en premier être abaissé à 200 m³/h, ou un débit inférieur selon les besoins. La 2e pompe peut ensuite démarrer en suivant une rampe d'accélération de 90 secondes, tout en égalisant le débit de la 1ère pompe.
- S'il est ensuite nécessaire d'augmenter le débit combiné de ces deux pompes, il faut le faire de manière à que leurs débits restent égaux. Prévoir une rampe d'accélération de 60 secondes pour cette dernière étape.

Les règles d'opération des stations de pompage considérées lors des simulations des scénarios météorologiques sont énumérées ci-dessous.

- Conditions printanières :
  - D019-2012
    - Résumé des règles d'opérations de la station de pompage #1 - Débit pompé du bassin de collecte #1 vers l'UTEI :
      - 445 m³/h (0,124 m³/s) lorsque le niveau d'eau = 214,1 m
      - 505 m³/h (0,140 m³/s) lorsque le niveau d'eau = 214,15 m
    - Détails des règles d'opérations de la station de pompage #1 : Afin de garder un niveau constant dans le bassin de collecte agrandi durant les 25 premiers jours de fonte de neige, il est nécessaire que le débit combiné des pompes du bassin de collecte #1 vers l'UTEI soit de 445 m³/h (0,124 m³/s). Tout en appliquant les règles d'opérations décrites précédemment, les simulations ont été réalisées en considérant que la 1ère pompe démarre lorsque le niveau d'eau atteint 214,1 m. Le débit combiné des pompes est ensuite augmenté à 505 m³/h (0,140 m³/s) pour les 5 derniers jours de l'évènement où le ruissèlement causé par la fonte de neige double tel que mentionné à la **Section 2.2** et que le niveau d'eau atteint 214,15 m.
    - Débit pompé sous la géomembrane vers le bassin de collecte #2: 31,5 m³/h (0,009 m³/s) sur toute la durée de l'évènement.
    - Le débit de pompage (capacité de traitement) de l'UTEI est de 1083 m³/h (0,301 m³/s) sur toute la durée de l'évènement.
    - Le niveau d'eau initial dans les bassins de sédimentation et de polissage est de 232,8 m, soit le niveau d'opération normal minimal tel que montré au **Tableau 4-5.**
  - CMPp nº1
    - Résumé des règles d'opérations de la station de pompage #1 - Débit pompé du bassin de collecte #1 vers l'UTEI :
      - 380 m³/h (0,106 m³/s) lorsque le niveau d'eau = 214,1 m.
    - Détails des règles d'opérations de la station de pompage #1 : Il est nécessaire de pomper un débit de 380 m³/h (0,106 m³/s) en tout temps du bassin de collecte #1 vers l'UTEI. Tout en appliquant les règles d'opérations décrites précédemment, les simulations ont été réalisées en considérant que la 1ère pompe démarre à l'élévation 214,1 m. Le débit ne peut être plus élevé puisqu'il faut aussi considérer la fonte de neige et la pluie du scénario CMPp nº1 se produisant directement sur le bassin de sédimentation et le bassin polissage.
    - Débit pompé sous la géomembrane vers le bassin de collecte: 31,5 m³/h (0,009 m³/s) sur toute la durée de l'évènement.
    - Le débit de pompage de l'UTEI (capacité de traitement) est de 1083 m³/h (0,301 m³/s) sur toute la durée de l'évènement.
    - Le niveau d'eau initial dans les bassins de sédimentation et de polissage est de 232,8 m, soit le niveau d'opération normal minimal tel que montré au **Tableau 4-5**.

- CMPp nº 2.
  - Résumé des règles d'opérations de la station de pompage #1 - Débit pompé du bassin de collecte #1 vers l'UTEI :
    - 350 m^3/h (0,097 m^3/s) lorsque le niveau d'eau = 214,1 m
  - Détails des règles d'opérations de la station de pompage #1 : Il est nécessaire de pomper un débit de 350 m^3/h (0,097 m^3/s) en tout temps du bassin de collecte #1 vers l'UTEI. Tout en appliquant les règles d'opérations décrites précédemment, les simulations ont été réalisées en considérant que la 1ère pompe démarre à l'élévation 214,1 m. Le débit ne peut être plus élevé puisqu'il faut aussi considérer la fonte de neige et la pluie du scénario CMPp nº2 se produisant directement sur le bassin de sédimentation et le bassin polissage.
  - Débit pompé sous la géomembrane vers le bassin de collecte: 31,5 m^3/h (0,009 m^3/s) sur toute la durée de l'évènement.
  - Le débit de pompage de l'UTEI (capacité de traitement) est de 1083 m^3/h (0,301 m^3/s) sur toute la durée de l'évènement.
  - Le niveau d'eau initial dans les bassins de sédimentation et de polissage est de 232,8 m, soit le niveau d'opération normal minimal tel que montré au **Tableau 4-5**.

- Conditions été-automne :
  - PMPea 72h
    - Débit pompé du bassin de collecte #1 vers l'UTEI : nul (station considérée non fonctionnelle);
    - Débit pompé sous la géomembrane vers le bassin de collecte: 31,5 m^3/h (0,009 m^3/s) sur toute la durée de l'évènement.
    - Le débit de pompage de l'UTEI (capacité de traitement) est de 1083 m^3/h (0,301 m^3/s) sur toute la durée de l'évènement.
    - Le niveau d'eau initial dans les bassins de sédimentation et de polissage est de 232,8 m, soit le niveau d'opération normal minimal tel que montré au Tableau 4-5.

6. Résultats des simulations

6.1 Crue de la D019-2012

Les résultats des simulations démontrent que le bassin de collecte agrandi est en mesure d'emmagasiner la crue de la D019-2012 tel que décrite à la **Section 5.2**. Comme présenté sur la **Figure 6-1**, le niveau d'eau dans le bassin de collecte atteint une élévation maximale de 217,0 m, ce qui permet d'obtenir une revanche de 1,5 m, soit une revanche supérieure à la revanche minimale requise de 1,0 m lors du scénario D019-2012. La capacité d'emmagasinement du bassin de collecte agrandi est suffisante pour contenir les eaux durant l'opération de la phase 5A. La règle d'opération des stations de pompage considérées lors de la simulation de la crue de la D019-2012 est présentée en détail à la **Section 5.2**.

Également, le niveau d'eau maximum atteint dans le bassin de sédimentation et le bassin de polissage est de 234,6 m. Tel que présenté à la **Section 4.8**, le seuil du déversoir d'urgence est à 235,0 m et le niveau de la crête des digues est à 236,0 m, ce qui permet d'obtenir une revanche de 1,4 m. Il n'y a donc aucune surverse dans l'environnement et la revanche de 1 m est respectée comme l'exige la D019-2012.

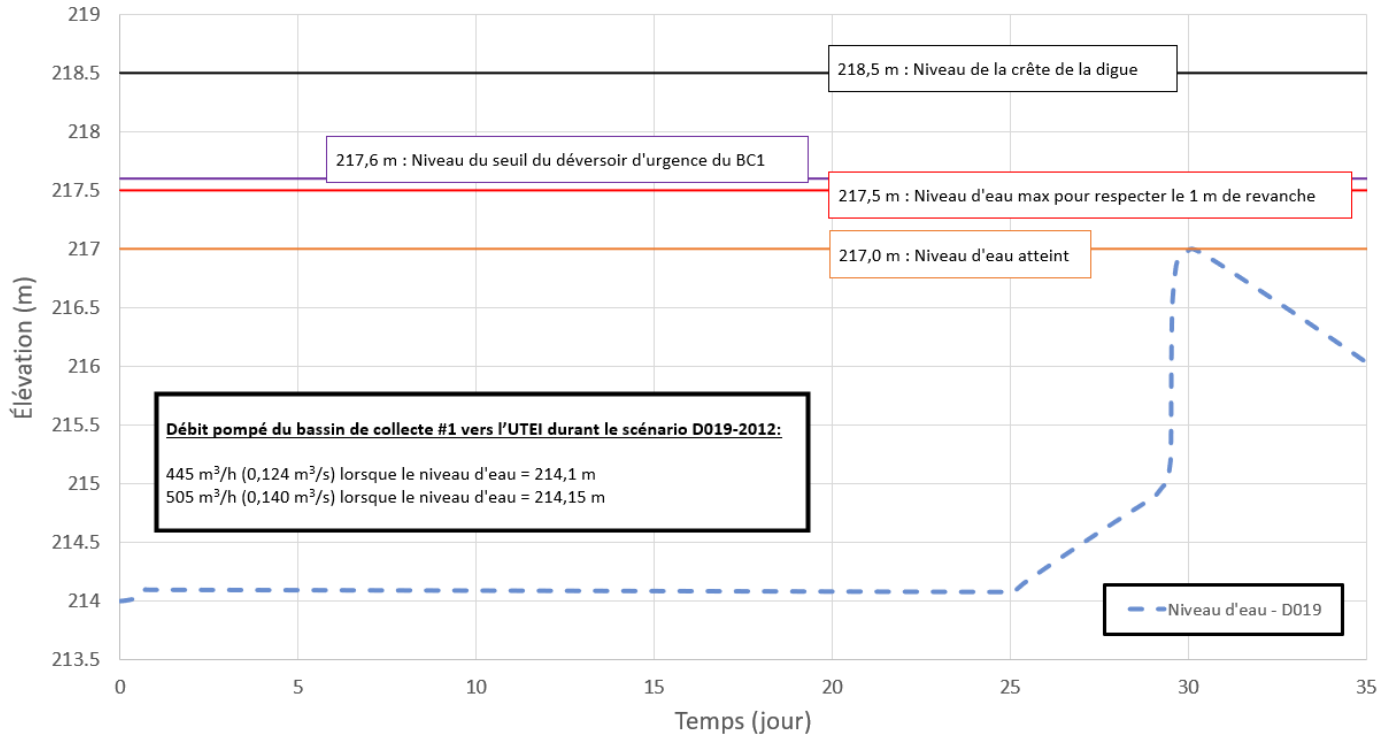


Figure 6-1 : Niveau d'eau calculé dans le bassin de collecte agrandi lors de la simulation du scénario D019-2012

Les **Figure 6-2**, la **Figure 6-3** et la **Figure 6-4** présentent les niveaux d'eau maximums calculés dans les fossés périphériques lors de la simulation de la D019-2012. Aucune surverse n'est observée lors des simulations.

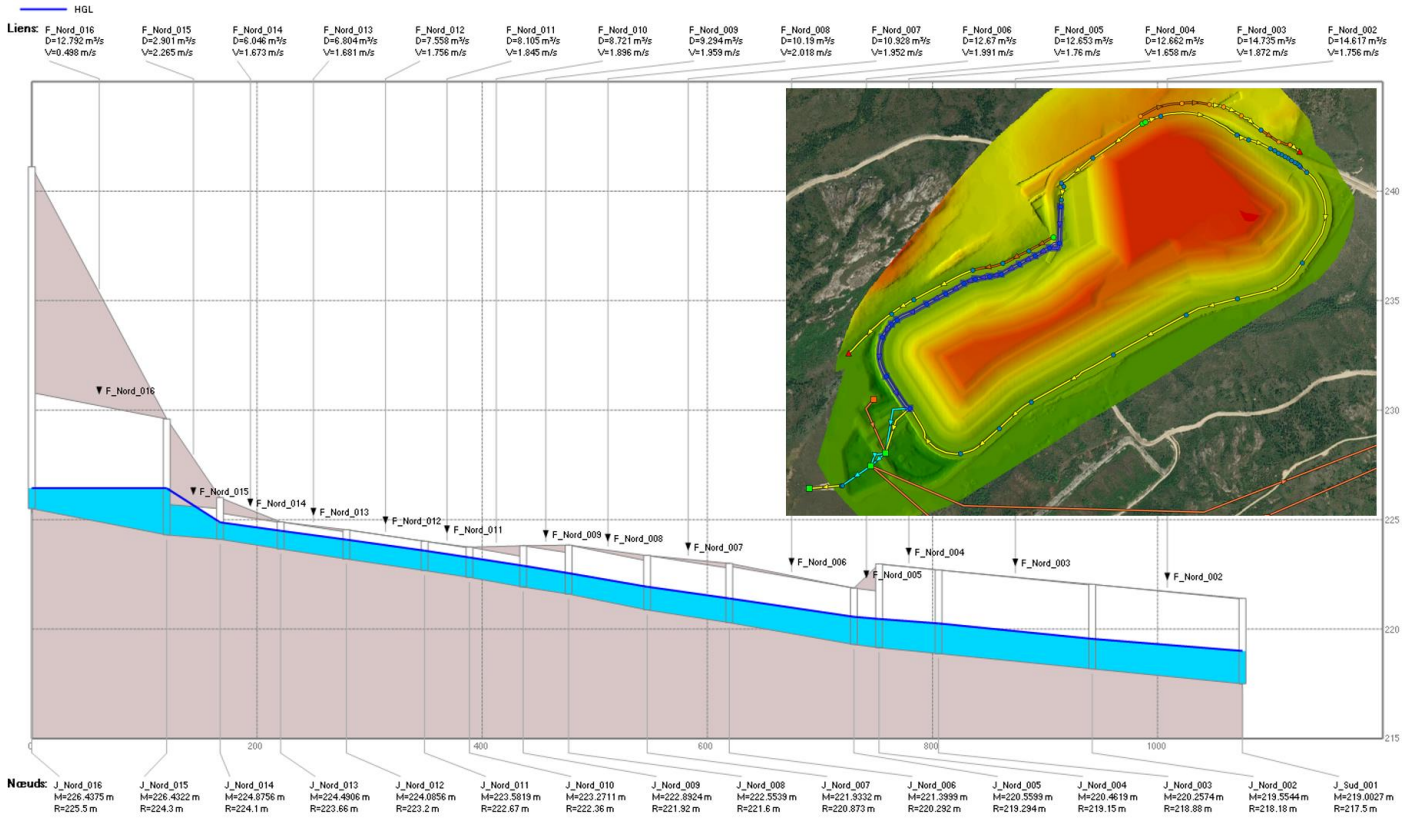


Figure 6-2 : Fossé périphérique « Nord » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario D019-2012

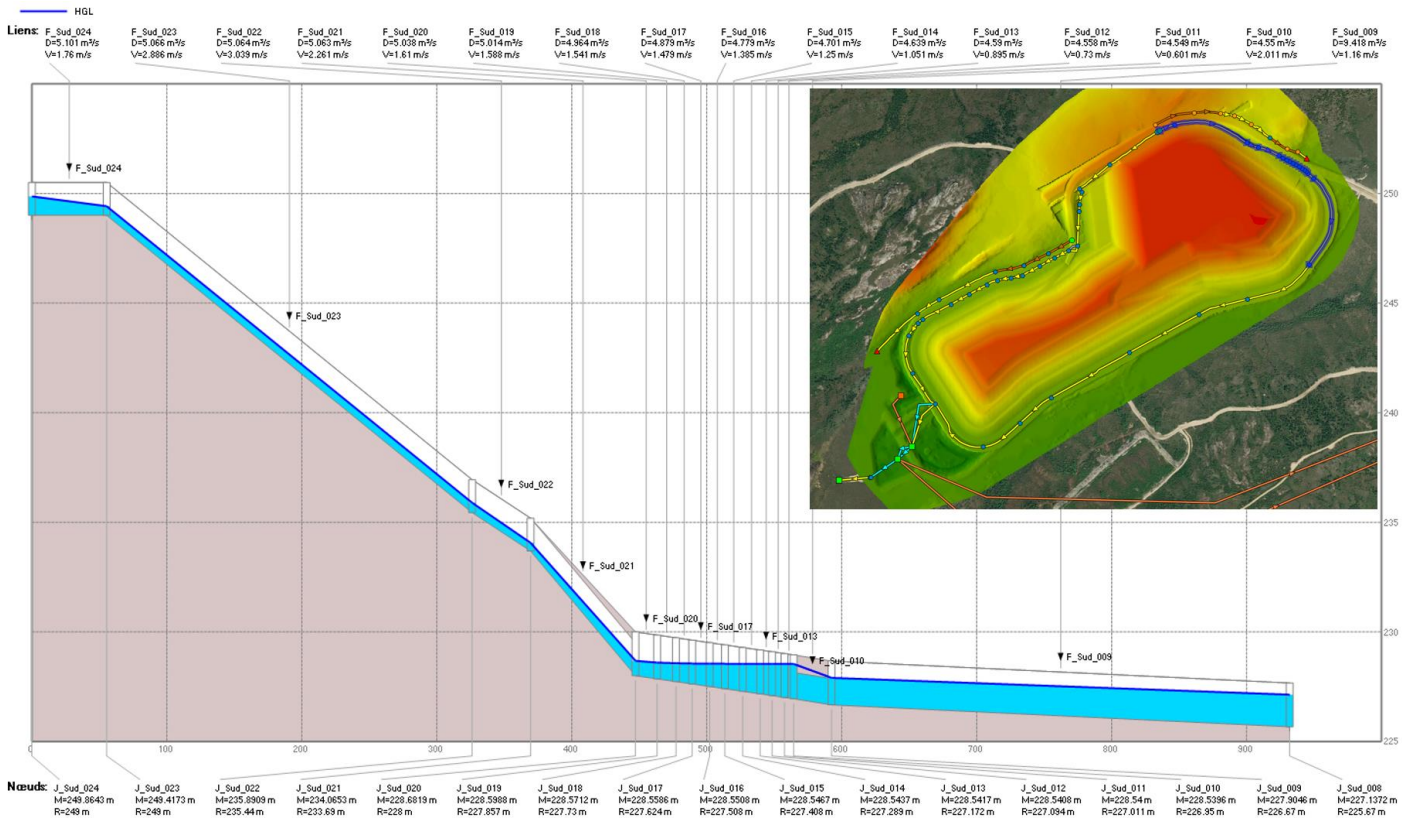


Figure 6-3 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario D019-2012

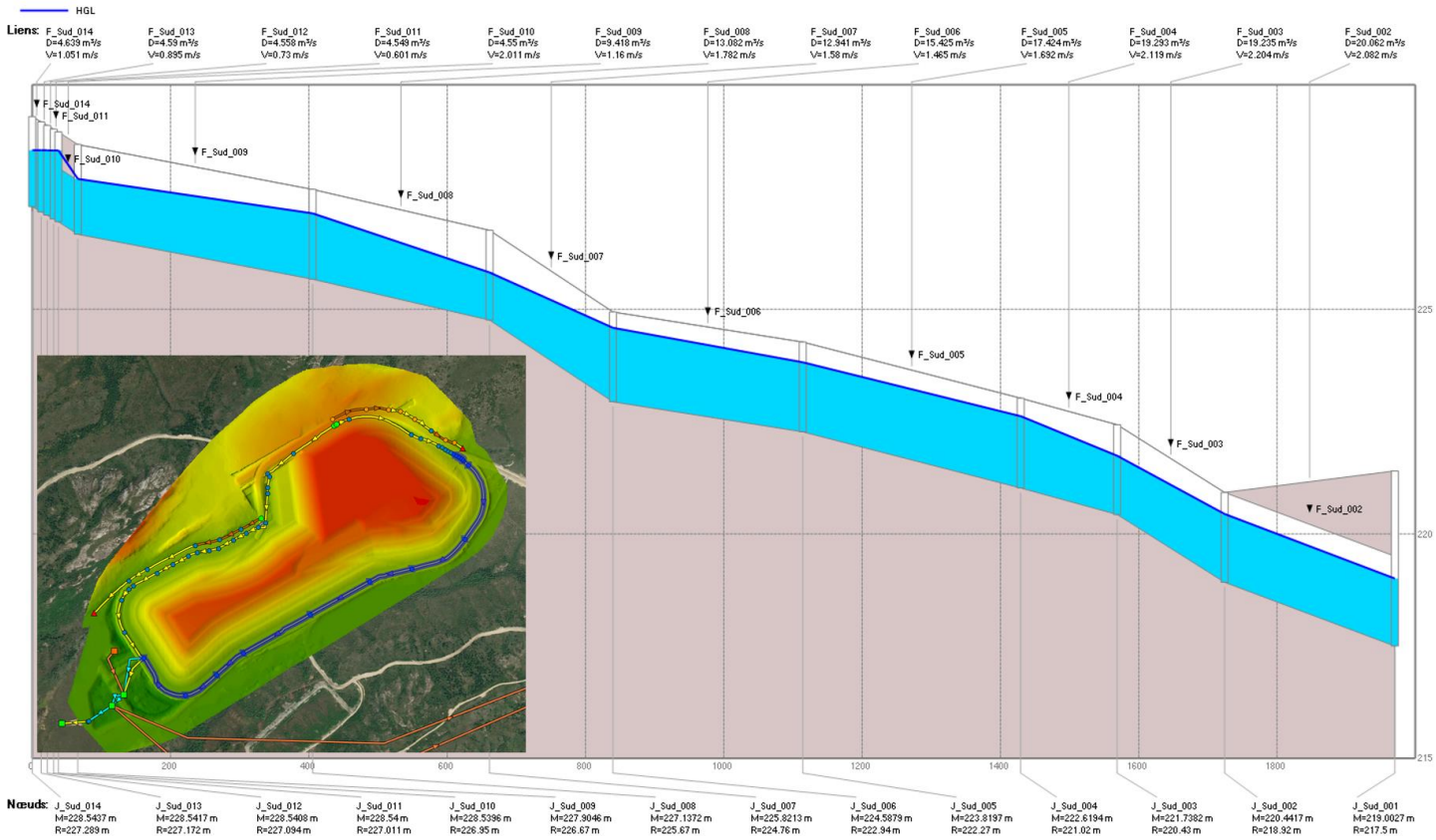


Figure 6-4 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario D019-2012

6.2 Crues maximales probables (CMP)

6.2.1 Élargissement du déversoir d'urgence

Afin de respecter la revanche de 0,3 m dans le bassin de collecte agrandi lors de la simulation des trois (3) scénarios de crue maximale probable PMPea 72h, CMPp nº 1 et CMPp nº 2, le déversoir d'urgence devra être élargi au minimum à 35 m.

La **Figure 6-5** présente les niveaux d'eau de ces trois scénarios avec un déversoir d'urgence à une largeur de 35 m. Les règles d'opération des stations de pompage considérées lors de la simulation des crues maximales probables sont présentées en détail à la **Section 5.2**.

Le **Tableau 6-1** présente quant à lui les niveaux d'eau maximums atteints dans le bassin de collecte agrandi lors des trois scénarios et spécifie si la revanche minimale de 0,3 m est respectée.

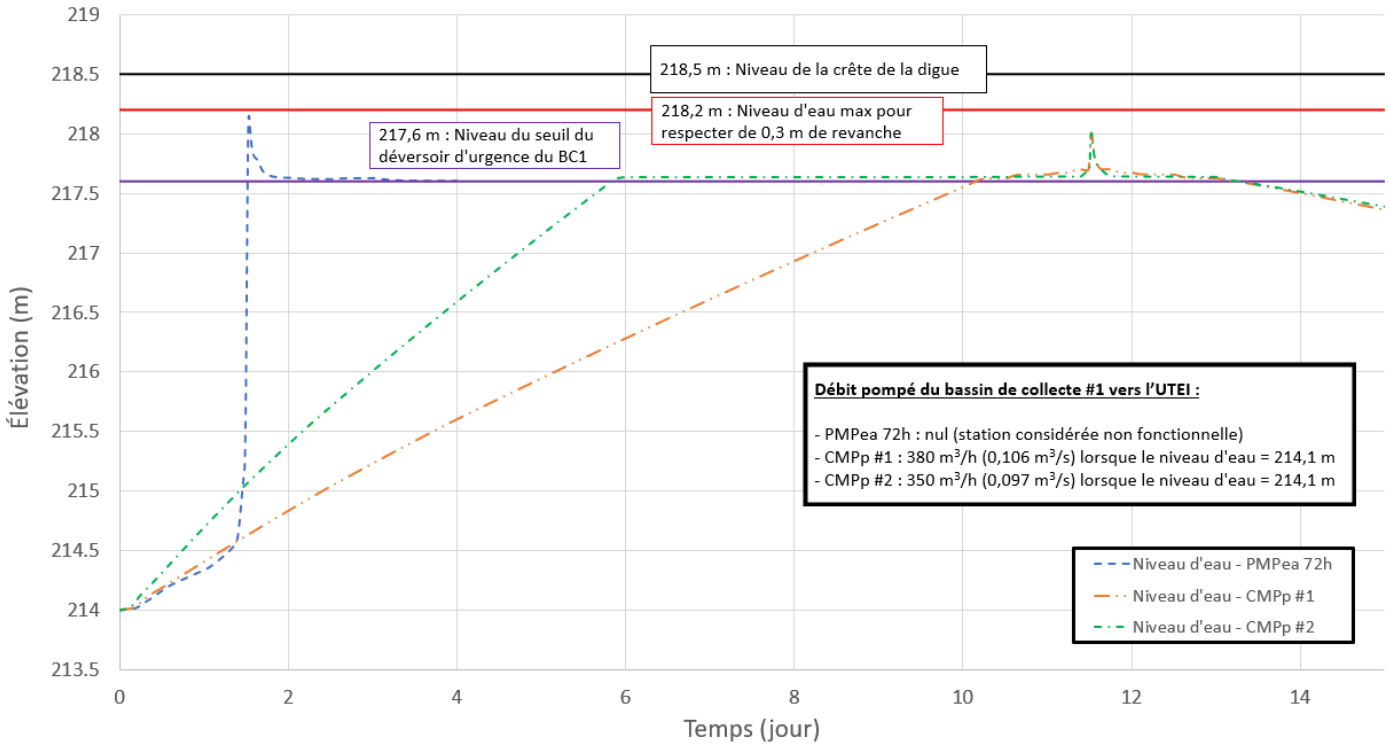


Figure 6-5 : Niveaux d'eau calculés dans le bassin de collecte agrandi lors de la simulation des scénarios PMPea 72h, CMPp nº1 et CMPp nº2 - Largeur du déversoir d'urgence de 35 m

Tableau 6-1 : Niveaux d'eau maximums calculés dans le bassin de collecte agrandi lors de la simulation des scénarios PMPea 72h, CMPp nº1 et CMPp nº2 - Largeur du déversoir d'urgence de 35 m

Scénario météorologique	Niveau eau max (m)	Revanche correspondante (m)	Revanche de 0,30 m respectée?
PMPea 72h	218,15	0,35	Oui
CMPp nº1	218,00	0,50	Oui
CMPp nº2	218,01	0,49	Oui

6.3 Pluie 100ea 24h

Tel que mentionné à la **Section 4.8**, les fossés périphériques et de dérivation doivent respecter une revanche de 0,3 m lors de la simulation de la pluie 100ea ans 24h.

La **Figure 6-6**, la **Figure 6-7** et la **Figure 6-8** présentent les niveaux d'eau maximums calculés aux fossés périphériques lors de la simulation de la pluie 100ea ans 24h. La **Figure 6-9** et **Figure 6-10** présentent les niveaux d'eau maximums calculés aux fossés externes lors de la simulation de la pluie 100ea ans 24h. Les fossés périphériques et de dérivation respectent la revanche de 0,3 m exigée.

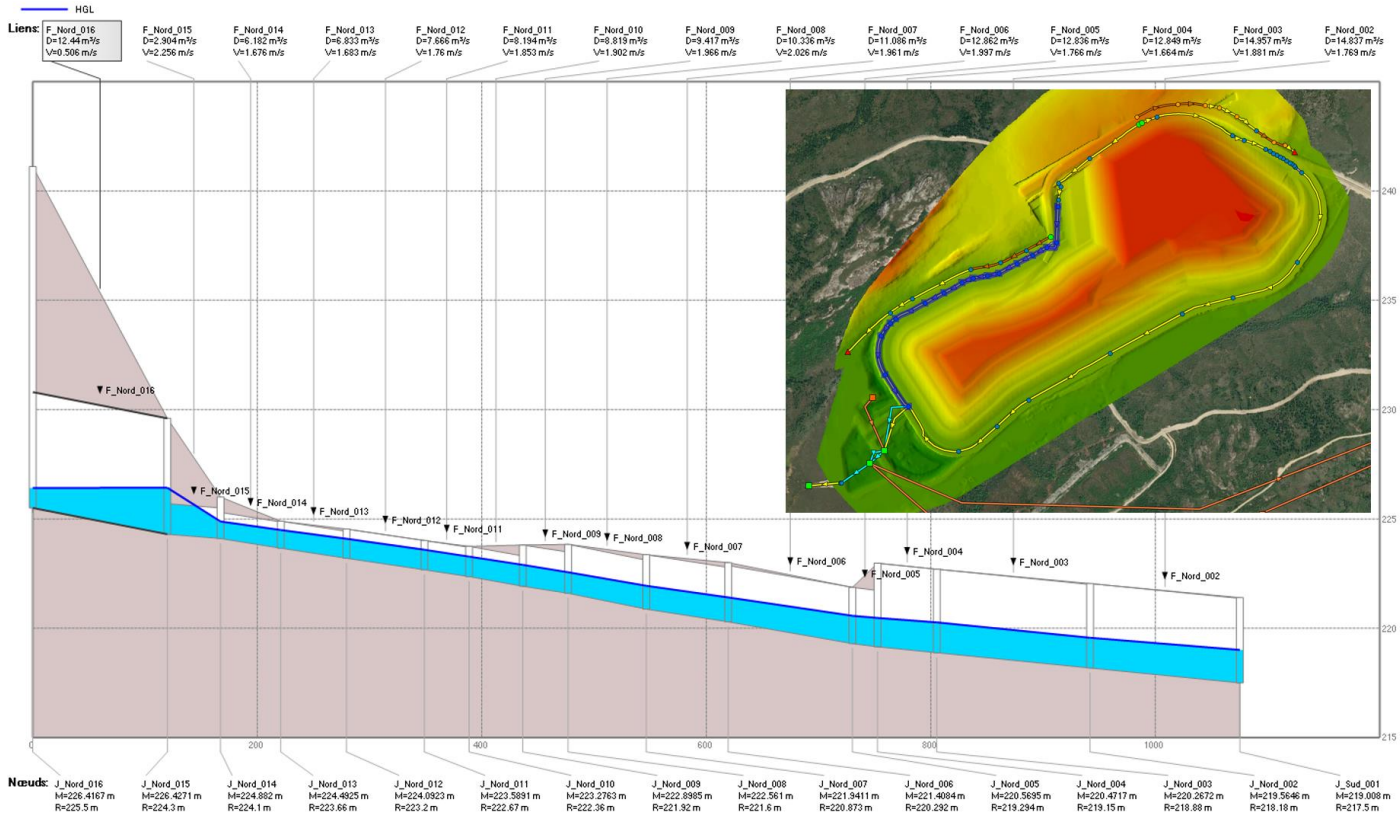


Figure 6-6 : Fossé périphérique « Nord » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h

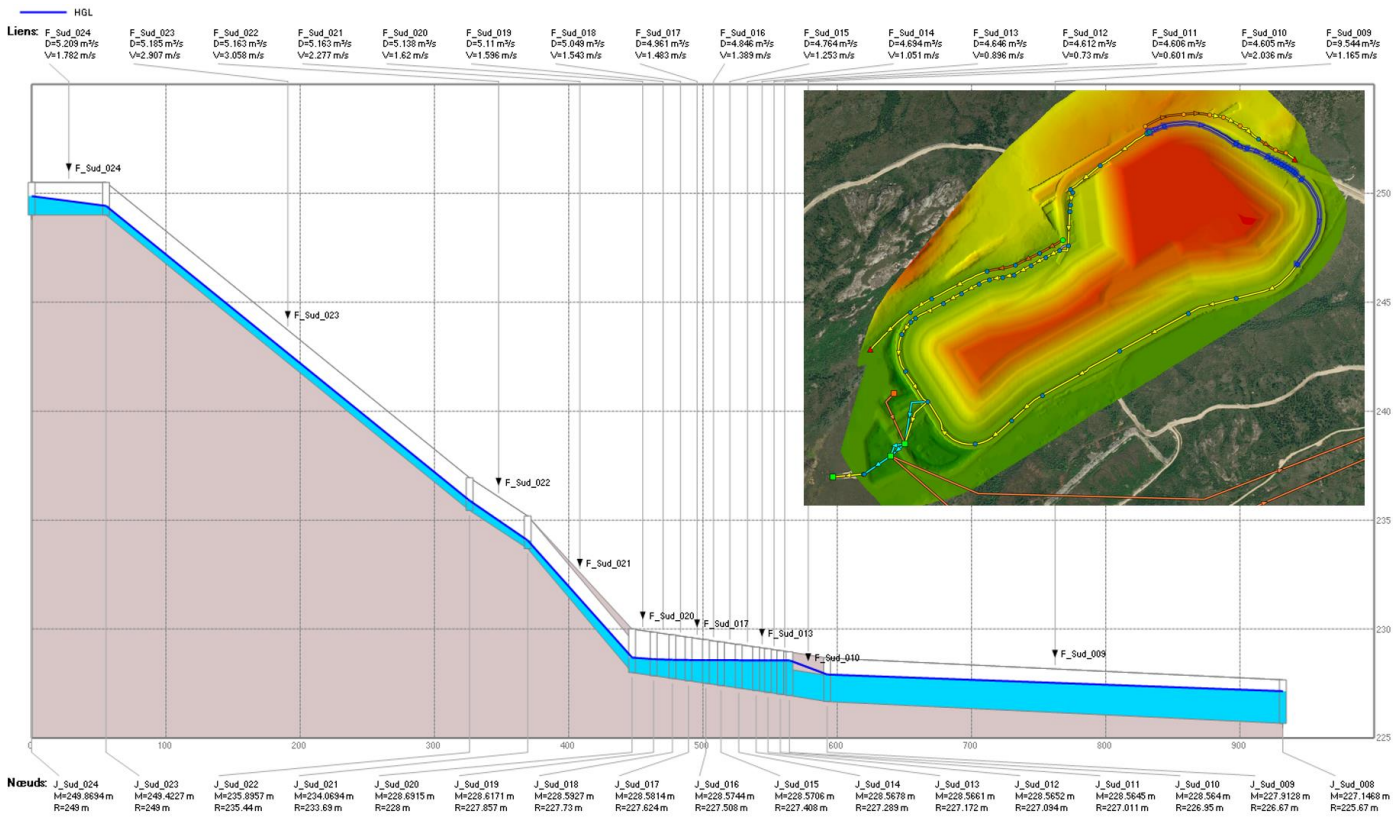


Figure 6-7 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h

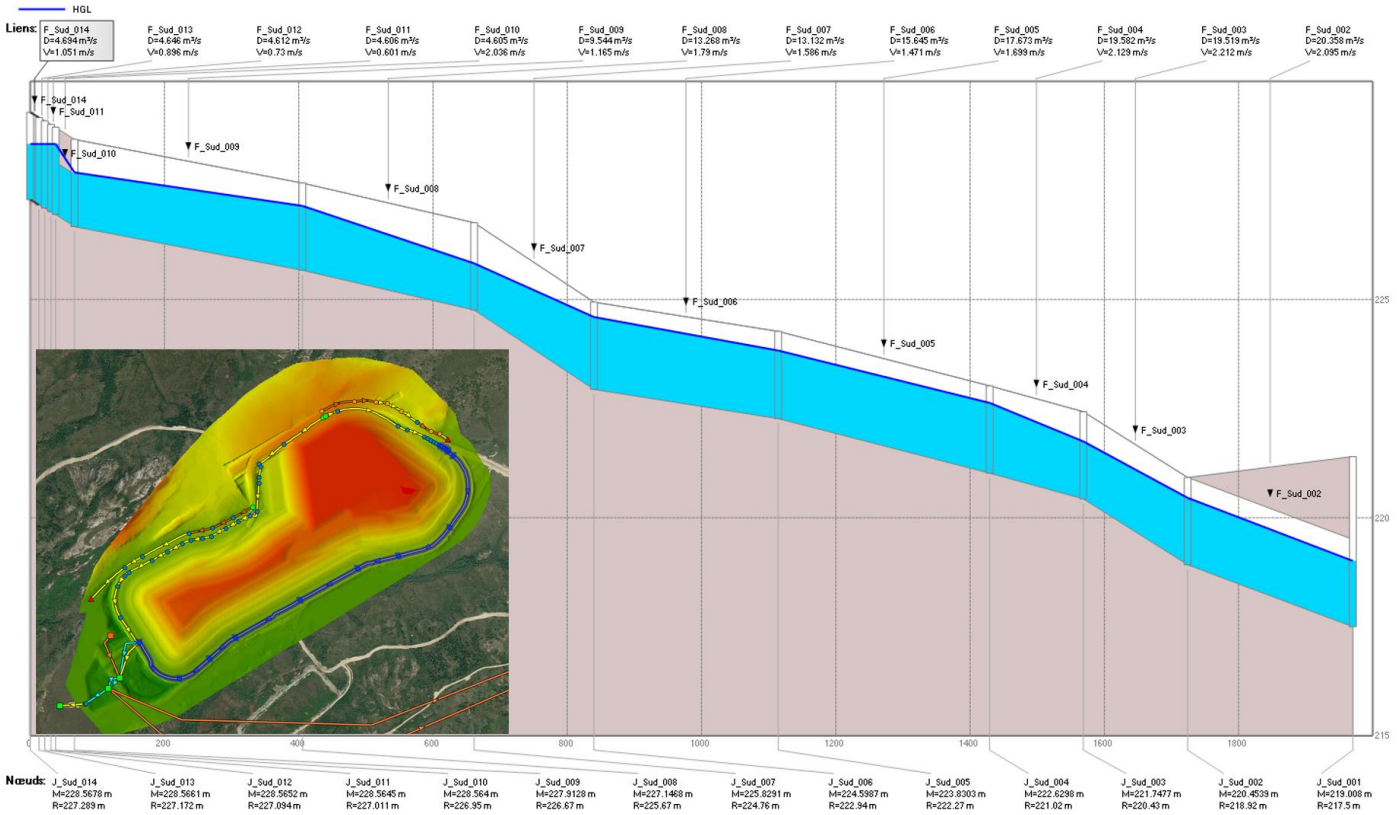


Figure 6-8 : Fossé périphérique « Sud » (eau de contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h

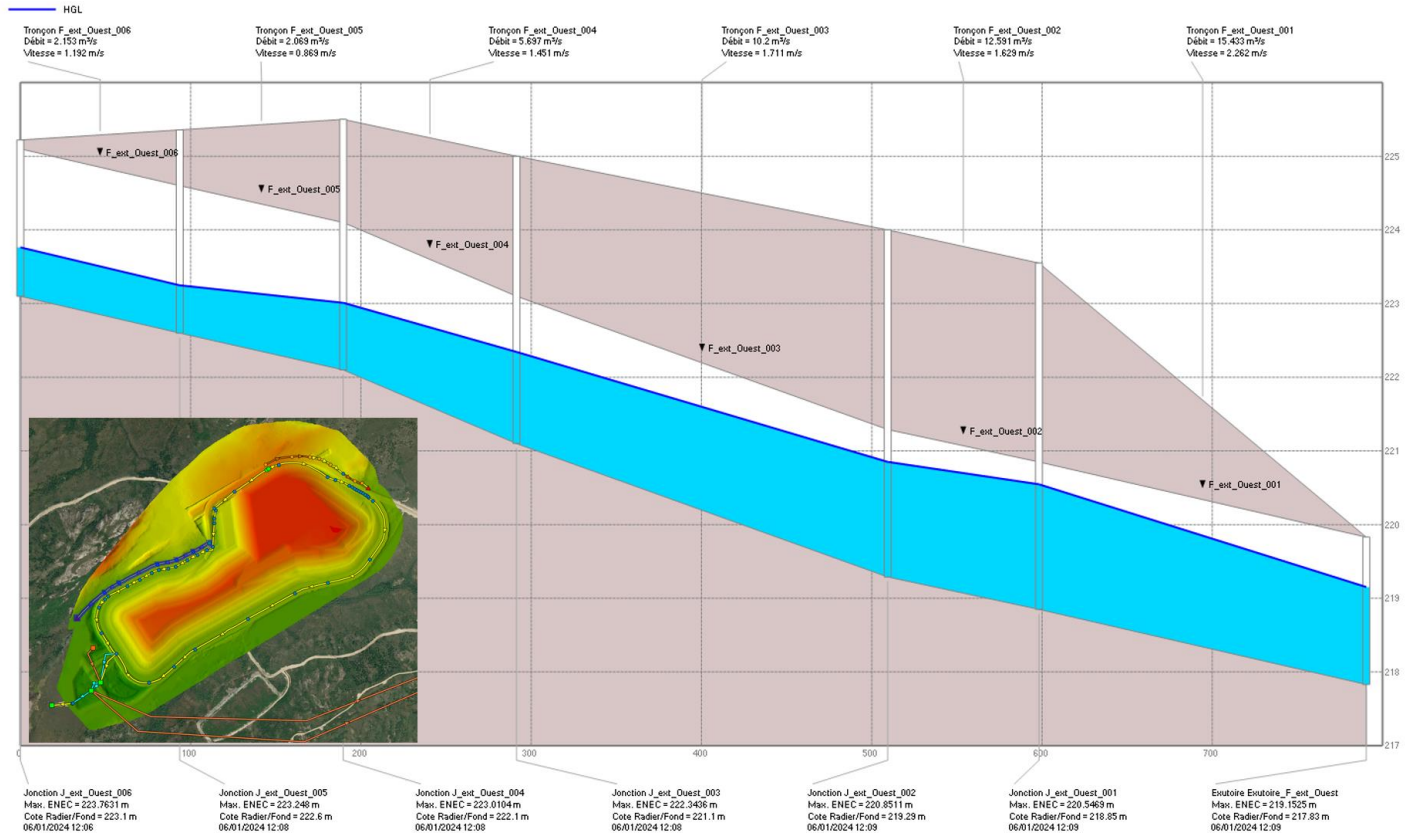


Figure 6-9 : Fossés de dérivation « Ouest » (eau sans contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h

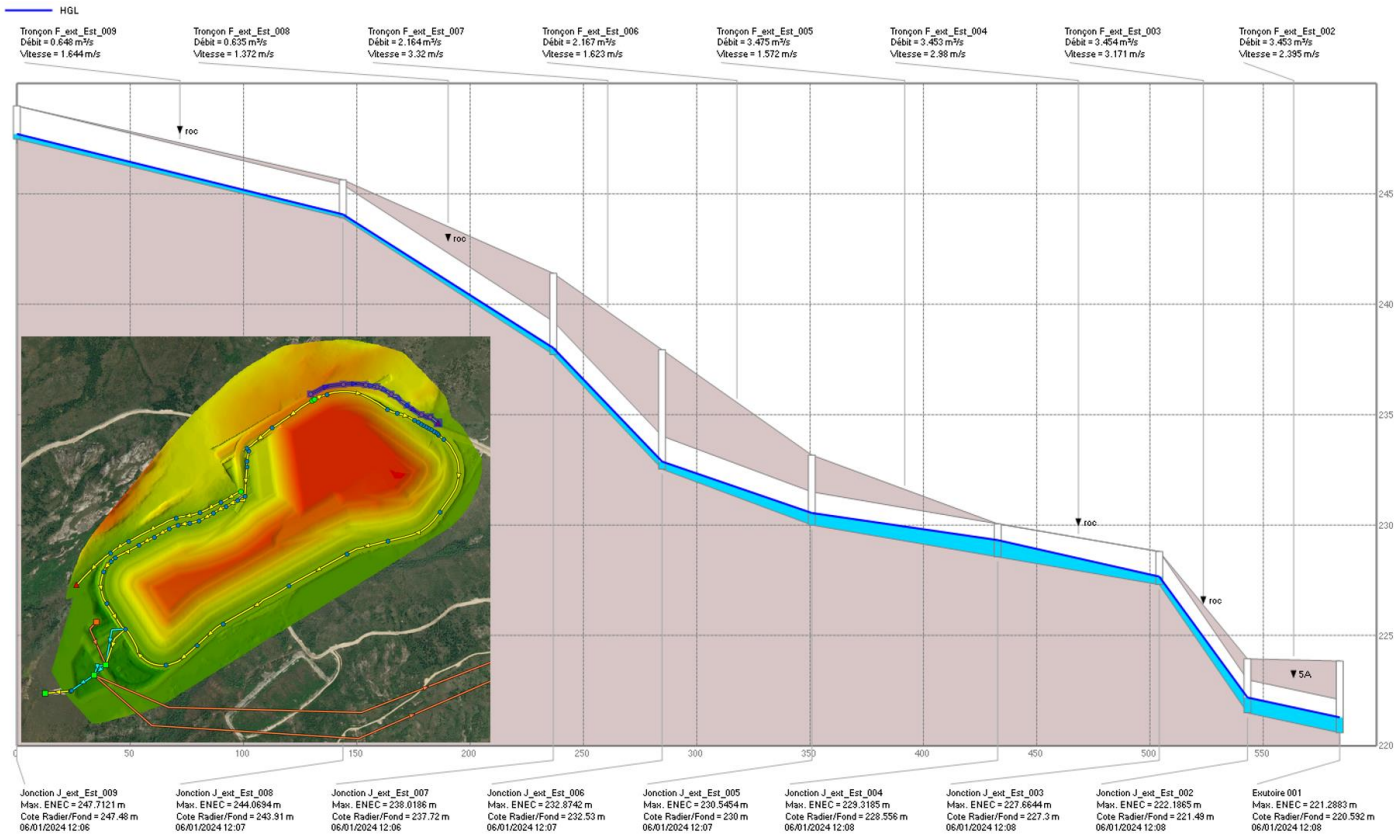


Figure 6-10 : Fossés de dérivation « Est » (eau sans contact) – Niv. d'eau max. scénario pluie 100ea ans 24h

7. Protection contre l'érosion

Des mesures de protection contre l'érosion devront être mises en place aux droits des infrastructures de gestion des eaux du site. Tel que mentionné à la **Section 4.2.2**, aucun travail n'est prévu au fossé de dérivation Ouest en phase 5A, sa protection contre l'érosion n'est donc pas révisée dans cette étude.

7.1 Fossé et extrémité des ponceaux

Les vitesses d'écoulement maximales calculées lors de la D019-2012 et de la pluie 100ea ans 24h aux fossés sont utilisées pour dimensionner l'empierrement de protection requis dans ceux-ci. Le calibre et le diamètre médian (D_{50}) des pierres ainsi que l'épaisseur de l'empierrement sont dimensionnés selon les recommandations du MTQ (Ministère du Transport du Québec, 2024). Ils sont présentés au **Tableau 7-1**.

Tableau 7-1 : Empierrement de protection

Type	Vitesses maximales (m/s)	Calibre (mm)	D_{50} (mm)	Épaisseur (mm)
1	2,0	0 – 200	100	300
2	2,3	100 – 200	150	300
3	2,8	200 – 300	250	500
4	3,2	300 – 400	350	700
5	3,4	300 - 500	400	800

D_{50} : diamètre des particules du matériau dont 50% en masse sont supérieures à cette dimension

Tableau 7-2 : Enrochements de protection recommandés aux droits des fossés

Fossé	Vitesse max. calculée (m/s)	Calibre (mm)	D_{50} (mm)	Épaisseur (mm)
Fossé périphérique Nord	2,0	0-200*	100	300
Fossé périphérique Sud		Variable*, voir **Figure 7-1**.		
Fossé de dérivation Est		Variable*, voir **Figure 7-2**.		

* Un calibre plus grossier peut être utilisé si cela est jugé nécessaire ou plus pratique dans le cadre des opérations.

À noter que les vitesses calculées pour chaque tronçon du fossé périphérique Sud et du fossé de dérivation Est sont aussi présentées sur les **Figure 7-1** et **Figure 7-2**. Selon la géométrie finale proposée du secteur de la phase 5A et les vitesses calculées et présentées sur la **Figure 7-1**, le client devra prévoir des bassins de dissipation d'énergie au bas des paliers ainsi que de l'empierrement de protection de type 4 de calibre 300-400 mm. Les mesures de protection contre l'érosion du secteur de la phase 5A devront être adaptées au fur et à mesure de l'évolution du plan de déposition.

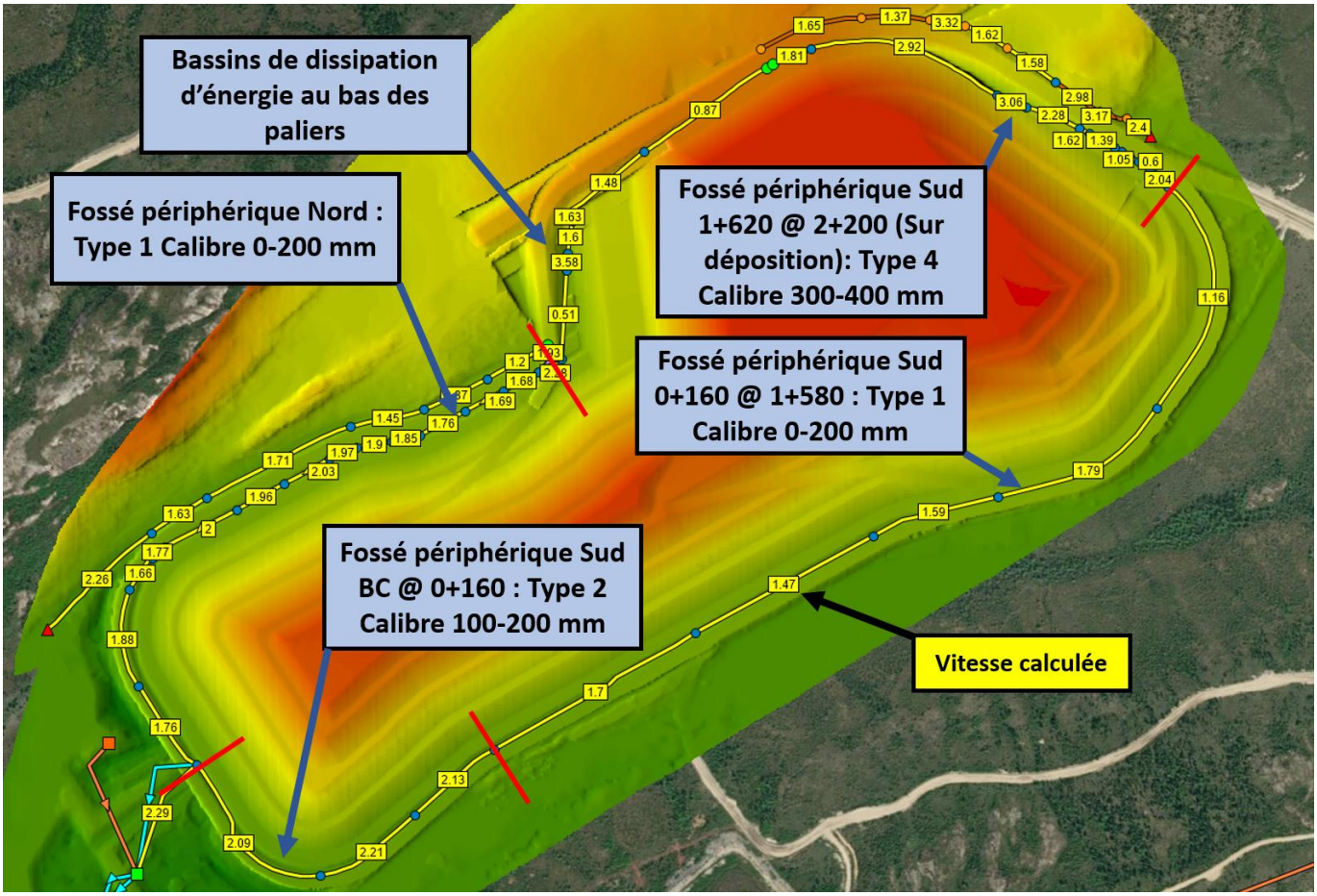


Figure 7-1 : Aménagements pour la protection contre l'érosion le long du fossé périphérique Nord et Sud

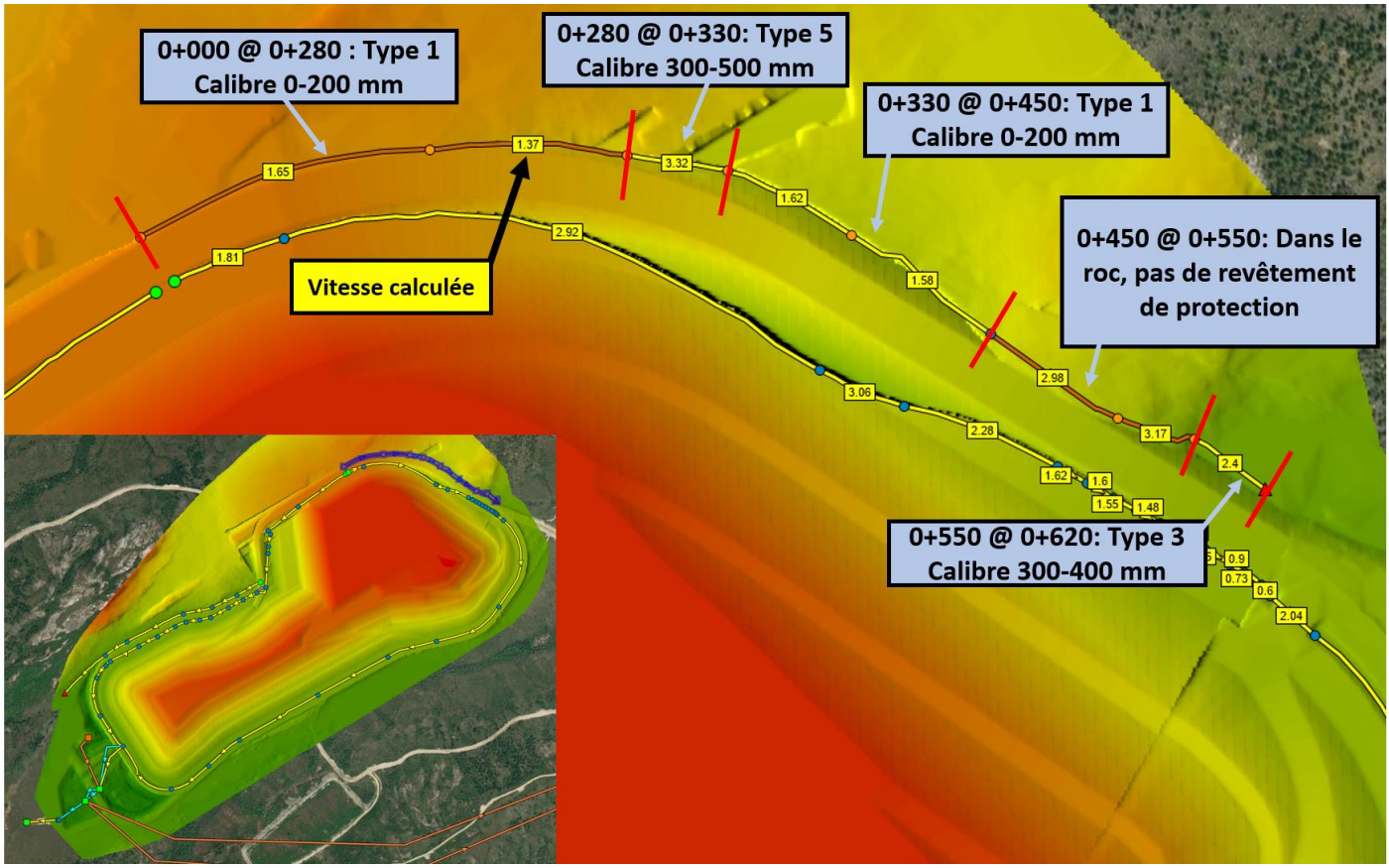


Figure 7-2 : Plan 7017 – Type d'enrochement le long du fossé de dérivation Est

Tel que présenté à la **Section 4.2**, la phase 5A nécessite l'installation de deux ponceaux en parallèle de Ø1400 mm dans le fossé périphérique Nord et de deux ponceaux en parallèle de Ø1200 mm dans le fossé périphérique Sud. Le **Tableau 7-3** présente l'enrochement nécessaire aux extrémités de ces ponceaux.

Tableau 7-3 : Type d'enrochement aux extrémités des ponceaux

	Vitesse max. calculée (m/s)	Calibre (mm)	D_{50} (mm)	Épaisseur (mm)
Ponceaux du fossé périphérique Nord	2,3	100-200*	150	300
Ponceaux du fossé périphérique Sud	2,0	0-200*	100	300

* Un calibre plus grossier peut être utilisé si cela est jugé nécessaire ou plus pratique dans le cadre des opérations.

7.2 Surverse et déversoir d'urgence

Le **Tableau 7-4** présente les caractéristiques des infrastructures hydrauliques considérées et les débits et vitesses maximums calculés lors des simulations. Ces résultats sont tirés du scénario PMPea 72h qui génère les débits et les vitesses d'écoulement les plus critiques. Sur la base de ces résultats, la méthodologie proposée par Mishra (1998) a été suivie pour dimensionner l'enrochement de protection nécessaire aux droits des infrastructures considérées. Le **Tableau 7-5** présente les dimensions calculées. L'enrochement proposé pour la surverse et le déversoir d'urgence est le même que celle en phase 3B-4A.

Tableau 7-4 : Caractéristiques, débits et vitesse max. calculés au droit des infrastructures hydrauliques

Infrastructure	Largeur/Diamètre (m)	Pente aval max. (m/m)	Pente aval max. (V:H)	Débit max. (m^3/s)	Vitesse max. (m/s)
Surverse d'urgence	50	0,167	01:06	53,1	2,3
Déversoir d'urgence	35	0,333	01:03	23,4	2,8

Tableau 7-5 : Enrochements de protection recommandés aux droits des infrastructures hydrauliques

Infrastructure	Calibre (mm)	D_{50} (mm)	Épaisseur (mm)
Surverse d'urgence*	300-400	350	1400
Déversoir d'urgence	300-400	350	1400

* Informations présentées ici pour référence seulement, la surverse a été construite en 2024 et elle est recouverte d'un tapis de béton pour la protéger contre l'érosion.

8. Conclusion et recommandation

- L'étude hydrologique et hydraulique réalisée dans le cadre de l'ingénierie détaillée de la phase 5A a permis de dimensionner les infrastructures de gestion des eaux de surface. Les résultats des simulations ont montré que :
- La capacité d'emmagasinement du bassin de collecte agrandi est suffisante pour contenir la D019-2012 tout en ayant une revanche de plus de 1 m tel qu'exigé par la Directive 019. La capacité d'emmagasinement du bassin de collecte agrandi est suffisante pour contenir l'eau générée par l'agrandissement de la phase 5A et n'a donc pas à être agrandie.
- Le déversoir d'urgence doit avoir une largeur minimale de 35 m en phase 5A.
- Les fossés et ponceaux devront être dimensionnés tel que présenté à la **Section 4.2** afin d'acheminer adéquatement les eaux lors du passage de la D019-2012 et lors du passage de la crue 100ea 24h selon les critères de conceptions applicables.

Il est recommandé de réaliser un relevé d'arpentage du bassin de collecte agrandi, lorsque sa construction sera complétée, afin de mettre à jour sa capacité d'emmagasinement selon les plans « tel que construit ».

9. Références

ACB (2013) : Association canadienne des barrages, Recommandations de sécurité des barrages, 2013.

ACB (2019) : Association canadienne des barrages, Application des recommandations sur la sécurité des barrages aux barrages miniers, 2019.

AtkinsRéalis (2023) : Rapport technique – Analyse du système de pompage du bassin de collecte au bassin de sédimentation, décembre 2023 (réf. 695004-0000-45ER-0001).

AtkinsRéalis (2024) : Bases et critères de conception, septembre 2024 (réf. 699802-2200-4GEC-0001).

EPA (2015): United States Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Revised September 2015 (réf. EPA/600/R-14/413b).

EPA (2016): United States Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model Reference Manual Volume 1 – Hydrology (Revised). Revised January 2016 (réf. EPA/600/R-15/162A).

FHWA (2012): U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Hydraulic Design Series Number 5 (HDS-5), Hydraulic Design of Highway Culverts Third Edition, avril 2012.

MDDEP (2012) : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Directive 019 sur l'industrie minière, mars 2012.

Mishra (1998): U.S. Bureau of Reclamation – Riprap design for overtopped embankments, octobre 1998.

SEBJ (1997) : Société d'énergie de la Baie James, Guide pratique – Dimensionnement du riprap, juin 1997.

SNC-Lavalin (2019) : Note technique – Hydrologie, décembre 2019 (réf. 664660-1000-4HER-0004).

SNC-Lavalin (2022) : Note technique – Mise à jour de l'étude du système de sous-drainage du bassin de collecte du PAR, juin 2022 (réf. 689718-7000-49ER-0001).

SNC-Lavalin (2023a) : Note technique – Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 3A et 4A, décembre 2023 (réf : 689718-4000-4HER-0002).

SNC-Lavalin (2023b) : Dessin « Parc à résidus miniers – travaux phase 3B et 4A Bassin de collecte 2A Sud Vue en plan », juillet 2024 (réf. 689718-07-100-4GD2-6061-E04).

USACE (2022): US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, juillet 2022.

AtkinsRéalis
Minéraux et Métaux

© AtkinsRéalis sauf indication contraire

ATKINSRÉALIS - Sensible

Annexe B

Plans d'action en cas d'élément déclencheur (TARPs) du PAR de la Mine Éléonore

Titre du document : **PLANS D'ACTIONS EN CAS D'ÉLÉMENT DÉCLENCHEUR (*Trigger Action Response Plans* (*TARPs*)) DU PARC À RÉSIDUS MINIERS DE LA MINE ÉLÉONORE**

Client : **NEWMONT CORPORATION, MINE ÉLÉONORE**

Projet : **ASSISTANCE À L'OPÉRATION DU PARC À RÉSIDUS**

Préparé par : Filip Djogo, ing., M. ing
#OIQ : 6032471

Révisé par : Amir Hossein Zamani, ing., M. Sc
#OIQ : 5021566

Approuvé par : Philip Gomes, ing.
#OIQ : 5052664

LISTE DES RÉVISIONS APPORTÉES AU DOCUMENT

Révision					Pages Révisées	Remarques
#	Prép.	Rév.	App.	Date		
PB	FL			2023-10-20	----	Émis pour révision du client
PC	ME	AZ	PG	2024-05-03	Toutes	Émis pour commentaire du client
PD	FD	AZ	PG	2024-09-24	Mise à jour des annexes	Émis pour commentaire du client
00	FD	AZ	PG	2024-11-15	Mise à jour des annexes	Émis en version final

AVIS AU LECTEUR

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de SNC-Lavalin inc. (« SNC-Lavalin ») quant aux sujets qui y sont abordés. Son opinion a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Le document doit être interprété dans le contexte de la convention en date du 28 février 2022 (la « Convention ») intervenue entre SNC-Lavalin et Newmont (le « Client »), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques utilisées, des hypothèses de SNC-Lavalin ainsi que des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document n'a pour raison d'être que l'objectif défini dans la Convention et est au seul usage du Client, dont les recours sont limités à ceux prévus dans la Convention. Il doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

En préparant ses estimations, le cas échéant, SNC-Lavalin a suivi une méthode et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent, et est d'opinion qu'il y a une forte probabilité que les valeurs réelles seront compatibles aux estimations. Cependant, l'exactitude de ces estimations ne peut être garantie. À moins d'indication contraire expresse, SNC-Lavalin n'a pas contre vérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont le Client, les autres consultants, laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipements, etc.) et sur lesquelles est fondée son opinion. SNC-Lavalin n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Dans toute la mesure permise par les lois applicables, SNC-Lavalin décline en outre toute responsabilité envers le Client et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) de tout ou partie du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 Introduction 5
1.1 Contexte 5
1.2 Objectif 6
2.0 Sources des données 6
2.1 Type d'instruments et localisation instrumentation 6
2.1.1 Instrumentation à venir 7
2.2 Données météorologiques 7
2.3 Données sismiques 8
2.4 Données de télémétrie 8
2.5 Données des inspections de routine 8
3.0 Plan d'action en cas de déclenchement d'alerte *(TARPs)* 8
3.1 Généralités 9
3.2 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour les piézométriques des sols de fondation 11
3.3 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour les piézométriques dans les résidus 12
3.4 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour le bassin de collecte et le système de pompage 13
3.5 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour le système de drainage 13
3.6 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour les observations visuelles des signes de détérioration 14
3.7 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des déformations et mouvements 14
3.7.1 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des inclinomètres 14
3.7.2 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des prismes 16
3.8 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour l'activité sismique 17
4.0 Rôle et responsabilités 18
5.0 Déclenchement de la procédure 19
5.1 Données d'instrumentation 19
5.2 Données météo et niveaux d'eau du bassin de collecte 19
5.2.1 Fonte printanière 19
5.2.2 Crue estivale 19
5.3 Déclenchement de la procédure – Données sismiques 20
6.0 Résolution 20
7.0 Limitation 20
8.0 Références 20

Liste de figures

Figure 3-1 : Les niveaux d'alerte et d'urgence des TARPs 10

Figure 3-2 : Synthèse des courbes de résistance au cisaillement normalisée par rapport à la contrainte de pré consolidation (O.C.) ou la contrainte verticale appliquée (N.C.) pour les argiles ultra-sensibles ayant des Sur faibles 15

Liste de tableaux

Tableau 2-1 : Liste des instruments existants au PAR en fonction de leur localisation 6
Tableau 3-1: Instruments de suivi de la performance du PAR avec leur fonction et la méthode d'évaluation de leurs niveaux d'alerte 10
Tableau 3-2 : Récapitulatif des niveaux alertes d'eau - Piézomètres de fondation 12
Tableau 3-3 : Niveaux d'alerte pour les inclinomètres de la phase 3B du PAR 15
Tableau 3-4 : Niveaux d'alerte pour les prismes installés sur le PAR 16
Tableau 3-5 : Niveaux d'alerte des prismes installés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1 17
Tableau 4-1 : Rôles et responsabilités (adapté de Newmont 2023) 18

Liste des annexes

ANNEXE A : Cartes de localisation des instruments du PAR
ANNEXE B : *TARPs* pour le PAR cartes de localisation des instruments du PAR
ANNEXE C : Rapports de référence pour l'évaluation des niveaux alertes pour les TARPs

1.0 Introduction

1.1 Contexte

La mine Éléonore, propriété de Newmont Corporation depuis 2019, est située sur le territoire de la Baie-James à environ 190 km à l'est de la communauté crie de Wemindji et à environ 350 km au nord de la ville de Matagami. Cette mine est une exploitation aurifère actuellement en activité depuis octobre 2014 et sa cessation minière est prévue pour 2029. Le site est composé d'un parc à résidus (PAR) qui atteindra environ 74 ha dans sa configuration actuelle.

Entre 2015 et 2022, l'analyse des données de surveillance des instruments géotechniques au PAR était réalisée par l'équipe SNC-Lavalin et l'ingénieur désigné (*Engineer of Record* : *EoR*). Depuis 2022, un rapport était émis à Newmont à cet effet, à tous les trois (3) mois environ. Depuis septembre 2023, les données des instruments sont collectées à l'aide d'enregistreur de données (*datalogger)*, qui sont ensuite envoyées vers une base de données gérée par le système Canary. Le système Canary permet ensuite de calculer, traiter et visualiser les données pour obtenir rapidement l'information pertinente pour la stabilité de l'empilement des résidus. Pour l'ensemble des instruments automatiques utilisés au PAR, les données sont enregistrées à l'heure. Un mémorandum est préparé mensuellement afin de présenter les données d'instrumentation de Canary, vérifier le bon fonctionnement des instruments, et de proposer des recommandations, le cas échéant.

Des seuils d'alerte ont été élaborés pour les instruments pertinents à l'évaluation de la performance, à l'identification des écarts de la performance attendue et de toute détérioration des performances au fils du temps.

Une chaîne de communication est en place et décrite dans le Manuel d'opération, d'entretien et de surveillance (Manuel d'OES, dernière version 2022) afin d'aviser le *EoR* le plus rapidement possible pour toutes les observations de détérioration au PAR lors des inspections de routine par l'ingénieur et/ou la personne responsable du parc à résidus miniers (*Responsible Tailings Facilities Engineer or Person*: *RTFE/P*). Les performances en dehors des conditions normales d'opérations doivent être traitées rapidement par des plans d'action en cas d'élément déclencheur (*Trigger Action Response Plans : TARP*). Les *TARPs* sont des outils de gestion des contrôles critiques établis pour le PAR d'Éléonore.

Les *TARPs* sont un outil de contrôle des risques utilisé pour surveiller la performance du PAR associé aux modes de défaillances crédibles. Les *TARPs* tiennent compte des instruments de surveillance et des exigences en matière d'inspection visuelle. Les *TARPs* décrivent les mesures à prendre si les niveaux de déclenchement sont dépassés pour éviter une perte de contrôle. Une série d'actions est prédéfinie, basée sur l'ampleur du dépassement du seuil de déclenchement.

L'élaboration des *TARPs* est une exigence de Newmont (*TSF Technical & Operations Standard NEM-TES-STA-017, 2020),* du GISTM (Norme industrielle mondiale pour la gestion des résidus, PNUE, 2020) et du protocole de gestion des résidus miniers par rapport aux indicateurs de l'initiative VDMD (Vers le développement minier durable) en lien au Guide de gestion des parcs à résidus miniers (AMC, 2021). Ce document présente les *TARPs* selon le standard de Newmont (*Tailings Storage Facility (TSF) Critical Control Report (CCR) Guideline NEM-TES-STA-017-GDL-603, 2023*).

1.2 Objectif

L'objectif de cette note est de fournir les *TARPs* relatifs aux conditions géotechniques observées via les inspections visuelles du personnel au site, l'instrumentation en place (piézomètres, inclinomètres, prismes, etc.) ainsi qu'aux conditions de crues et à la sismicité observée au PAR.

Les *TARPs* sont basés sur l'instrumentation existante ainsi que sur les conditions spécifiques pour chaque infrastructure (type, composition, modes potentiels de défaillance, conditions des fondations) ainsi que sur les données locales disponibles pour la sismicité et les données/prévisions météorologiques disponibles. Les sources de données, les seuils, les personnes impliquées et la gestion de la procédure sont expliqués plus en détail dans les sections ci-dessous.

Les *TARPs* doivent être réévalués à mesure que les conditions du site ou les opérations évoluent ou à la suite de l'ajout de nouveaux instruments/sources d'observations ou au moins une fois par année.

2.0 Sources des données

2.1 Type d'instruments et localisation instrumentation

Les instruments de mesure utilisés au PAR qui permettent de suivre sa performance sont les piézomètres, les prismes d'arpentages, et les inclinomètres. Des niveaux d'alertes ont été établis pour ces instruments aux moyens de différentes méthodes comme des analyses de stabilité ou des analyses de déformations.

Dans le cas des extensomètres, des cellules de pression et des thermistances, ce sont des instruments servant de support au suivi de la performance du PAR et de contrôle qualité. Aucun niveau d'alerte spécifique n'a donc été déterminé pour ceux-ci. Ces derniers seront abordés seulement dans le tableau des *TARPs* de l'**Annexe A** dans les actions à réaliser en cas de déclenchement.

Les instruments sont listés en détail au **Tableau 2-1** en fonction des différentes phases du PAR, et la localisation des instruments existants est disponible à l'**Annexe C**.

Tableau 2-1 : Liste des instruments existants au PAR en fonction de leur localisation

Localisation (phase)	Types d'instruments	Nombre d'instruments	Identifiant des instruments
Phase 1	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	4	PF-1A, PF-1B, PF-2A, PF-2B
	Piézomètres à corde vibrante (résidus)	12	PR-1A, PR-1B, PR-2A, PR-2B, PR-2C, PR-3A, PR-3B, PR-3C, PR-4A, PR-4B, PR-5A, PR-5B
	Prismes	8	108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116
	Thermistances	3	TH-02, TH-03, TH-04
	Puits d'observation	3	PO-21-02, PO-21-03, PO-21-04

Localisation (phase)	Types d'instruments	Nombre d'instruments	Identifiant des instruments
Phase 2	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	4	PF-3A, PF-3B, PF-4A, PF-4B
	Piézomètres à corde vibrante (résidus)	11	PR-6A, PR-6B, PR-7A, PR-7B, PR-7C, PR-8A, PR-8B, PR-9A, PR-9B, PR-10A, PR-13A
	Prismes	1	112
Phase 3A	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	2	PF-5A, PF-5B
	Piézomètres à corde vibrante (résidus)	1	PR-14A
	Cellules de pression	1	PF-5C
Phase 3B	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	13	PF-6A, PF-6B, PF-7A, PF-7B, PF-8A-1, PF-8A-2, PF-8B, PF-9A, PF-9B, PF-10A, PF-10B, PF-11A, PF-11B
	Cellules de pression	6	PF-6C. PF-7C, PF-8C, PF-9C, PF-10C, PF-11C
	Inclinomètres	3	INC-03, INC-04, INC-05
	Extensomètres	2	EXT-01, EXT-02
Phase 4A	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	5	PF-12A, PF-13A, PF-13B, PF-14A
	Cellules de pression	1	PF-13C
Aire d'entreposage de tourbe (Phase 1)	Prismes	4	202, 203, 204, 205
Digue du bassin de collecte existant	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	2	PF-BC-01, PF-BC-02
Légende : PR = Piézomètre dans les résidus, PF-XA ou XB = Piézomètre dans la fondation, PF-XC = Cellule de pression, INC = Inclinomètre, EXT = Extensomètre, TH = Thermistance			

2.1.1 Instrumentation à venir

Pour la phase 4A, il est prévu d'installer en 2025 deux (2) inclinomètres INC-01 et INC-02. L'ajout d'un inclinomètre dans le secteur sud de la phase 2 et dans le secteur est de la phase 1 est également prévu en 2025, ainsi que des piézomètres à corde vibrante dans les résidus de la phase 3B-4A.

2.2 Données météorologiques

La source des données météo historiques considérées applicables au site sont celles des stations d'Environnement Canada situées à entre 0 et 350 kilomètres du site, soit les stations Éléonore, de La Grande Rivière et de Matagami. Ces données sont utilisées, entre autres, pour évaluer le couvert de neige présent au sol afin d'anticiper les crues potentiellement associées à la fonte printanière.

2.3 Données sismiques

Un Géophone a été installé près de la station de pompage du PAR au printemps 2024. Ce système sera géré par le *RTFE/P*. Actuellement, lors d'événement (coup de terrain ou séisme), le groupe de mécanique des roches est informé automatiquement via courriel, produit un document de suivi de l'anomalie dans les minutes/heures qui suivent, et reçoit un rapport de l'événement sismique indiquant la magnitude.

2.4 Données de télémétrie

La télémétrie est une technique qui permet d'obtenir des informations provenant des instruments de mesure installés. Pour le PAR, ces instruments sont des débitmètres installés à la station de pompage, une sonde de niveau d'eau pour le bassin de collecte et une sonde de pressions pour la conduite qui achemine les eaux du bassin vers l'Usine de traitement des eaux industrielles (UTEI). Les données de ces instruments sont collectées automatiquement et sont également intégrées dans le système Canary et suivies chaque semaine par le *RTFE/P.*

2.5 Données des inspections de routine

Les inspections de routine établies dans le Manuel d'OES permettent d'effectuer des observations visuelles. Pour le PAR, les endroits critiques sont :

- Les pentes et pieds de la pile de résidus;
- Les surfaces des résidus compactés;
- Les talus et crête de la digue d'amorce et du bassin de collecte;
- Le fossé de dérivation au nord du PAR et les fosses périphériques;
- Le déversoir du bassin;
- La géomembrane du bassin et des zones d'entreposage.

3.0 Plan d'action en cas de déclenchement d'alerte *(TARPs)*

Les plans de déclenchement, d'actions et d'interventions sont des outils d'aide à la prise de décision rapide, et de contrôle des risques pour suivre la performance des ouvrages associée aux modes de défaillances crédibles. Ils décrivent les indicateurs de performance et prédéfinissent les actions à prendre s'il y a des déviations. Les *TARPs* considèrent le suivi des instruments ainsi que les inspections visuelles requises décrites dans le Manuel d'OES.

Il est à noter que l'atteinte d'un niveau d'alerte pour un instrument spécifique ne veut pas nécessairement dire que la stabilité de la pile de résidus est en jeu. En effet, l'ensemble des données d'instrumentation doivent être évaluées adéquatement par l'EoR, accompagnées par des observations de terrain, pour bien comprendre l'origine d'un comportement inhabituel d'un ou des instruments afin d'être en mesure de proposer des solutions efficaces de mitigation ou recommander des analyses de stabilité spécifique, si nécessaire.

3.1 Généralités

Les *TARPs* sont classés selon six (6) niveaux de progression des conditions normales à des conditions non attendues de la performance, illustré à **Figure 3-1**, soit :

- Opération normale – Activités de routine selon le Manuel OES :
  - Cette condition fait référence au fonctionnement du PAR dans des conditions normales. Les mesures/observations sont dans les limites acceptables établies et les activités de gestion sont conformes aux exigences réglementaires.
- Seuil 1 (S1) – Investigation :
  - Les niveaux de seuil S1 doivent être établis pour identifier les changements et les écarts par rapport aux conditions d'exploitation normales. Le dépassement des niveaux S1 ne poserait pas de problème de sécurité de la stabilité du PAR, mais devrait être utilisé comme un outil de dépistage pour enquêter sur un élément donné du *TARP* de manière proactive.
- Seuil 2 (S2) – Notification :
  - Les niveaux de seuil S2 montrent une progression des écarts par rapport aux conditions normales, nécessitant d'informer les parties prenantes. Le dépassement des niveaux S2 indique une tendance où l'on pourrait passer d'un niveau d'exploitation normal à un niveau d'urgence, et qu'un changement de l'approche opérationnelle est nécessaire.
- Condition inhabituelle – Niveau d'urgence 1 (événement inhabituel, développement lent) :
  - Le niveau d'urgence 1 s'applique lorsqu'un événement inhabituel se développe lentement et est susceptible d'avoir un impact sur la sécurité de l'ouvrage. Cette situation n'est pas normale et n'a pas encore menacé l'exploitation ou l'intégrité des digues, mais pourrait le faire si elle continue de se développer.
- Alerte – Niveau d'urgence 2 (situation d'une défaillance potentielle) :
  - Le niveau d'urgence 2 indique que les conditions se développent d'une manière pouvant éventuellement conduire à une rupture de l'ouvrage.
- Crise – Niveau d'urgence 3 (urgence, défaillance éminente ou en progression) :
  - Le niveau d'urgence 3 indique que la rupture de l'ouvrage s'est produite, qu'elle est en rupture progressive, ou qu'elle est à point de se produire.

Les trois (3) niveaux d'urgence permettent de déclencher le plan d'urgence du document NA-ELE-PAR-DIR-033-103 (Newmont (2023a)).

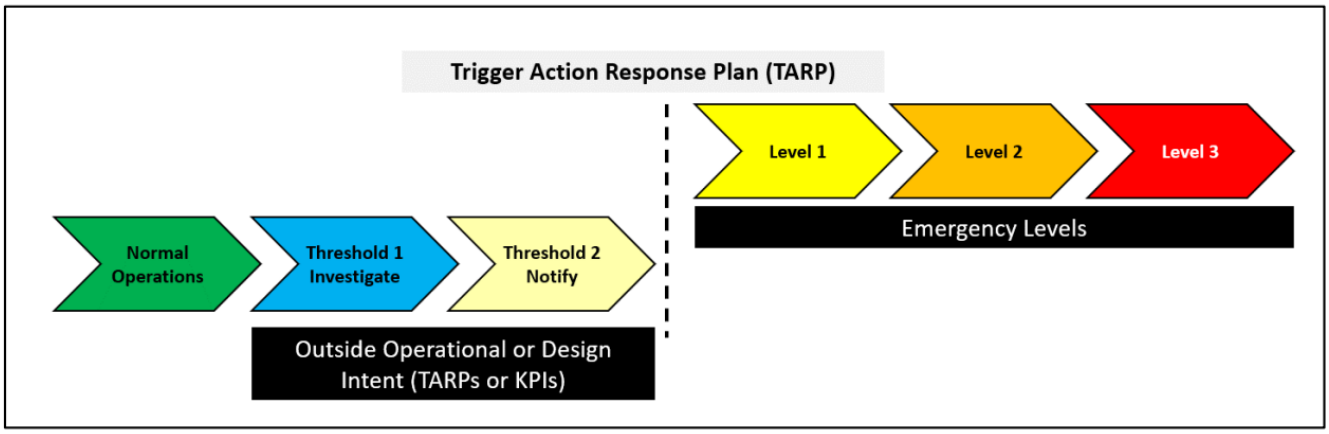


Figure 3-1 : Les niveaux d'alerte et d'urgence des TARPs

Les niveaux de déclenchements des *TARPs* ainsi que les actions et les réponses associées aux déclencheurs sont présentés à l'**Annexe B** et séparés en catégories, soit :

1. Piézomètres dans la fondation;
2. Piézomètres dans les résidus;
3. Bassin de collecte et système de pompage;
4. Système de drainage;
5. Observations visuelles (5.1 Exfiltration, 5.2 Érosion interne, 5.3 Érosion externe, 5.4 Fissuration, 5.5 Gouffre);
6. Déformation et mouvement;
7. Activité sismique.

Les catégories, les modes et mécanismes de défaillance, la méthode de surveillance, les métriques ou indicateurs ainsi que la méthode ou la référence pour l'évaluation des seuils d'alerte sont présentés au **Tableau 3-1** ci-dessous.

Tableau 3-1: Instruments de suivi de la performance du PAR avec leur fonction et la méthode d'évaluation de leurs niveaux d'alerte

Catégorie	Mode de défaillance	Mécanisme de la défaillance	Méthode de surveillance	Métrique ou indicateur	Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte
Piézomètres installés dans la fondation	Instabilité des sols de fondation	Rupture par la perte de résistance de la fondation argileuse causée par une augmentation niveau piézométrique	Piézomètres à corde vibrante	Pression d'eau interstitielle convertie en niveau d'eau en fonction du B-bar	Voir **Section 3.2**

Catégorie	Mode de défaillance	Mécanisme de la défaillance	Méthode de surveillance	Métrique ou indicateur	Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte
Piézomètres installés dans les résidus	Instabilité des pentes de résidus	Rupture de la pente des résidus causée par une augmentation du niveau piézométrique	Piézomètres à corde vibrante	Niveau d'eau de la nappe dans les résidus	Voir **Section 3.3**
Bassin de collecte et système de pompage	Déversement	Débordement du bassin de collecte	Sonde suivant le niveau d'eau	Niveau d'eau	Voir **Section 3.4**
Système de drainage	Déversement	Débordement des fossés	Inspections de routine selon le Manuel OES	Niveau d'eau	Voir **Section 3.5**
Observations visuelles	Exfiltration	Rupture superficielle des pentes du PAR causée par les désordres en surface	Inspections de routine selon le manuel OES	Observation visuelle durant les inspections de routine	Voir **Section 3.6**
	Érosion interne				
	Érosion externe				
	Fissuration				
	Gouffre				
Déformation - Mouvement	Inclinomètre	Rupture par la perte de résistance de la fondation argileuse à la suite d'une déformation	Inclinomètres de type SAAV	Déformation et mouvement dans la digue et dans la couche d'argile de fondation	Voir **Section 3.7.1**
	Prisme d'arpentage	Rupture des pentes du PAR causée par les mouvements en surface	Relevés d'arpentage des déplacements	Mouvement de surface	Voir **Section 3.7.2**
Activité sismique	Dégâts aux bâtiments	Dommage à la suite de vibration trop importante	Géophone	Observation visuelle des dégâts	Voir **Section 3.8**

3.2 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour les piézométriques des sols de fondation

Les *TARPs* pour les niveaux piézométriques des sols de fondation sont présentés dans la section numérotée 1 de l'**Annexe B**. Ces derniers sont basés sur les niveaux piézométriques issues des piézomètres à corde vibrante installés dans la fondation argileuse et convertis en termes d'élévation. Une augmentation du niveau piézométrique pourrait indiquer des efforts de cisaillement prenant place dans la fondation pendant la déposition des résidus ou des changements dans le régime hydrogéologique local.

Les paragraphes suivants résument la méthodologie utilisée, avec l'ensemble de l'analyse disponible dans la note technique 625664-5000-4GER-0002 à l'**Annexe C**.

L'augmentation de la pression d'eau interstitielle dans la fondation argileuse est induite par la construction progressive de la pile de résidus et peut entraîner des conséquences sur la stabilité des pentes. Pour analyser cet effet, la méthode des équilibres limites est employée en faisant varier le paramètre B-bar.

Différentes analyses de stabilité réalisées en faisant varier le B-bar dans la fondation d'argile, de manière à obtenir le facteur de sécurité minimum selon divers scénarios, ont permis de définir la valeur du B-bar critique de 0,4, 0,6 et 0,8, respectivement pour le F.S = 1,5, F.S = 1,3 et F.S = 1,1.

Afin de s'assurer de rester conservateur et considérant qu'il n'est pas prudent d'attendre que ces valeurs critiques de B-bar soient atteintes, le B-bar de 0,4 a été abaissé à 0,25 pour un F.S = 1,5 et celui de 0,6 a été abaissé à 0,5 pour un F.S = 1,3.

Le **Tableau 3-2** est un récapitulatif des différents niveaux d'eau dans les piézomètres installés dans la fondation d'argile lors de la phase 1 à 4A, ainsi que les situations correspondantes conformément aux TARPs.

Tableau 3-2 : Récapitulatif des niveaux alertes d'eau - Piézomètres de fondation

Piézomètre Série	Niveaux d'alerte	Description
PF1A, PF2A, PF3A, PF4A, PF5A, PF6A, PF7A, PF8A, PF9A, PF10A, PF11A, PF12A, PF13A, PF14A	Opération normale	B-bar ≤ 0,25 (F.S ≥ 1,5) Niveau piézométrique stable
	Seuil 1 (Investigation)	B-bar ≤ 0,25 (F.S ≥ 1,5) Augmentation vers un F.S de 1,5
	Seuil 2 (Notification)	0,25 ≤ B-bar < 0,5 (1,5 ≤ F.S < 1,3) Augmentation lente vers F.S de 1,3
	Condition inhabituelle (Niveau 1)	0,25 ≤ B-bar < 0,5 (1,5 ≤ F.S < 1,3) Augmentation rapide vers un F.S de 1,3
	Alerte (Niveau 2)	0,5 ≤ B-bar < 0,8 (1,3 ≤ B-bar < 1,1)
	Crise (Niveau 3)	B-bar ≥ 0,8

Les niveaux d'alertes indiqués dans l'**Annexe B** sont pour l'épaisseur maximale prévue à la fin de la déposition. Il est requis d'ajuster les niveaux d'alerte dans Canary selon la réelle épaisseur de résidus au fur et à mesure de la déposition selon l'équation simplifiée conservatrice suivante :

$$B_Bar\ x\ \text{Épaisseur des résidus}\ (m)\ +\ \text{Élévation d'installation du piézomètre}\ (m)$$

3.3 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour les piézométriques dans les résidus

Les *TARPs* pour les niveaux piézométriques dans les résidus sont présentés dans la section numérotée 2 de l'**Annexe B**. Ces derniers sont basés sur les niveaux piézométriques issues des piézomètres à corde vibrante installés dans les résidus et convertis en termes d'élévation. Une augmentation du niveau piézométrique réduit la résistance au cisaillement des résidus et peut donc entraîner une instabilité des pentes.

Les paragraphes suivants résument la méthodologie utilisée, avec l'ensemble de l'analyse disponible dans la note technique 625664-5000-4GER-0001 à l'**Annexe C**.

Les niveaux d'eau critiques des piézomètres installés dans la pile de résidus ont été déterminés à partir d'analyses de stabilité par équilibre limite des phases 1 et 2 du PAR pour un cas rupture par glissement sur la géomembrane lisse pour des facteurs de sécurité minimum de 1,30 et 1,50.

Les niveaux critiques de chaque piézomètre dans la pile sont déterminés en projetant sa position initiale d'implantation sur la nappe d'eau critique obtenue en fonction du facteur de sécurité minimum visé. L'élévation obtenue représente le niveau d'eau critique dans le piézomètre à ne pas dépasser pour assurer la stabilité de la pile de résidus.

3.4 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour le bassin de collecte et le système de pompage

Les *TARPs* pour le bassin de collecte et le système de pompage sont présentés dans la section numérotée 3 de l'**Annexe B**. Ces derniers sont basés sur les niveaux d'eau du bassin de collecte existant enregistrés à l'aide d'une sonde.

Un débordement du bassin de collecte des eaux pourrait être causé par un événement hydrologique extrême et potentiellement aggravé par un niveau d'opération trop élevé et/ou le dysfonctionnement du système de pompage. Dans ce contexte, l'entretien des infrastructures de gestion des eaux comme les pompes et de la conduite de refoulement (active en hiver, car elle est isolée) est primordial et doit être réalisé périodiquement. L'accumulation de résidus dans le bassin doit être limitée et contrôlée puisqu'elle réduit la capacité d'entreposage du bassin et cela pourrait avoir un impact important à long terme.

La note technique 689718-4000-4HER-0002, disponible à l'**Annexe C**, présente les niveaux minimum et maximum d'opération du bassin, le niveau de la crue de sécurité ainsi que le niveau du déversoir d'urgence sur lesquels se basent les *TARPs* selon des conditions estivales et hivernales. Ces niveaux sont établis pour conserver une capacité d'emmagasinement suffisante (revanche opérationnelle) afin d'éviter les déversements d'eau non traitée dans l'environnement et de réduire la probabilité d'un débordement du bassin.

3.5 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour le système de drainage

Les *TARPs* pour le système de drainage sont présentés dans la section numérotée 4 de l'**Annexe B**. Ces derniers sont basés sur les niveaux d'eau des fossés selon les observations visuelles lors des inspections de routine.

Le système de drainage de surface comprend le fossé de dérivation localisé au nord du PAR et les fossés périphériques.

Le fossé de dérivation permet de collecter les eaux provenant de l'extérieur du PAR afin de limiter la quantité d'eau à gérer dans le PAR, les eaux non contaminées sont alors déviées vers l'environnement à l'aide de ce fossé.

Les fossés périphériques permettent quant à eux de recueillir les eaux de ruissellement des sous-bassins du PAR Éléonore et de les acheminer vers les bassins de collecte existant localisés au sud-ouest du PAR. Un débordement du fossé pourrait entraîner plus d'eau dans le PAR et générer des instabilités dans la pile de résidus.

La note technique 689718-4000-4HER-0002, disponible à l'**Annexe C**, présente les dimensions des fossés périphériques et de la revanche à respecter sur lesquels sont basés les *TARPs* afin d'éviter un déversement sur les digues d'amorce.

3.6 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour les observations visuelles des signes de détérioration

Les *TARPs* pour les observations visuelles des signes de détérioration sont présentés dans la section numérotée 5.0 à 5.5 de l'**Annexe B**. Ces derniers sont basés sur les observations visuelles lors des inspections de routine, et les niveaux d'alerte ont été déterminé selon les expériences personnelles de l'équipe EoR et de l'opérateur du site.

Les observations visuelles telles que les résurgences, érosions interne ou externe, fissures et gouffres doivent être répertoriés et un suivi systématique doit être mis en place. Des méthodes de mitigations peuvent être mises en place rapidement si la sécurité le permet ainsi que le déplacement des travaux de déposition et de construction. Or ces observations, si elles ne sont pas contrôlées, peuvent rapidement dégénérer et causer des événements importants tels que des ruptures et décrochements ayant un impact destructeur sur l'environnement et possiblement sur les personnes qui y travaillent.

3.7 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des déformations et mouvements

Les *TARPs* pour les déformations et mouvements sont présentés dans la section numérotée 6 de l'**Annexe B**.

Les mouvements mesurés par les prismes et/ou les inclinomètres peuvent être influencés par les cycles de gel-dégel, la circulation de la machinerie, le fluage de la pile de résidus, un mauvais compactage des résidus, l'érosion de surface par le ruissellement de l'eau de pluie et de la fonte des neiges, les variations des niveaux piézométriques, la consolidation de la fondation et des résidus miniers, et le dynamitage, le tout pouvant mener au développement d'une rupture progressive dans les sols de fondation et/ou dans les résidus.

En conséquence, les données de déformations doivent être évaluées adéquatement par l'EoR, accompagnées par des observations terrain, pour bien comprendre l'origine d'un comportement inhabituel des instruments afin d'être en mesure de proposer des solutions efficaces de mitigation. Sauf indication contraire, les déplacements et déformations se réfèrent ici à la direction perpendiculaire à l'alignement de la digue.

Les sections suivantes détaillent la méthodologie pour déterminer les niveaux d'alerte des inclinomètres et des prismes en place.

3.7.1 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des inclinomètres

La section suivante présente la méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des inclinomètres, aussi disponible dans le rapport 625664-5000-4GER-0002-02 à l'**Annexe C**.

3.7.1.1 Localisation

À l'été 2024, trois (3) inclinomètres identifiés INC-03, INC-04 et INC-05 de type SAAV du manufacturier Measurand ont été installés dans la fondation de la phase 3B du PAR, dont la localisation est disponible à l'**Annexe A**.

3.7.1.2 Méthodologie

Les niveaux d'alerte des inclinomètres, présenté au **Tableau 3-3** et la section numérotée 6 de l'**Annexe B**, ont été déterminés selon la déformation maximale acceptable obtenue à l'aide des essais de cisaillement simples monotones, dont la synthèse des résultats est présentée graphiquement à la **Figure 3-2** issus de la campagne d'essai de laboratoire spécialisé de l'Université de Sherbrooke (SLI, 2022). Sur la base des résultats de laboratoire, un critère de déformation conservateur de 1 % de l'épaisseur d'argile a été choisi.

À noter que le critère de déformation sera réévalué, et les niveaux d'alerte seront ajustés selon l'épaisseur de la zone de cisaillement d'argile subissant réellement des déformations dans le cadre d'un mémorandum dont la préparation est en cours.

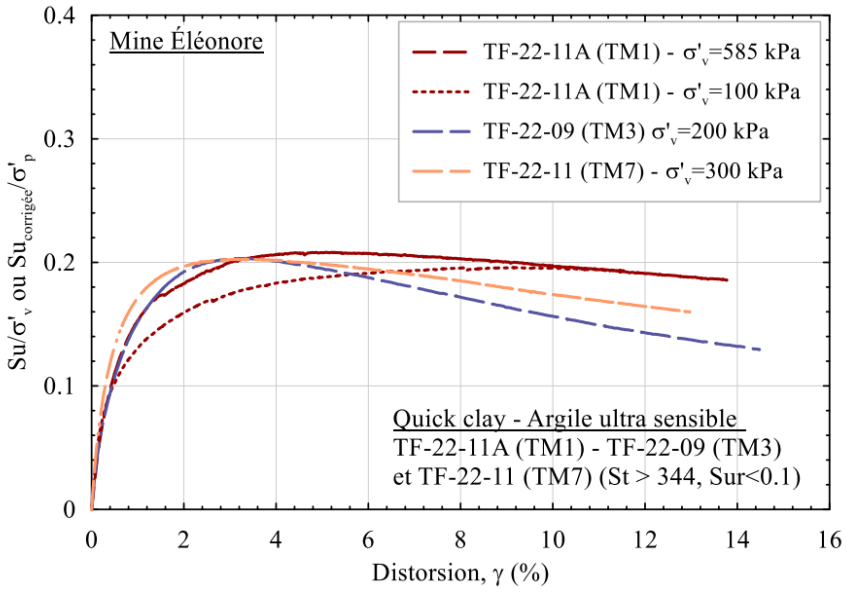


Figure 3-2 : Synthèse des courbes de résistance au cisaillement normalisée par rapport à la contrainte de pré consolidation (O.C.) ou la contrainte verticale appliquée (N.C.) pour les argiles ultra-sensibles ayant des Sur faibles

Tableau 3-3 : Niveaux d'alerte pour les inclinomètres de la phase 3B du PAR

Critères	Niveaux d'alerte	INC-03	INC-04	INC-05
		Déformation résultante XY (mm)		
Ɛ < 0,25 %	Opération normale (activité de routine)	XY < 10	XY < 10	XY < 10
0,25 % < Ɛ < 0,5 %	Seuil 1 S1 (Investiguer)	10 < XY < 20	10 < XY < 20	10 < XY < 20
Ɛ > 0,5 % Sans évolution de la déformation	Seuil 2 S2 (Notifier)	XY > 20	XY > 20	XY > 20
Ɛ > 0,5 % Avec une lente évolution de la déformation	Condition inhabituelle (Niveau 1)	XY > 20	XY > 20	XY > 20
0,5 % < Ɛ < 1,0 % Avec une évolution rapide de la déformation	Alerte (Niveau 2)	20 < XY < 40	20 < XY < 40	20 < XY < 40
Ɛ > 1 % Avec une rupture en cours	Crise (niveau 3)	XY > 40	XY > 40	XY > 40
Épaisseur d'argile existant (m)		±4,0	±4,0	±4,0
Note : Le critère de déformation sera réévalué, et les niveaux d'alerte seront ajustés selon l'épaisseur de la zone de cisaillement d'argile subissant réellement des déformations dans le cadre d'un mémorandum dont la préparation est en cours.				

3.7.2 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des prismes

La section suivante présente la méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte des prismes, aussi disponible dans le rapport 625664-5000-4GER-0001-01 à l'**Annexe C**.

3.7.2.1 Localisation

Les prismes 108 à 111, et 113 à 116 sont situés dans la phase 1 du PAR, le prisme 112 est situé dans la phase 2 du PAR, et les prismes 202 à 205 sont situés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1.

À titre de rappel, les prismes 100 et 107 (tiges de 0,6 m de longueur) qui ont été installés en 2018 sont inactifs et ont été remplacés en 2021 par les prismes 108 à 111, et 113 à 116 (tiges de 4 m de longueur) pour avoir des lectures de déplacement plus fiables.

La localisation des prismes est montrée à l'**Annexe A**.

3.7.2.2 Méthodologie

Les niveaux d'alerte des résidus ont été déterminés selon la déformation maximale acceptable obtenue à l'aide des essais de cisaillement simples monotones issus de la campagne d'essai de laboratoire spécialisé de l'Université de Sherbrooke sur les résidus (SLI, 2021). Sur la base des résultats de laboratoire, un critère de déformation acceptable maximum de 1 % de l'épaisseur des résidus a été choisi.

Les **Tableau 3-4** et **Tableau 3-5** présentent respectivement les niveaux d'alerte pour les prismes installés sur le PAR et sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1.

Tableau 3-4 : Niveaux d'alerte pour les prismes installés sur le PAR

Localisation	Résidus - Phase 1				Résidus - Phase 2	Résidus - Phase 1			
Critères	Station 108	Station 109	Station 110	Station 111	Station 112	Station 113	Station 114	Station 115	Station 116
	Déformations								
Ɛ < 0,25 % Opération normale (activité de routine) (mm)	<75	<50	<75	<50	<75	<75	<50	<75	<50
Ɛ > 0,5 % Condition inhabituelle (Niveau 1) (mm)	>150	>100	>150	>100	>150	>150	>100	>150	>100
0,5 % < Ɛ < 1,0 % Alerte (Niveau 2) (mm)	> 150 & < 300	> 100 & < 200	> 150 & < 300	> 100 & < 200	> 150 & < 300	> 150 & < 300	> 100 & < 200	> 150 & < 300	> 100 & < 200
Ɛ > 1,0 % Crise (Niveau 3) (mm)	>300	>200	>300	>200	>300	>300	>200	>300	>200
Épaisseur finale approximative des résidus (m)	30	20	30	23	30	30	20	30	22

Les niveaux d'alerte pour les prismes installés sur la pente du 1er palier (108, 110, 112, 113 et 115) sont basés sur l'épaisseur totale des résidus afin d'évaluer les ruptures potentiellement globales qui affecteront le pied de la pile au droit du prisme. Quant aux prismes installés sur le 2ème palier (109, 111, 114 et 116), les niveaux d'alerte sont basés sur l'épaisseur des résidus en amont de la localisation des prismes pour évaluer le potentiel de ruptures locales.

Quant aux niveaux d'alerte pour les prismes installés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes, ils sont basés sur une hauteur de digue de 7 m. À noter que la digue est composée d'enrochements 0-600 mm et non de résidus, mais il a été jugé conservateur d'utiliser le même critère de déformation que des résidus.

Tableau 3-5 : Niveaux d'alerte des prismes installés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1

Localisation	Aire d'entreposage de tourbes de la phase 1			
Critères	Station 202	Station 203	Station 204	Station 205
	Déformations			
Ɛ < 0,25 % Opération normale (activité de routine) (mm)	< 18			
Ɛ > 0,5 % Condition inhabituelle (Niveau 1) (mm)	>35			
0,5 % < Ɛ < 1,0 % Alerte (Niveau 2) (mm)	< 70 ; >35			
Ɛ > 1,0 % Crise (Niveau 3) (mm)	>70			
Hauteur de la digue (m)	7,0	7,0	7,0	7,0

3.8 Méthodologie pour l'évaluation des niveaux d'alerte pour l'activité sismique

Une rupture progressive de la digue, de la fondation ou de la pile de résidus due au développement des pressions interstitielles en excès peut être due à une activité sismique.

Le parc à résidus du site minier Éléonore est classé comme « significatif » selon l'Association canadienne des barrages (ACB, 2013 et 2019). Puisque la classification est « significative », l'aléa sismique avec une période de retour de 1:2475 ans devrait être considéré pour les analyses dynamiques lors des phases d'exploitation. Cependant, pour répondre aux exigences de la norme Newmont (NEM-TES-STA-017), l'aléa sismique avec une période de retour de 1:10 000 ans sera retenu pour les phases d'exploitation et de post-fermeture.

D'après le rapport d'analyse des risques sismiques spécifiques au site de la mine Éléonore par Nanometrics (2022), les enregistrements sismiques sélectionnés pour la période de retour de 10 000 ans incluent ceux à des distances de rupture inférieures à 80 km et dans la plage de magnitude de 5,2 ≤ M ≤ 7,4. Cette plage a donc été utilisée pour le TARP.

4.0 Rôle et responsabilités

Les rôles et responsabilités des personnes impliquées dans la procédure des *TARPs* sont résumés dans le **Tableau 4-1** ci-dessous.

Tableau 4-1 : Rôles et responsabilités (adapté de Newmont 2023)

Poste	Nom(s)	Description des tâches
Ingénieur et personne responsable des Installations de traitement des résidus miniers (RTFE/P)	**Jean-François Painchaud :** jf.painchaud@newmont.com **William Fresser:** william.fresser@newmont.com	> Coordonne, collecte et compile les données requises pour la préparation du rapport des contrôles critiques (RCC). > Révise les données et assignations appropriées selon le respect du RCC. > Prépare le CCR. Le CCR doit être soumis à l'équipe corporative au plus tard 7 jours suivant la date de fin du mois. > Périodiquement, engage le EoR dans la revue des processus de suivi. > Initie des actions correctrices, au besoin. > Facilite les communications entre les différents intervenants : les services techniques de Newmont, le EoR, le conseil indépendant (ITRB), etc.
Ingénieur Désigné (EoR/DoR)	**SNC-Lavalin (AtkinsRéalis)** **Philip Gomes :** philip.Gomes@snclavalin.com **Amir Hossein Zamani :** amirhossein.zamani@snclgroup.com	> Approuve la méthodologie de collecte des données pour le suivi de la performance du PAR. > Développe les *TARPs* et les révise. > Analyse les données mesurées ou observées au début de chaque mois avec le RTFE/P. > Identifie les actions correctives, au besoin.
Équipe des opérations - Mine Éléonore	Directeur des Services Techniques **Alexis Lemire :** alexis.lemire@newmont.com Directeur des procédés et entretien **Donald Fortin:** donald.fortin@newmont.com Directrice en environnement **Geneviève Pépin :** genevieve.pepin@newmont.com	> Rassemble les données pour le RCC. > Réalise les actions correctrices, au besoin.

Poste	Nom(s)	Description des tâches
Équipe corporative	Service technique de Newmont Directeur : **Brett Byler** brett.byler@newmont.com	> Révise et approuve les méthodologies de collectes des données. > Révise et approuve les TARP pour le suivi de l'instrumentation. > Révise et approuve la gestion des changements reliés à la conception du PAR, construction, opération et fermeture. > Révise le RCC mensuellement et le soumet au CEO. > Supporte le cadre supérieur responsable (président CEO : Thomas Palmer) dans le statut du RCC.

5.0 Déclenchement de la procédure

5.1 Données d'instrumentation

La procédure décrite ici sera initiée par le *RTFE/P* responsable de la collecte et de l'analyse initiale des données. Les niveaux de déclenchement sont également intégrés dans le système automatisé de collecte de données MLWeb de Canary System (piézomètre, niveau d'eau, prisme, etc.), qui alertera le *RTFE/P* et d'autres personnes si des déclencheurs se produisent.

5.2 Données météo et niveaux d'eau du bassin de collecte

5.2.1 Fonte printanière

Pour la fonte printanière, les accumulations de neige au sol rapportées par les stations météo d'Environnement Canada seront consultées. Si les accumulations au sol dépassent les valeurs historiques maximales observées depuis la mise en service et des structures associées, une approche drastique sera prise pour abaisser le niveau d'eau dans les bassins à l'aide de pompes.

En plus des accumulations de neige au sol à la fin de l'hiver, les prévisions météo à long terme (deux semaines) seront consultées régulièrement à l'approche de (et durant) la fonte printanière. Si des périodes prolongées de température au-dessus de 0°C ou des précipitations abondantes sont prévues, une approche plus agressive de la gestion du niveau du bassin de collecte du PAR sera prise.

5.2.2 Crue estivale

Le niveau opérationnel sera suivi régulièrement afin de le maintenir sous le niveau d'alerte. Les prévisions météo à court terme et long terme seront consultés régulièrement afin d'anticiper une hausse potentielle du bassin de polissage au-dessus du niveau d'alerte. Lorsque des précipitations pouvant générer une hausse du bassin substantiellement supérieure au niveau d'alerte seront annoncées, l'usine priorisera l'utilisation de l'eau du bassin et l'effluent sera ouvert de façon préventive (si le niveau d'eau atteint le niveau du seuil de la surverse), ou le site augmentera sa capacité de traitement.

5.3 Déclenchement de la procédure – Données sismiques

Le message est envoyé au *RTFE/P* et comprend les informations relatives à la magnitude de l'événement. Lorsque le *RTFE/P* reçoit ce message, il se doit de valider la magnitude atteinte et si elle est de 2.0 Mw et plus, une inspection du Parc doit alors être initiée dans les 12h suivants l'alarme (L'inspection doit se faire à la clarté et non de nuit).

Le *RTFE/P* peut aussi valider la magnitude de l'événement en consultant le site de Séismes Canada (https://www.seismescanada.rncan.gc.ca) et consulter la carte des séismes des derniers 30 jours. En sélectionnant l'événement, il est possible de consulter les informations relatives au séisme. À la suite de l'inspection, un rapport écrit doit être envoyé au *EoR* et au *RTFE/P* afin de donner un compte rendu de la situation. Si des dommages sont reconnus, un plan d'action devra être mis en place en partenariat avec les différents intervenants.

6.0 Résolution

À la suite du déclenchement d'un *TARPs*, le personnel suivra les procédures données dans ce document. Les procédures pour le *TARPs* sont présentées visuellement dans l'**Annexe B** pour tous les instruments et observations.

Pour tout déclenchement d'un *TARPs* relié à l'instrumentation géotechnique ou à un événement sismique, le *EoR* continuera d'évaluer la situation, en révisant leurs recommandations si nécessaires. Comme indiqué, le *RTFE/P* est responsable de la mise en œuvre de ces recommandations. Lorsque le *EoR* confirme que la situation a été résolue, une communication au *RTFE/P* sera émise et la surveillance régulière pourra reprendre.

Pour les déclenchements des *TARPs* reliés au niveau d'eau, le *RTFE/P* et le directeur des procédés et entretiens continueront d'évaluer la situation, en révisant leurs recommandations si nécessaires. Lorsque ces deux personnes sont d'accord pour dire que la situation a été résolue, cela sera communiqué à tout le personnel impliqué et la surveillance régulière pourra reprendre.

7.0 Limitation

Ce document a été développé pour les structures et situations spécifiques décrites ici et n'est pas applicable à d'autres structures ou situations. Comme indiqué, ce document doit être révisé avec tout changement significatif dans les conditions ou sur la base de toute information supplémentaire obtenue, mais pas moins d'une fois par an. Ce document devrait également être révisé avec les changements de personnel ou de responsabilités. En cas d'absence de l'un des membres du personnel impliqués dans le *TARP*, leurs responsabilités doivent être confiées à une autre personne avec notification à tout le personnel par courrier électronique.

8.0 Références

AMC (2021). Guide de gestion des résidus miniers. Association minière du Canada (AMC). Version 3,2. Mars 2021.

Nanometrics (2022). Seismic Hazard Assessment for Tailings Storage Facilities at Mine Eleonore, Quebec, June 2022

Newmont (2020). TSF Technical & Operations Standard NEM-TES-STA-017.

Newmont (2022). Manuel d'Opération, d'Entretien et de Surveillance du Parc à résidus, version 04.

Newmont (2023a). Plan d'intervention d'urgence NA-ELE-PAR-PRG-033-003, révision 2023-02-15.

Newmont (2023b). Tailings Storage Facility (TSF) Critical Control Report (CCR) Guideline NEM-TES-STA-017-GDL-603.

PNUE (2020). Norme industrielle mondiale pour la gestion des résidus miniers. Global Tailings Review (GTR) : Conseil international des mines et métaux (ICMM), Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et les principes pour l'investissement responsable (PIR). Août 2020.

SNC Lavalin (SLI), 2021. Rapport factuel de l'investigation géotechnique 2021 dans les résidus du PAR de la Mine Éléonore, 625664-8400-4GER-0001-00, Québec, Canada, mai 2024.

SNC Lavalin (SLI), 2022. Rapport factuel de l'investigation géotechnique 2022 – Sols de fondation - Phases 3 et 4 du parc à résidus de la Mine Éléonore, 688666-3300-4GER-0001-00, Québec, Canada, décembre 2023.

Annexe A

Cartes de localisation des instruments

A-1.1 Cartes de localisation des piézomètres, des inclinomètres, des extensomètres, des thermistances et des puits d’observation

A-1.2 Carte de localisation des prismes

A-1 Cartes de localisation des instruments

A-1.1 Cartes de localisation des piézomètres, des inclinomètres, des extensomètres, des thermistances et des puits d'observation

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\688666 – carte de localisation des instrumentation au Parc à Résidus – oct 2023\688666 – PLAN DE LOCALISATION DE L'INSTRUMENTATION – sept 2024 (16-09-2024).dwg

PHASE 4 | PHASE 3B | PHASE 3A | PHASE 2 | PHASE 1

BASSIN DE COLLECTE N°2B ÉTAPE 2 (FUTURE)

BASSIN DE COLLECTE EXISTANT

DÉVERSOIR

BASSIN DE COLLECTE N°2A ÉTAPE 1 (FUTURE)

HALDE À STÉRILES EXISTANTE

Pumping Station

ENTREPOSAGE DE TOURBES

PF-BC-02 | PF-BC-01

PF 10A | PF 10B | PF-10C | PF 09A | PF 09B | PF-09C | PF 11B | PF-11C | INC-05 | INC-04 | PF 11A | INC-03 | PF 07A | PF 07B | PF 07C | PF-5C | PF 5A-5B | PR-14A | PF-13A | PF-13B | PF-13C | EXT-01 | PF-08C | PF 08B | EXT-02 | PF 08A-2 | PF 08A-1 | PF 06C | PF 06B | PF 06A | PF-12A | PF-12B | PF-14A

PF 4A,4B | PR 13A | PR 9A | PR 9B | PF 3B | PF 3A | PM 11A,11B | PR 7A,7B,7C | PM 12A,12B | PR 6A,6B | PM 1A,1B | PR 10A | PM 2A,2B | PR 8A,8B | PR 5A | PR 5B | PR 3A,3B,3C | TH-21-02 | PO-21-02 | PR 2A,2B | TH-21-03 | PO-21-03 | PF 2A,2B | PF 1A,1B | PR 1A,1B | TH-21-04 | PO-21-04 | PR 4A,4B

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

NOTE:
LE FOND DE PLAN DU PAR PROVIENT D'UN RELEVÉ PHOTOMÉTRIQUE RÉALISÉ LE 2024-08-26 PAR NEWMONT.

1 : 5 000 — 50 0 50 100 150 200m

PIÉZOMÈTRE À CORDE VIBRANTE :
- PR - Piézomètre dans les résidus
- PM - Piézo. dans les mèches drainantes/inclusions stérile
- PF-XA/XB - Piézo. dans les sols de fondation

POSITION APPROXIMATIVE DES CABLES DE CONNECTION AUX BOITIERS DE LECTURE:
PR — PM — PF — XX BOITIER DE LECTURE DE DONNÉES

CELLULE DE PRESSION : PF-XC - Cellule de pression

THERMISTANCE : TH-XX

INCLINOMÈTRE : INC-XX

EXTENSOMÈTRE : EXT-XX

PUITS D'OBSERVATION : PO-XX

CLIENT: Newmont ÉLÉONORE

CONSULTANT: AtkinsRéalis — Développement Minier Durable, Minéraux et Métaux, AtkinsRéalis, 455, boul. René-Lévesque Ouest, Montréal (Québec), Canada H2Z 1Z3

PLAN DE LOCALISATION DE L'INSTRUMENTATION
PHASE 1À 4A

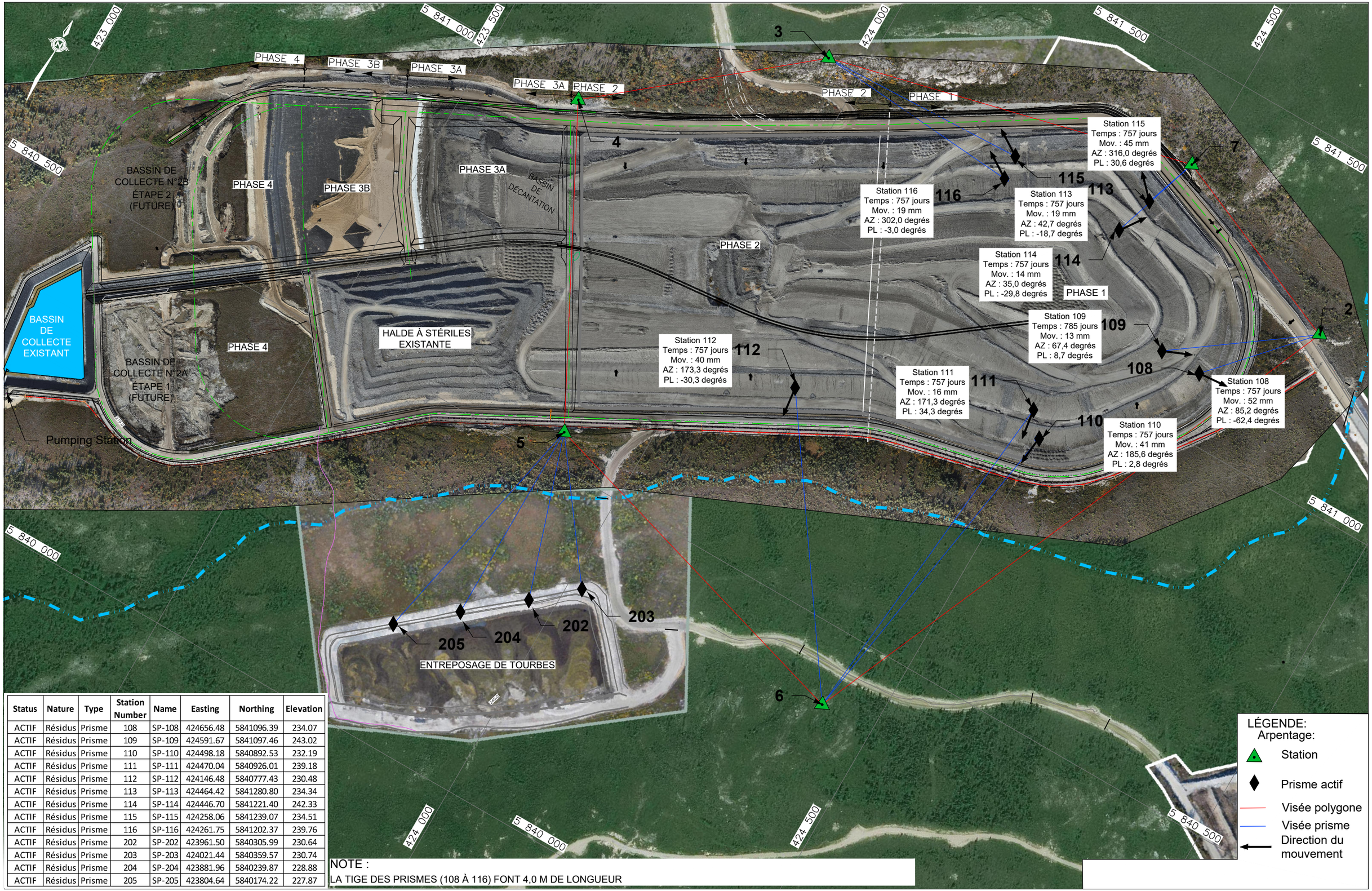
DATE : 2025-08-26 SCALE : T.Q.I.

Préparé	Dessiné	Révisé	Approuvé		Révision
A.Z.	M.M.	F.D.	P.G.	FIGURE S.O.	01

A-1 Cartes de localisation des instruments

A-1.2 Carte de localisation des prismes

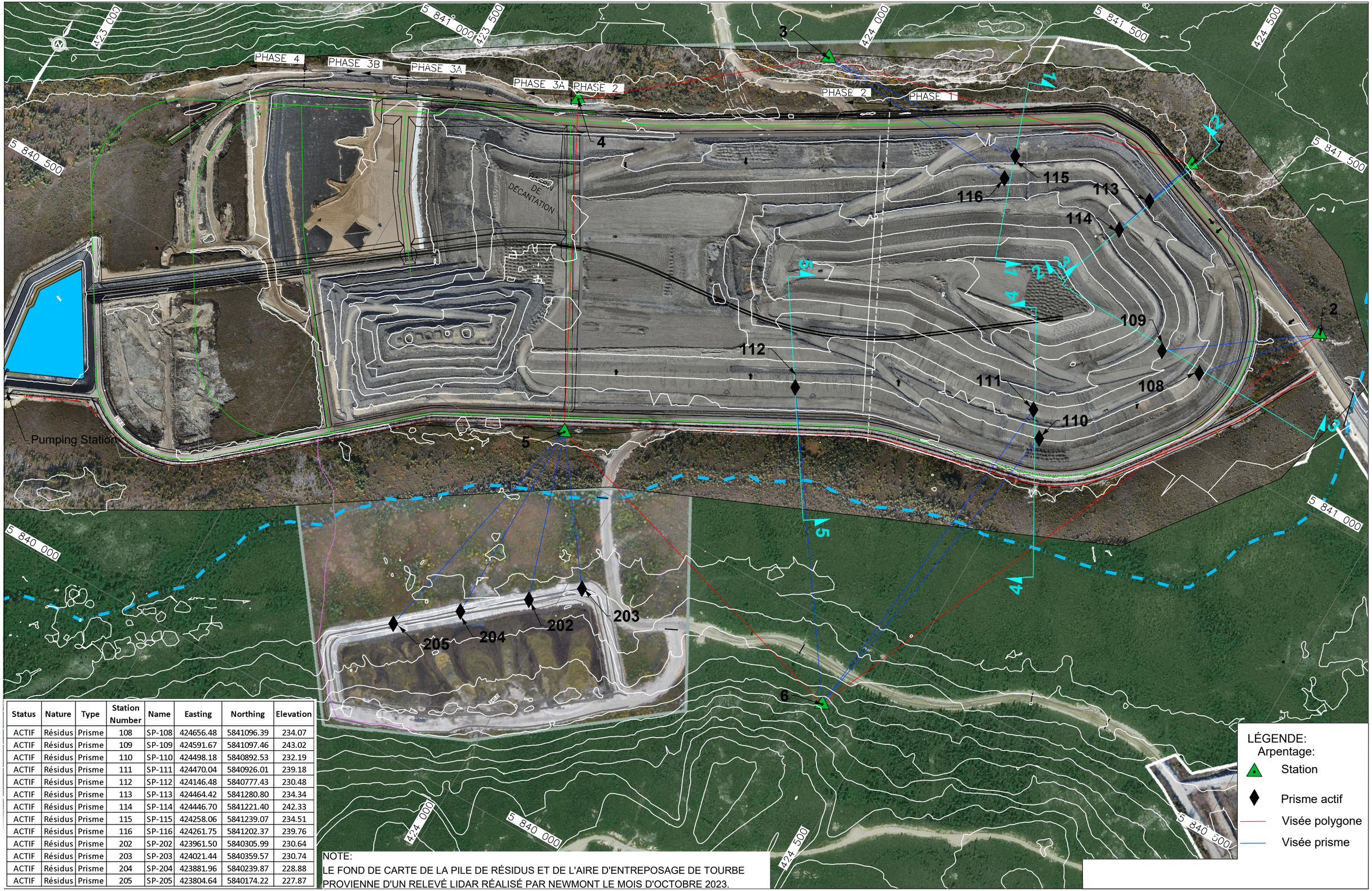
\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\ELEONORE MIREILLE\JANVIER 2022\Stations Prismes au Parc à Résidus JAN 2022 (12-06-2024)).dwg



Status	Nature	Type	Station Number	Name	Easting	Northing	Elevation
ACTIF	Résidus	Prisme	108	SP-108	424656.48	5841096.39	234.07
ACTIF	Résidus	Prisme	109	SP-109	424591.67	5841097.46	243.02
ACTIF	Résidus	Prisme	110	SP-110	424498.18	5840892.53	232.19
ACTIF	Résidus	Prisme	111	SP-111	424470.04	5840926.01	239.18
ACTIF	Résidus	Prisme	112	SP-112	424146.48	5840777.43	230.48
ACTIF	Résidus	Prisme	113	SP-113	424464.42	5841280.80	234.34
ACTIF	Résidus	Prisme	114	SP-114	424446.70	5841221.40	242.33
ACTIF	Résidus	Prisme	115	SP-115	424258.06	5841239.07	234.51
ACTIF	Résidus	Prisme	116	SP-116	424261.75	5841202.37	239.76
ACTIF	Résidus	Prisme	202	SP-202	423961.50	5840305.99	230.64
ACTIF	Résidus	Prisme	203	SP-203	424021.44	5840359.57	230.74
ACTIF	Résidus	Prisme	204	SP-204	423881.96	5840239.87	228.88
ACTIF	Résidus	Prisme	205	SP-205	423804.64	5840174.22	227.87

NOTE :
LA TIGE DES PRISMES (108 À 116) FONT 4,0 M DE LONGUEUR

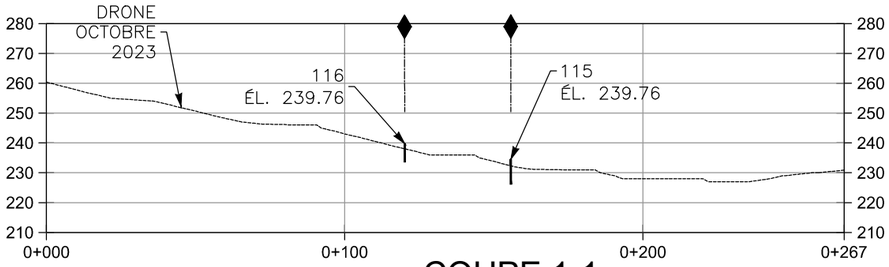
\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\ELEONORE MIREILLE\JANVIER 2022\coupes – pour prisme (12-06-2024).dwg



Status	Nature	Type	Station Number	Name	Easting	Northing	Elevation
ACTIF	Résidus	Prisme	108	SP-108	424656.48	5841096.39	234.07
ACTIF	Résidus	Prisme	109	SP-109	424591.67	5841097.46	243.02
ACTIF	Résidus	Prisme	110	SP-110	424498.18	5840892.53	232.19
ACTIF	Résidus	Prisme	111	SP-111	424470.04	5840926.01	239.18
ACTIF	Résidus	Prisme	112	SP-112	424146.48	5840777.43	230.48
ACTIF	Résidus	Prisme	113	SP-113	424464.42	5841280.80	234.34
ACTIF	Résidus	Prisme	114	SP-114	424446.70	5841221.40	242.33
ACTIF	Résidus	Prisme	115	SP-115	424258.06	5841239.07	234.51
ACTIF	Résidus	Prisme	116	SP-116	424261.75	5841202.37	239.76
ACTIF	Résidus	Prisme	202	SP-202	423961.50	5840305.99	230.64
ACTIF	Résidus	Prisme	203	SP-203	424021.44	5840359.57	230.74
ACTIF	Résidus	Prisme	204	SP-204	423881.96	5840239.87	228.88
ACTIF	Résidus	Prisme	205	SP-205	423804.64	5840174.22	227.87

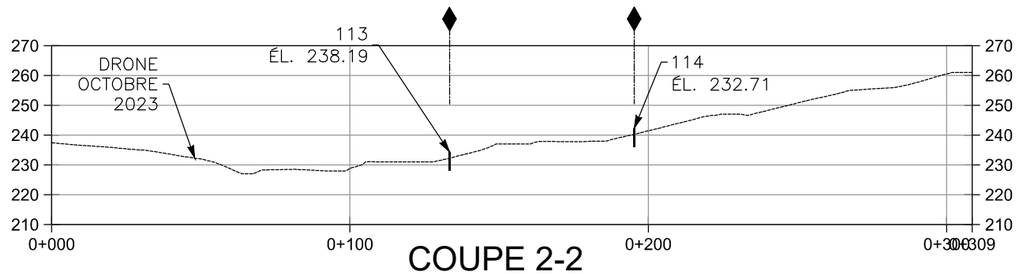
NOTE:
LE FOND DE CARTE DE LA PILE DE RÉSIDUS ET DE L'AIRE D'ENTREPOSAGE DE TOURBE PROVIENNE D'UN RELEVÉ LIDAR RÉALISÉ PAR NEWMONT LE MOIS D'OCTOBRE 2023.

LÉGENDE:
Arpentage:
- Station
- Prisme actif
- Visée polygone
- Visée prisme



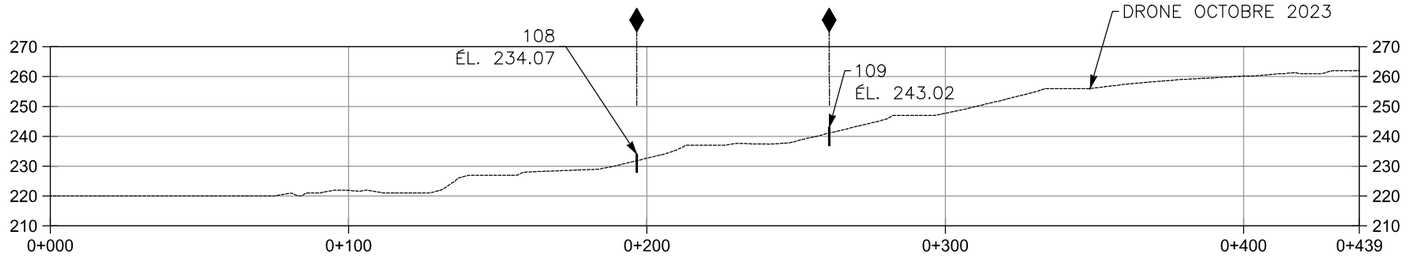
COUPE 1-1

Échelle 1:2000



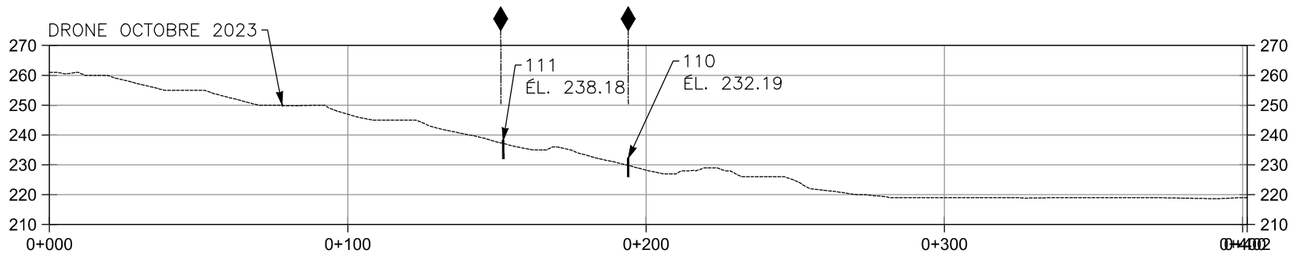
COUPE 2-2

Échelle 1:2000



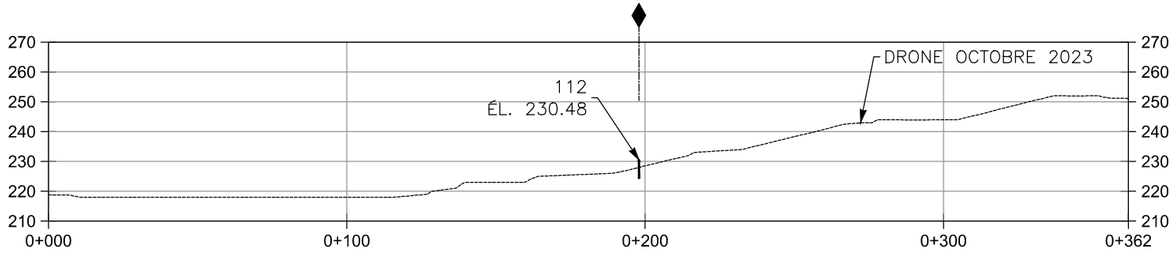
COUPE 3-3

Échelle 1:2000



COUPE 4-4

Échelle 1:2000



COUPE 5-5

Échelle 1:2000

LÉGENDE:
Arpentage:

Prisme actif

Annexe B

TARPs pour le PAR

Trigger Action Response Plan (TARPs)
Plan d'action en cas d'élément déclencheurs

CONTRÔLE DE DOCUMENT	
Nom du document	Plan d'action en cas d'élément déclencheurs - Trigger Action Response Plan (TARPs)
Document #	NA-ELE-PAR-DIR-033-104
Date de révision	2024-11-13
Révisé par (DEoR) :	Amir Zamani
Révisé par (EoR):	Philip Gomes
Date:	2024-11-13
Approuvé par (RTFE/P):	William Fresser
Date:	À venir

SUPPORTING INFORMATION	
Manuel de gestion	**NA-ELE-PAR-DIR-033-101**
Manuel OES	**NA-ELE-PAR-DIR-033-102**
PIU	**NA-ELE-PAR-DIR-033-103**
Matrice d'escalade	**NEM-TES-STA-017-PRO-002**
TARP (Guide)	**NEM-TES-STA-017-GDL-603**

KEY CONTACTS	
Titre	**Prénom Nom**
Rapid Response	Fabien Bihannic
RTFE	William Fresser
RTFP	Jean-Francois Painchaud
Manager Technical Services	Alexis Lemire
Manager Process	Donald Fortin
Manager S&ER	Geneviève Pépin
Manager Social	Jacynthe Lafond
Manager HSS	Paul Magny
General Manager	David Gaudreau
Engineer of Record	Philip Gomes
Deputy Engineer of Record	Amir Hossein Zamani
Corporate Tailings Contact	Zygi Zurakowsky
Corporate Tailings Management Lead	Brett Byler

EN	TARP GUIDELINE					
	Normal Operations	**Threshold 1 (T1)**	**Threshold (T2)**	**Unusual Condition**	**Alert**	**Crisis**
	Routine Activities as per OMS	**Investigate**	**Notify**	**ERP Level 1**	**ERP Level 2**	**ERP Level 3**
Triggers	Normal operating conditions that are consistent with design intent. TSF performance indicators are within expected limits	Deviation from normal operating conditions or temporary anomalous change. Exceedance of Threshold 1 criteria does not pose a dam safety concern but could be an early indicator of an issue and should be investigated.	Further development of a condition and exceedance of design or operating assumptions. Exceedance of Threshold 2 criteria does not pose an immediate dam safety concern but could become an issue if trends continue.	Conditions that have the potential to develop into a dam safety concern. Unusual event can be any of the following; - the performance of the facility is not within the expected or predicted behaviour of the instrumentation/monitoring data. - regulatory non-compliance - visual observation of features indicating a scenario where a potential failure mode can develop	Potential Failure Situation; Dam Safety is compromised *This situation may eventually lead to TSF failure, but there is not an immediate threat of failure.*	Urgent; TSF Failure is Imminent or In Progress *This is a situation when failure is occurring or is about to occur and cannot be prevented.*
Actions	These actions should be listed in the OMS. List (normal operations) actions of operators and dam safety engineers who review TSF conditions on a daily and weekly basis or reference section in the OMS manual.	List key actions that site personnel or EoR have to undertake to investigate the observed change. May include heightened surveillance.	List key actions that site personnel or EoR have to undertake for the observed changes. Likely includes heightened surveillance. May include additional field investigations, testing, and instrumentation. Mitigation designs developed, if necessary.	**ACTIONS TO MONITOR THE ISSUE AND DEVELOP OR REFINE MITIGATION PLANS**. Additional investigations, testing, instrumentation and analysis likely needed. Actions may include planning, communication with contractors, early mobilization of equipment and materials.	**ACTIONS TO PROTECT THE DAM** Activate the ERP and enact Rapid Response	**ACTIONS TO PROTECT PEOPLE** Evacuate at-risk population and close roads as-needed.

FR	TARP GUIDELINE					
	Conditions normales	**Seuil 1 (S1)**	**Seuil 2 (S2)**	**Condition inhabituelle**	**Alerte**	**Crise**
	Activité de routine	**Investiguer**	**Notifier**	**PIU niveau 1**	**PIU niveau 2**	**PIU niveau 3**
Déclencheurs	Conditions de fonctionnement normales conformes à l'intention de conception. Les indicateurs de performance du PAR sont dans les limites attendues	Écart par rapport aux conditions normales de fonctionnement ou changement anormal temporaire. Le dépassement du critère du seuil 1 ne pose pas de problème de sécurité de l'empilement de résidus, mais pourrait être un indicateur précoce d'un problème et devrait faire l'objet d'une enquête.	Développement ultérieur d'une condition et dépassement des hypothèses de conception ou d'exploitation. Le dépassement du critère du seuil 2 ne pose pas de problème immédiat en matière de sécurité de l'empilement de résidus, mais pourrait devenir un problème si les tendances se poursuivent.	Conditions susceptibles de devenir un problème, évoluant lentement. Un événement inhabituel peut être l'un des éléments suivants : - les performances de l'infrastructure ne correspondent pas au comportement attendu ou prédit des données d'instrumentation/surveillance. - non-conformité réglementaire - observation visuelle des caractéristiques indiquant un scénario dans lequel un mode de défaillance potentiel peut se développer	Potentielle rupture de l'empilement, évoluant rapidement	**URGENCE** Rupture de l'empilement en cours ou imminent
Actions	Ces actions doivent être répertoriées dans le manuel OES. Répertoriez les actions (opérations normales) du personnel du site et de l'ingénieur désigné (EoR).	Actions clés que le personnel du site ou l'ingénieur désigné (EoR) doivent entreprendre pour enquêter sur le changement observé. Peut inclure une surveillance accrue.	Actions clés que le personnel du site ou EoR doivent entreprendre pour les changements observés. Comprend probablement une surveillance accrue. Peut inclure des enquêtes, des tests et des instruments supplémentaires sur le terrain. Des plans d'action sont élaborés, si nécessaire.	**ACTIONS POUR SURVEILLER LE CHANGEMENT ET ÉLABORER OU RAFFINER LE PLAN DE MITIGATION** Des investigations, des tests, des instruments et des analyses supplémentaires seront probablement nécessaires. Les actions peuvent inclure la planification, la communication avec les entrepreneurs, la mobilisation précoce des équipements et des matériaux.	**ACTIONS POUR PROTÉGER L'EMPILEMENT** Activation du PIU et réalisation des travaux correctifs	**ACTIONS POUR PROTÉGER LES GENS** Évacuation des personnes a risque et fermer les accès

1 | Niveaux piézométriques dans la fondation argileuse

TARPs | Déclencheurs[1] Révision 00 13 mars 2024	Pression interstitielle des piézomètres dans la fondation argileuse					
	Opération normale Activités de routine selon le Manuel OES	Seuil 1 (S1) Investigation	Seuil 2 (S2) Notification	Condition inhabituelle Niveau 1	Alerte Niveau 2	Crise Niveau 3
	Niveaux piézométriques pour un FoS supérieur à 1,5 (B-bar ≤ 0,25)	**Niveaux piézométriques pour un FoS supérieur à 1,5 (B-bar ≤ 0,25)**	**Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5 (ou 0,25<B-bar<0,5)**	**Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5 (ou 0,25<B-bar<0,5)**	**Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,1 ≤ FoS < 1,3 (ou 0,5<B-bar<0,8)**	**Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à FoS ≤ 1,1 (ou B-bar>0,8)**
PF-1A	Niveau piézométrique stable et < 223,1 m	< 223,1 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	223,1 m < x < 228,1 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	223,1 m < x < 228,1 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	228,1 m < x < 234,1 m	> 234,1 m
PF-2A	Niveau piézométrique stable et < 228,8 m	< 228,8 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	228,8 m < x < 238,8 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	228,8 m < x < 238,8 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	238,8 m < x < 250,8 m	> 250,8 m
PF-3A	Niveau piézométrique stable et < 225,3 m	< 225,3 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	225,3 m < x < 232,8 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	225,3 m < x < 232,8 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	232,8 m < x < 241,8 m	> 241,8 m
PF-4A	Niveau piézométrique stable et < 222,3 m	< 222,3 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	222,3 m < x < 224,3 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	222,3 m < x < 224,3 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	224,3 m < x < 226,7 m	> 226,7 m
PF-5A	Niveau piézométrique stable et < 221,2 m	< 221,2 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	221,2 m < x < 226,8 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	221,2 m < x < 226,8 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	226,8 m < x < 233,4 m	> 233,4 m
PF-6A	Niveau piézométrique stable et < 224,2 m	< 224,2 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	224,2 m < x < 233,4 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	224,2 m < x < 233,4 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	233,4 m < x < 244,4 m	> 244,4 m
PF-7A	Niveau piézométrique stable et < 218,7 m	< 218,7 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	218,7 m < x < 224,3 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	218,7 m < x < 224,3 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	224,3 m < x < 231,0 m	> 231,0 m
PF-8A-1	Niveau piézométrique stable et < 221,4 m	< 221,4 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	221,4 m < x < 229,4 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	221,4 m < x < 229,4 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	229,4 m < x < 239,1 m	> 239,1 m
PF-8A-2	Niveau piézométrique stable et < 219,9 m	< 219,9 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	219,9 m < x < 227,9 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	219,9 m < x < 227,9 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	227,9 m < x < 237,6 m	> 237,6 m
PF-9A	Niveau piézométrique stable et < 221,7 m	< 221,7 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	221,7 m < x < 229,9 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	221,7 m < x < 229,9 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	229,9 m < x < 239,6 m	> 239,6 m
PF-10A	Piézomètre installé dans le till, la méthode des B-Bar n'est pas applicable.					
PF-11A	Niveau piézométrique stable et < 218,6 m	< 218,6 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	218,6 m < x < 224,3 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	218,6m < x < 224,3 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	224,3 m < x < 231,1 m	> 231,1 m
PF-12A	Niveau piézométrique stable et < 220,7 m	< 220,7 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	220,7 m < x < 226,6 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	220,7 m < x < 226,6 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	226,6 m < x < 233,6 m	> 233,6 m
PF-13A (PF-13B[2])	Niveau piézométrique stable et < 215,8 m	< 215,8 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	215,8 m < x < 220,5 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	215,8 m < x < 220,5 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	220,5 m < x < 226,0 m	> 226,0 m
PF-14A	Niveau piézométrique stable et < 220,3 m	< 220,3 m (Augmentation vers un F.S de 1,5)	220,3 m < x < 226,2 m (Augmentation lente vers F.S de 1,3)	220,3 m < x < 226,2 m (Augmentation rapide vers un F.S de 1,3)	226,2 m < x < 233,2 m	> 233,2 m

Note :

1. Les niveaux d'alertes indiqués ci-haut sont pour l'épaisseur maximale (voir tableau ci-bas) à la fin de la déposition. Il est requis d'ajuster les niveaux d'alerte dans Canary selon la réelle épaisseur de résidus au fur et à mesure de la déposition selon l'équation : (B-Bar x Épaisseur des résidus (m)) + Élévation d'installation du piézomètre (m).

2. PF-13B est installé dans la couche de till sous-jacente au dépôt d'argile où PF-13A est installé.

3. Les pressions lues par les piézomètres installés dans la fondation de sable (PF-1B à PF-11B, et PF-12B nouvellement installé au printemps 2024 dans la phase 4) devraient normalement demeurer faibles puisque cette couche de sol permet la dissipation des pressions d'eau engendrées par la consolidation de l'argile (système de sous-drainage). L'augmentation de la pression d'eau interstitielle dans ces piézomètres jusqu'à l'élévation de la géomembrane est indicatrice du dysfonctionnement ou du colmatage du système de sous-drainage situé en dessous de la géomembrane. Ainsi, les élévations de la géomembrane au droit de chacun des piézomètres installés dans la fondation de sable peuvent être considérées comme les niveaux piézométriques d'alarme; indicatrice d'un mauvais fonctionnement du système de sous-drainage.

Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Assurer le bon fonctionnement des instruments dans Canary et qu'ils sont associés à un déclencheur dans Canary. • Définir une notification d'alarme pour chaque déclenchement pour les différents niveaux de TARP. • Examiner la qualité des données et l'intégrité du système. • Réaliser les rapports mensuels sur les performances avec l'aide du EoR. • Mettre à jour les rapports de contrôles critiques.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions des Opérations normales. • Surveiller les tendances piézométriques avec un examen particulier des zones où une anomalie ou un dépassement est observé. • Identifier et évaluer les hypothèses de changement dans les tendances observées. • Envoyer le dépassement dans le cadre d'un rapport mensuel à l'EoR. • Confirmez que l'instrument fonctionne correctement et que les données associées sont signalées comme prévu. • Le EoR et RTFE/P doivent fournir des hypothèses sur les tendances observées dans le cadre des rapports mensuels.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions du S1. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification du PAR à l'EoR et CTDT pour examen dans les 24 heures. • Le EoR doit répondre à la notification dans les 24 heures avec des hypothèses et toutes les actions requises. • Le EoR doit fournir une prévision des tendances attendues en établissant une corrélation avec les performances du PAR, l'activité de construction, la déposition des résidus et les activités opérationnelles. • Surveiller les niveaux dans les systèmes de drainage et maximisez le captage d'eau des systèmes. • Vérifier la corrélation entre la montée/descente de l'eau et le comportement piézométrique. • Vérifier les tendances piézométriques avec des déclencheurs établis dans le secteur d'intérêt.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Déclarer une condition inhabituelle de niveau 1 sur la PAR et suivre les exigences de le PIU pour les actions d'atténuation. • Aviser tous les contacts concernés GM, S&ER, EoR, CTDT dans les heures suivant l'évènement via le formulaire de notification PAR. • Effectuer une inspection événementielle de PAR. • Collaborer avec EoR, RTFE/P et CTDT pour prédire et identifier les performances attendues du PAR après une revue globale. • Envisager d'arrêter les constructions dans le secteur. • En fonction de l'événement, déterminez si une transmission aux régulateurs est nécessaire.	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le PIU et les mesures et exigences d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et ajoutez d'autres mesures dans le TARP si nécessaire. • Escalader selon le PIU pour les contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Évacuer le personnel au parc à résidus. • Suivre le plan d'intervention d'urgence.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

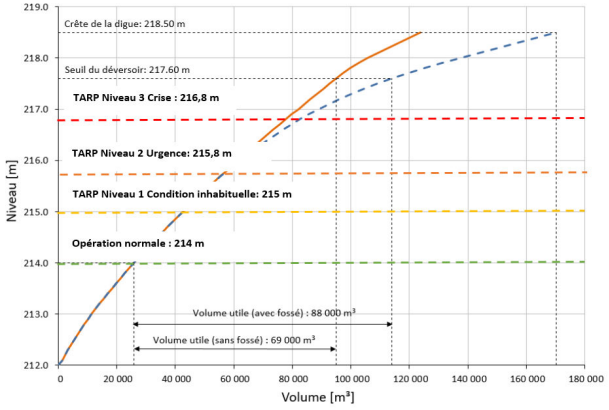
Newmont ÉLÉONORE

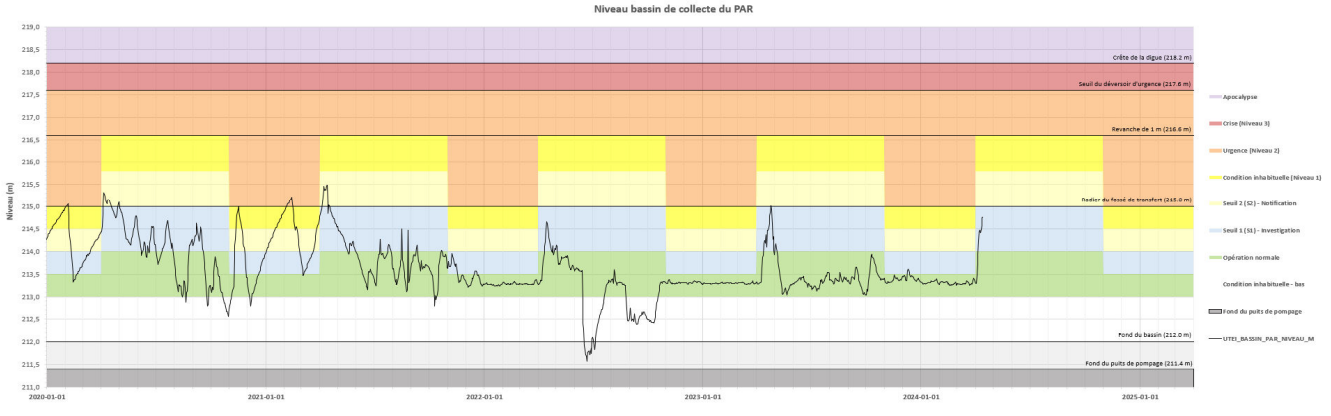
2 | Niveaux piézométriques dans les résidus miniers

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Pression interstitielle des piézomètres dans les résidus					
	Opération normale	Seuil 1 (S1)	Seuil 2 (S2)	Condition inhabituelle	Alerte	Crise
	Activités de routine selon le Manuel OES	Investigation	Notification	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
	Niveaux attendus lors de la conception	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,3 ≤ FoS < 1,5	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à 1,1 ≤ FoS < 1,3	Déclencheurs basés sur des niveaux d'eau se référant à FoS ≤ 1,1
PR-1	< 232,8 m	232,8 m < x < 234,8 m	> 234,8 m	> 234,8 m (augmentation lente)	> 234,8 m (augmentation rapide)	> 237,5 m
PR-2A, PR-2B	< 239,5 m	239,5 m < x < 241,5 m	> 241,5 m	> 241,5 m (augmentation lente)	> 241,5 m (augmentation rapide)	> 245 m
PR-3	< 230,5 m	230,5 m < x < 232,5 m	> 232,5 m	> 232,5 m (augmentation lente)	> 232,5 m (augmentation rapide)	> 236 m
PR-4	< 235 m	235 m < x < 237 m	> 237 m	> 237 m (augmentation lente)	> 237 m (augmentation rapide)	> 238,4 m
PR-5	< 228,9 m	228,9 m < x < 230,9 m	> 230,9 m	> 230,9 m (augmentation lente)	> 230,9 m (augmentation rapide)	> 231,6 m
PR-6, PR-13, PR-14	< 230 m	230 m < x < 232 m	> 232 m	> 232 m (augmentation lente)	> 232 m (augmentation rapide)	> 235,5 m
PR-7	< 230,5 m	230,5 m < x < 232,5 m	> 232,5 m	> 232,5 m (augmentation lente)	> 232,5 m (augmentation rapide)	> 233,7 m
PR-8, PR-10	< 227,4 m	227,4 m < x < 229,4 m	> 229,4 m	> 229,4 m (augmentation lente)	> 229,4 m (augmentation rapide)	> 231,1 m
PR-9	< 224,2 m	224,2 m < x < 226,2 m	> 226,2 m	> 226,2 m (augmentation lente)	> 226,2 m (augmentation rapide)	> 238,3 m
PR15	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir
PR16	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir
PR17	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir	à venir
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Assurer le bon fonctionnement des instruments dans Canary et qu'ils sont associés à un déclencheur dans Canary. • Définir une notification d'alarme pour chaque déclenchement pour les différents niveaux de TARP. • Examiner la qualité des données et l'intégrité du système. • Réaliser les rapports mensuels sur les performances avec l'aide du EoR. • Mettre à jour les rapports de contrôles critiques.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions des Opérations normales. • Surveiller les tendances piézométriques avec un examen particulier des zones où une anomalie ou un dépassement est observé. • Identifier et évaluer les hypothèses de changement dans les tendances observées. • Envoyer le dépassement dans le cadre d'un rapport mensuel à l'EoR. • Confirmez que l'instrument fonctionne correctement et que les données associées sont signalées comme prévu. • Le EoR et RTFE/P doivent fournir des hypothèses sur les tendances observées dans le cadre des rapports mensuels • Vérifier les piézomètres Casagrandes (PO-21-02 à PO-21-04) et les thermistances (TH-21-02 à TH-21-04) loclisés à proximité.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions du S1. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification du PAR à l'EoR et CTDT pour examen dans les 24 heures. • Le EoR doit répondre à la notification dans les 24 heures avec des hypothèses et toutes les actions requises. • Le EoR doit fournir une prévision des tendances attendues en établissant une corrélation avec les performances du PAR, l'activité de construction, la déposition des résidus et les activités opérationnelles. • Surveiller les niveaux dans les systèmes de drainage et maximisez le captage d'eau des systèmes. • Vérifier la corrélation entre la montée/descente de l'eau et le comportement piézométrique. • Vérifier les tendances piézométriques avec des déclencheurs établis dans le secteur d'occurrence.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Déclarer une condition inhabituelle de niveau 1 sur la PAR et suivre les exigences de le PIU pour les actions d'atténuation. • Aviser tous les contacts concernés GM, S&ER, EoR, CTDT dans les heures suivant l'évènement via le formulaire de notification PAR. • Effectuer une inspection événementielle de PAR. • Collaborer avec EoR, RTFE/P et CTDT pour prédire et identifier les performances attendues du PAR après une revue globale. • Envisager d'arrêter les constructions dans le secteur. • En fonction de l'événement, déterminez si une transmission aux régulateurs est nécessaire.	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le PIU et les mesures et exigences d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et ajoutez d'autres mesures dans le TARP si nécessaire. • Escalader selon le PIU pour les contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Évacuer le personnel au parc à résidus. • Suivre le plan d'intervention d'urgence.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

3 | Bassin de collecte et système de pompage

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Bassin de collecte du PAR et système de pompage					
	Opération normale Activités de routine selon le Manuel OES	Seuil 1 (S1) Investigation	Seuil 2 (S2) Notification	Condition inhabituelle Niveau 1	Alerte Niveau 2	Crise Niveau 3
Bassin de collecte des eaux de drainage du PAR **Estivale (Avril - Octobre)**	213 m < x < 214 m	214 m < x < 215,0 m	215,0 m < x < 215,8	215,8 m < x < 216,6 m	216,6 m < x < 217,6 m	≥217,6 m
Bassin de collecte des eaux de drainage du PAR **Hivernale (Nov - Mars avant fonte de neige)**	213 m < x < 213,5 m	213,5 m < x < 214,0 m	214, 0 m < x < 214,5 m	214,5 m < x < 215,0 m	≥ 215,0 m	≥217,6 m
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Surveiller le niveau du bassin à une fréquence hebdomadaire • Effectuer un levé bathymétrique à une fréquence annuelle • Établir des exigences spécifiques en fonction des variations saisonnières afin d'améliorer le rendement du bassin (saison estivale et hivernale). • Rapport mensuel (suivi performance et controles critiques) • Fournir le rapport mensuel pour l'examen de l'EoR.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions normales. • Communiquer avec l'opérateur de l'UTEI/métallurgistes • Vérifier que le système de pompage est fonctionnel et efficace. • Vérifier que la conduite de refoulement est en bon état, début et fin inclus. • Surveiller les prévisions de précipitations et prédire l'effet sur la performance du bassin. • Évaluer l'efficacité des mesures ci-dessus pour réduire la croissance du volume d'eau dans le bassin.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions du S1. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes (Opérateurs UTEI, métallurgistes, technicien en environnement, conseillers et techniciens en environnement, conseiller en gestion de l'eau) et externes (EoR, consultants en bilan hydrique).	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Aviser tous les contacts pertinents (en plus des parties prenantes S2) : Directeur Général, Surintendant Evironnement, Ingénieur désigné (EoR), Responsable corporatif (CTDT), Directeur Opéations, Services Techniques, Enviornnement. • Effectuer une inspection du PAR en fonction des événements. • Envisager d'augmenter le débit de pompage vers l'UTEI. • En fonction de l'événement, décider s'il est nécessaire d'effectuer une escalade auprès des organismes de réglementation. Une évaluation interfonctionnelle est nécessaire. • Modifier le déversoir d'urgence et construire les infrastructures requises pour gérer l'eau du bassin si les prévisions sont susceptibles d'atteindre le niveau 2.	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le plan d'intervention d'urgence et les mesures d'intervention rapide. • Communiquer l'evenement aux contacts internes et externes. • Suivre la procédure d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et développer d'autres mesures correctives si nécessaire.	**Équipe d'intervention rapide** • Suivre le plan d'intervention d'urgence. • Évacuer tout le personnel du PAR, si nécessaire.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					





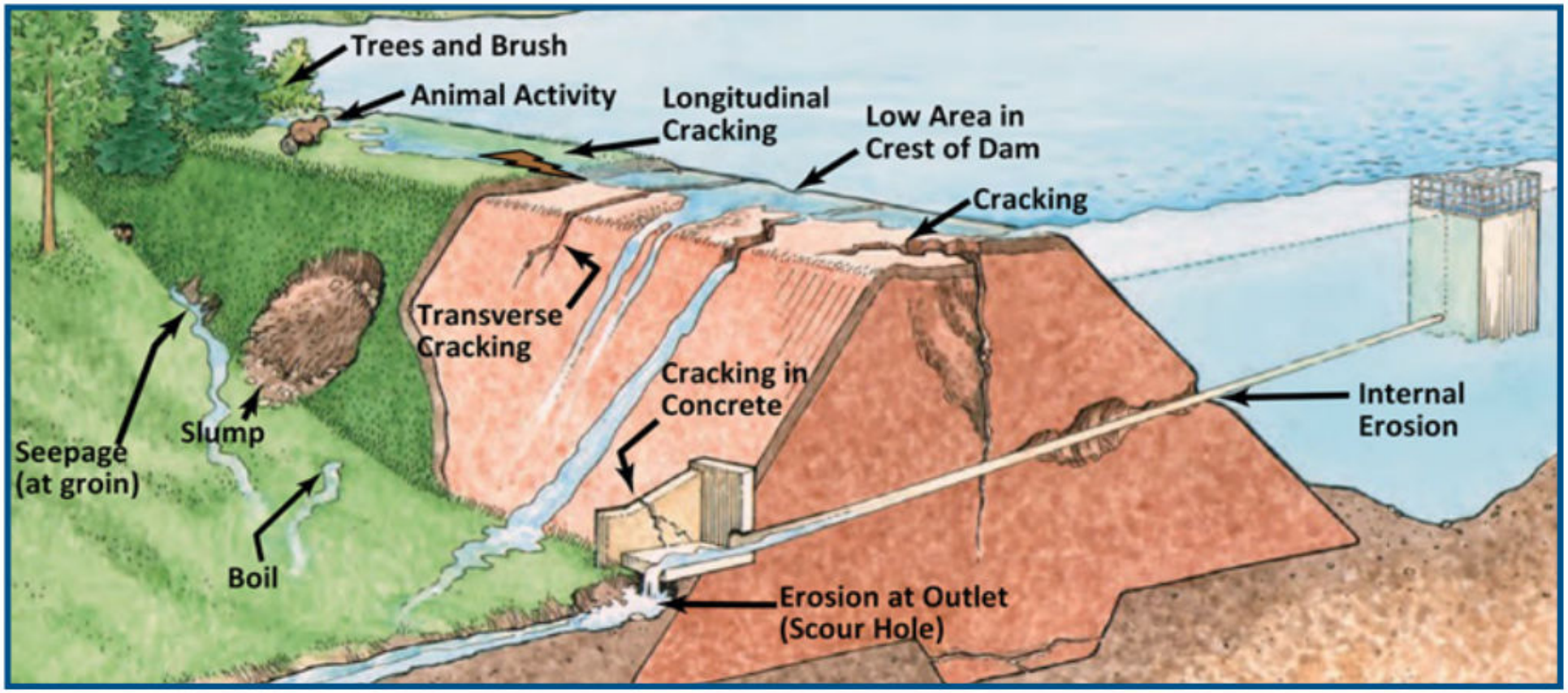
4 | Système de drainage

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Système de drainage					
	Opération normale	Seuil 1 (S1)	Seuil 2 (S2)	Condition inhabituelle	Alerte	Crise
	Activités de routine selon le Manuel OES	Investigation	Notification	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Fossé de dérivation nord	niveau d'eau < 1,0 m	1,0 < niveau d'eau < 1,5 m	niveau d'eau > 1,5	N/A	N/A	N/A
Fossé peripherique interne	revanche fossé < 0,5 m	0,5 < revanche fossé < 0,3 m	0,3 < revanche fossé < 0,0 m	Débordement d'eau sur la digue d'amorce	N/A	N/A
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Surveiller le niveau et le débit d'eau dans les fossés • Vérifier les fossés de drainage pour qu'ils soient opérationnels en cas de forte pluie ou fonte des neiges • Établir des exigences spécifiques en fonction des variations saisonnières afin d'améliorer le rendement du bassin (saison estivale et hivernale). • Rapport mensuel (suivi performance et controles critiques) • Fournir le rapport mensuel pour l'examen de l'EoR.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions normales. • Aviser les opérations d'effectuer un nettoyage des sédiments dans les fossés au besoin • Surveiller les prévisions de précipitations. • Évaluer l'efficacité des mesures ci-dessus sur la réduction de la charge d'eau dans le système de drainage.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuez toutes les actions du S1 • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes (Superviseur Opération, technicien en environnement, conseillers et techniciens en environnement, conseiller en gestion de l'eau) et externes (EoR, consultants en bilan hydrique). • Déterminer et identifier la raison de l'augmentation de la charge d'eau du système de drainage. • Évaluer le rendement du système de drainage • Effectuer des modifications aux infrastructures de gestions d'eau, au besoin. • Surveillance quotidienne du système de drainage.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Aviser tous les contacts pertinents (en plus des parties prenantes S2) : Directeur Général, Surintendant Evironnement, Ingénieur désigné (EoR), Responsable corporatif (CTDT), Directeur Opéations, Services Techniques, Enviornnement. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR). • En fonction de l'événement, décider s'il est nécessaire d'effectuer une escalade auprès des organismes de réglementation. Une évaluation interfonctionnelle est nécessaire.	N/A	N/A
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

Exemple :



Signes visuels de détérioration



Exemple :

Newmont
ÉLÉONORE

5.1 | Exfiltration

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Inspection visuelle - Exfiltrations / Suintements					
	Opération normale	Seuil 1 (S1)	Seuil 2 (S2)	Condition inhabituelle	Alerte	Crise
	Activités de routine selon le Manuel OES	Investigation	Notification	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Parc à résidus	Les exfiltrations connues (par les drains) sont claires et exemptes de sédiments. Aucune nouvelle exfiltration n'a été constatée sur la pile de résidus. Pas de surface humide en période estivale. Fronts d'exfiltration connus qui sont maintenant des points de surveillance dans le cadre de la surveillance de routine en cours.	Nouvelle zone humide sur les talus ou au pied des talus de résidus. Ces zones peuvent être de couleurs différentes (peuvent être blanchâtre, représentant la précipitation des métaux contenus dans l'eau)	De nouvelles exfiltrations ou des exfiltrations connues ont été identifiées avec des particules fines mineures ayant un débit constant sur la face ou le pied de la pile de résidus.	Zones d'infiltration nouvelles ou connues avec un débit trouble et un débit stable au niveau de la face ou le pied de la pile de résidus qui commence à causer l'érosion des résidus.	Zones d'infiltration nouvelles ou connues avec un débit trouble et un débit croissant au niveau de la face ou le pied de la pile de résidus qui commence à causer l'érosion des résidus.	L'augmentation du taux d'infiltration avec un écoulement trouble qui érode activement la pile de résidus et l'érosion ne peut être contrôlée ou arrêtée. D'autres caractéristiques telles que l'affaissement et la fissuration de la pile ont été observées, indiquant que la pile est instable et qu'elle pourrait s'effondrer de manière imminente.
Digue d'amorce (coté aval)	Les exfiltrations connues (par les drains) sont claires et exemptes de sédiments. Aucune nouvelle exfiltration n'a été constatée sur la pile de résidus. Pas de surface humide en période estivale. Fronts d'exfiltration connus qui sont maintenant des points de surveillance dans le cadre de la surveillance de routine en cours.	N/A	De nouvelles exfiltrations ou des exfiltrations connues ont été identifiées avec des particules fines mineures ayant un débit constant sur la face ou le pied de la digue d'amorce.	Zones d'infiltration nouvelles ou connues avec un débit trouble et un débit stable au niveau de la face ou le pied de la digue d'amorce qui commence à causer l'érosion de la digue.	Zones d'infiltration nouvelles ou connues avec un débit trouble et un débit croissant au niveau de la face ou le pied de la digue d'amorce qui commence à causer l'érosion de la digue.	L'augmentation du taux d'infiltration avec un écoulement trouble qui érode activement la digue d'amorce et l'érosion ne peut être contrôlée ou arrêtée. D'autres caractéristiques telles que l'affaissement et la fissuration de la digue ont été observées, indiquant que la pile est instable et qu'elle pourrait s'effondrer de manière imminente.
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser les inspections de routine comme décrites dans le Manuel OES.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions normales. • Inspecter le secteur d'amont en aval et déterminer les causes possibles et autres dégats • Documenter les caractéristiques observées avec des photographies et des croquis et les conditions météorologiques récentes.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions S1 • Marquer l'élément sur le terrain avec de la peinture en aérosol ou tout autre monument physique pour une comparaison continue des étendues. • Si possible, prélevez des échantillons, testez la qualité de l'eau et comparez-la à l'eau du bassin. • Effectuer des inspections quotidiennes sur une période convenue par l'EoR • Comparer avec la surveillance précédente et suivre les changements ou toute tendance observée. • Établir un plan de surveillance à long terme et mettre à jour les TARP si nécessaire. • Envoyez le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR). • Vérifier que du matériel filtrant est disponible en cas de besoin futur.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Estimer ou mesurer la quantité sortante. • Effectuer une inspection détaillée du secteur • Si possible, placez le filtre sur la sortie d'exfiltration. Du gravier devra peut-être être initialement placé en fonction du débit d'exfiltration. Couvrir de gravier pour que le filtre ne soit pas emporté par les eaux. • En fonction de l'événement, décider s'il est nécessaire d'effectuer une escalade auprès des organismes de réglementation. Une évaluation interfonctionnelle est nécessaire. • Envoyez le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR).	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le plan d'intervention d'urgence et les mesures d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et développer d'autres mesures correctives si nécessaire. • Définir des correctifs si l'accès ne représente pas un risque pour la sécurité des travailleurs et si le temps le permet. • Communiquer l'evenement aux contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Suivre le plan d'intervention d'urgence. • Évacuer tout le personnel du PAR, si nécessaire.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

Exemple :





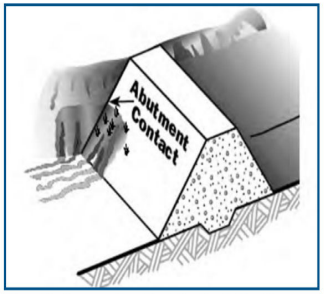


Figure 23 – Seepage exiting at the abutment contact (groin).



Figure 24 – Seepage at the abutment contact (groin) can lead to dam failure.

5.2 | Érosion interne

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Inspection visuelle - Érosion interne					
	Opération normale Activités de routine selon le Manuel OES	Seuil 1 (S1) Investigation	Seuil 2 (S2) Notification	Condition inhabituelle Niveau 1	Alerte Niveau 2	Crise Niveau 3
Déclencheurs (interieur du PAR)	Aucune nouvelle exfiltration constatée sur la surface et au pied de la pile de résidus. Pas de surface humide. Faces d'exfiltration connues qui désormaissurveillent les points dans le cadre de la surveillance de routine.	N/A	Exfiltrations accompagnées de transport de matériaux depuis la pile de résidus ou la digue d'armorce avec un débit actif très faible ou nul qui n'augmente pas sur une période de surveillance de plusieurs jours.	Exfiltration accompagnée de transport de matériaux depuis la pile de résidus ou la digue de résidus avec des écoulements actifs d'eau trouble avec un débit constant qui n'augmente pas sensiblement	Exfiltration accompagnée de transport de matériaux depuis la pile de résidus ou la digue d'amorce avec des écoulements actifs d'eau boueuse à un rythme croissant.	Exfiltration accompagnée de transport de matériaux depuis la pile de résidus ou la digue d'amorce avec des écoulements actifs d'eau boueuse à un rythme croissant. Signes d'instabilité observés à partir de fissures ou d'affaissements de la pile de résidus ou de la digue d'amorce indiquant une rupture imminente.
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser les inspections de routine comme décrites dans le Manuel OES.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions normales. • Inspecter le secteur d'amont en aval et déterminer les causes possibles et autres dégats • Documenter les caractéristiques observées avec des photographies et des croquis et les conditions météorologiques récentes.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions de fonctionnement normales. • Marquer l'élément sur le terrain avec de la peinture en aérosol ou tout autre monument physique pour une comparaison continue des étendues. • Si possible, prélevez des échantillons, testez la qualité de l'eau et comparez-la à l'eau du bassin. • Effectuer des inspections quotidiennes sur une période convenue par l'EoR • Comparer avec la surveillance précédente et suivre les changements ou toute tendance observée. • Établir un plan de surveillance à long terme et mettre à jour les TARP si nécessaire. • Envoyez le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR). • Vérifier que du matériel filtrant est disponible en cas de besoin futur.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Estimer ou mesurer la quantité sortante. • Effectuer une inspection détaillée du secteur • Si possible, placez le filtre sur la sortie d'exfiltration. Du gravier devra peut-être être initialement placé en fonction du débit d'exfiltration. Couvrir de gravier pour que le filtre ne soit pas emporté par les eaux. • En fonction de l'événement, décider s'il est nécessaire d'effectuer une escalade auprès des organismes de réglementation. Une évaluation interfonctionnelle est nécessaire. • Envoyez le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR).	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le plan d'intervention d'urgence et les mesures d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et développer d'autres mesures correctives si nécessaire. • Définir des correctifs si l'accès ne représente pas un risque pour la sécurité des travailleurs et si le temps le permet. • Communiquer l'evenement aux contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Suivre le plan d'intervention d'urgence. • Évacuer tout le personnel du PAR, si nécessaire.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

Exemple :





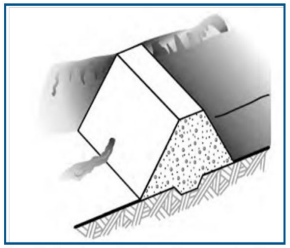


Figure 17 – Excessive quantity and/or muddy seepage water exiting from a point.



Figure 18 – Excessive seepage water exiting at the toe of the embankment.

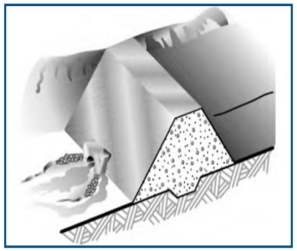


Figure 19 – Seepage water exiting from a point adjacent to the outlet pipe.



Figure 20 – Embankment erosion adjacent to an outlet pipe.

Newmont
ÉLÉONORE

5.3 | Érosion externe

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Inspection visuelle - Exfiltrations / Suintements					
	Opération normale	Seuil 1 (S1)	Seuil 2 (S2)	Condition inhabituelle	Alerte	Crise
	Activités de routine selon le Manuel OES	Investigation	Notification	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Parc à résidus	Sillons d'érosion superficiels observées < 0,5 m de profondeur	Sillons d'érosion observés (< 1 m de profondeur)	Sillons d'érosion profonds observés (entre 1 et 3 m de profondeur) localisés dans un secteur	Des sillons ou ravines d'érosion profondes (> 3 m de profondeur) s'étendent sur toute la longueur de la pente de la pile de résidus.	Des ravines d'érosion profondes sur toute la la longueur de la pente sont associés à des gouffres, à une augmnetation du niveau phréatique et des déformations rapides de la pile de résidus.	Décrochement actif de la surface de la pile de résidus.
Digue d'amorce	Aucune d'érosion	Sillons d'érosion observées (< 0,3 m de profondeur)	Sillons d'érosion profonds observés (> 0,5 m de profondeur) localisés	Sillons d'érosion profonds observés (> 0,5 m de profondeur) sur toute la longueur de la digue d'amorce.	Sillons d'érosion profonds observés (> 1,0 m de profondeur) sur toute la longueur de la digue d'amorce.	Décrochement actif de la digue d'amorce
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser les inspections de routine comme décrites dans le Manuel OES.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions normales. • Inspecter le secteur d'amont en aval et déterminer les causes possibles et autres dégats • Documenter les caractéristiques observées avec des photographies et des croquis et les conditions météorologiques récentes.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions de fonctionnement normales. • Examiner les zones avec des images de drone. • Identifier physiquement l'evenement sur le terrain pour une comparaison continue des étendues. • Comparer avec la surveillance précédente et suivre les changements ou toute tendance observée. • Envoyez le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR). • Établir un plan d'action pour réparer l'érosion lorsque les conditions météorologiques le permettent. Les travaux de réparation doivent être conformes aux instructions et aux spécifications fournies par l'EoR.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Effectuer une inspection détaillée du secteur • Évaluez le plan de travail de réparation afin qu'il ne représente pas un risque pour la sécurité des travailleurs. • Corriger le drainage et l'écoulement de l'eau d'amont en aval. • Remplir et compacter la ou les zone(s) érodée(s) avec des résidus filtrés matériau frais résistant à l'érosion. • En fonction de l'événement, décider s'il est nécessaire d'effectuer une escalade auprès des organismes de réglementation. Une évaluation interfonctionnelle est nécessaire. • Envoyez le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR).	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le plan d'intervention d'urgence et les mesures d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et développer d'autres mesures correctives si nécessaire. • Définir des correctifs si l'accès ne représente pas un risque pour la sécurité des travailleurs et si le temps le permet. • Communiquer l'evenement aux contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Suivre le plan d'intervention d'urgence. • Évacuer tout le personnel du PAR, si nécessaire.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

Exemple :





5.4 | Fissuration

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Inspection visuelle - Exfiltrations / Suintements					
	Opération normale Activités de routine selon le Manuel OES	Seuil 1 (S1) Investigation	Seuil 2 (S2) Notification	Condition inhabituelle Niveau 1	Alerte Niveau 2	Crise Niveau 3
Parc à résidus	Aucune fissure constatée à l'interieur du PAR ou fissures identifiées dont les dimensions ou l'apparence n'ont pas changé lors de la surveillance de routine.	Fissures < 100 mm de largeur et moins de 1 m de longueur. Pas de décalage vertical.	Nouvelles fissures > 100 mm de largeur. Pas de décalage vertical. Pas d'infiltration.	Fissures > 200 mm avec léger décalage vertical. Formation de nouvelles fissures parallèles en amont Fissuration dans un matériau compacté.	La largeur et la longueur des fissures augmentent visiblement et rapidement.	Décrochement actif d'une pente, avec formation d'une rupture en escalier (largeur et une longueur de fissure augmentent)
Digue d'amorce	Aucune fissure constatée sur les remblais (digue d'amorce, berme de stabilité surface des résidus) ou fissures identifiées dont les dimensions ou l'apparence n'ont pas changé lors de la surveillance de routine.	Fissures < 50 mm de largeur et moins de 1 m de longueur. Pas de décalage vertical.	Nouvelles fissures > 50 mm de largeur. Pas de décalage vertical. Pas d'infiltration.	Fissures > 100 mm avec léger décalage vertical. Formation de nouvelles fissures parallèles en amont Fissuration dans un matériau compacté.	La largeur et la longueur des fissures augmentent visiblement. Il y a un décalage vertical visible, avec formation de fissures le long de la crête. Renflement observé au pied de la digue.	Décrochement actif de la digue, avec formation d'une rupture en escalier (largeur et une longueur de fissure augmentent)
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser les inspections de routine comme décrites dans le Manuel OES.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions normales. • Inspecter le secteur d'amont en aval et déterminer les causes possibles et autres dégats • Documenter les caractéristiques observées avec des photographies et des croquis et les conditions météorologiques récentes. • Surveiller la largeur et la longueur des fissures pour voir si les fissures sont stables à l'aide d'indicateurs physiques installés. • Vérifier les instruments à proximité.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes de S1 • Examiner les zones avec des images de drone. • Identifier physiquement l'evenement sur le terrain pour une comparaison continue des étendues. • Installer un tiltmètre et suivre les tendances et mouvements. Si les fissures restent stables pendant 7 jours, effectuer les réparations nécessaires. • Envoyez le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR). • Établir un plan d'action pour réparer l'érosion lorsque les conditions météorologiques le permettent. Les travaux de réparation doivent être conformes aux instructions et aux spécifications fournies par l'EoR. **Digue amorce : Remblayer avec du béton ou de ciment.** **PAR : Excaver pour vérifier la profondeur des fissures. Reprofiler et compacter la zone. Améliorer le drainage et l'écoulement de l'eau.**	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR). • Limiter l'accès et la circulation à la zone. • Effectuer une inspection détaillée. • Déterminer si le secteur de déposition (et/ou la déposition des résidus) doit être modifié ou éloigné du secteur en question. • Faire un suivi quotidien et communiquer avec le EoR. • En fonction de l'événement, communiquer selon l'ERP et réévaluer la pertinence.	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le plan d'intervention d'urgence et les mesures d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et développer d'autres mesures correctives si nécessaire. • Définir des correctifs si l'accès ne représente pas un risque pour la sécurité des travailleurs et si le temps le permet. • Communiquer l'evenement aux contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Suivre le plan d'intervention d'urgence. • Évacuer tout le personnel du PAR, si nécessaire.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

Exemple :





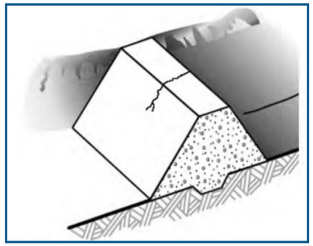


Figure 29 – Transverse cracking.



Figure 30 – Transverse cracks may provide open seepage paths through an embankment dam.

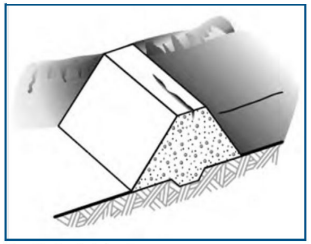


Figure 31 – Longitudinal crack.



Figure 32 – Longitudinal cracks can be an indication of dam instability.

Newmont
ÉLÉONORE

5.5 | Gouffre

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Inspection visuelle - Gouffre / Fontis					
	Opération normale	Seuil 1 (S1)	Seuil 2 (S2)	Condition inhabituelle	Alerte	Crise
	Activités de routine selon le Manuel OES	Investigation	Notification	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Parc à résidus	Aucun gouffre visible	Gouffre observée dans le PAR (ϕ < 3,0 m, Prof. < 1,0 m)	Agrandissement d'un gouffre observée dans le PAR (3,0 m < ϕ < 10,0 m, 1,0 m < Prof. < 3,0 m)	Agrandissement d'un gouffre sur le PAR, ou formation de gouffre supplémentaires (ϕ >10,0 m, Prof. > 3,0 m)	Agrandissement d'un gouffre dans le PAR, ou formation de gouffre supplémentaires. D'autres caractéristiques comprennent l'apparition d'une érosion interne, des fissures qui s'agrandissent rapidement montrant une instabilité.	Décrochement actif d'une pente, avec formation d'une rupture en escalier.
Digue d'amorce	Aucun gouffre visible	N/A	N/A	Gouffre observée dans la fondation ou au pied de talus de la digue d'amorce.	Agrandissement rapide d'un gouffre ou formation de gouffre supplémentaires. D'autres caractéristiques comprennent l'apparition d'une érosion interne provenant l'affaissement du remblai et des fissures qui s'agrandissent rapidement, montrant une instabilité.	Décrochement actif de la digue d'amorce
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser les inspections de routine comme décrites dans le Manuel OES.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer une inspection détaillée et rechercher la raison de la formation d'un gouffre. • Limiter l'accès et la circulation à la zone. • Réparer le gouffre : 1. Excaver les résidus jusqu'à ne plus voir de cavité 2. Remplir de matériel frais et compacter avec pelle, bulldozer et compacteur • Évaluer l'efficacité des mesures ci-dessus pour réduire la croissance du volume d'eau dans le bassin.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer les actions du S1 • Préparer et mettre en œuvre un plan de travail pour réparer le ou les gouffre(s). • Réparer le gouffre et améliorer le drainage de la zone.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Inspecter d'amont en aval et identifier les signes de mouvement/dépressions. • Vérifier les écoulements d'infiltration pour déceler de l'eau trouble/boueuse. • Faire un suivi quotidien et communiquer avec le EoR. • Effectuer des réparations, si les conditions sont sécuritaires. • Déterminer si le secteur de déposition (et/ou la déposition des résidus) doit être modifié ou éloigné du secteur en question. • En fonction de l'événement, communiquer selon le PIU et réévaluer la pertinence. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR).	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le plan d'intervention d'urgence et les mesures d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et développer d'autres mesures correctives si nécessaire. • Définir des correctifs si l'accès ne représente pas un risque pour la sécurité des travailleurs et si le temps le permet. • Communiquer l'evenement aux contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Suivre le plan d'intervention d'urgence. • Évacuer tout le personnel du PAR, si nécessaire.
Notification	Selon la matrice d'escalade de Newmont (NEM-TES-PRO-002)					

Exemple :





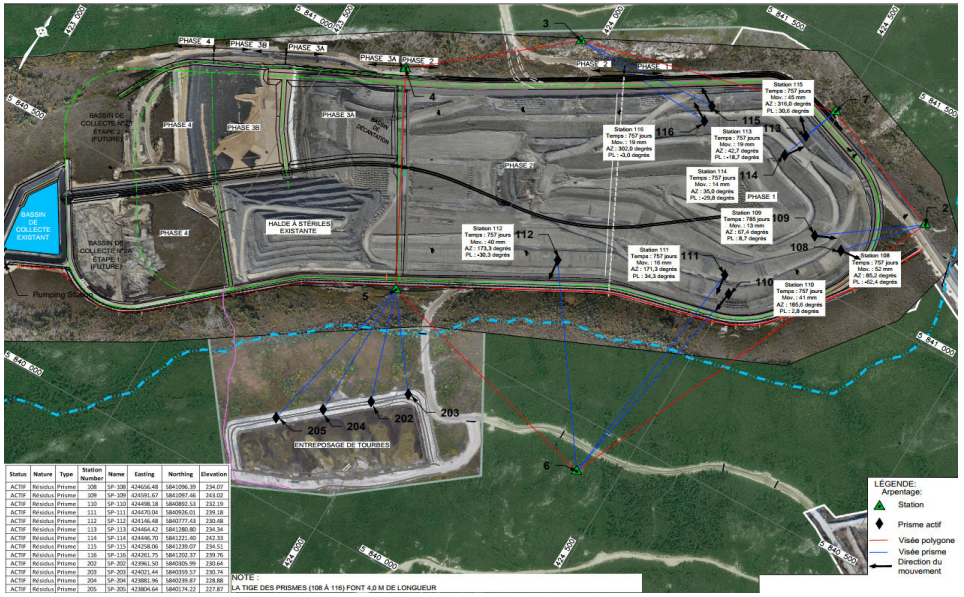


Newmont
ÉLÉONORE

6 | Déformation - Mouvement

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Déformation et mouvement (horizontal ou vertical)					
	Opération normale Activités de routine selon le Manuel OES	Seuil 1 (S1) Investigation	Seuil 2 (S2) Notification	Condition inhabituelle Niveau 1	Alerte Niveau 2	Crise Niveau 3
Prismes no. 108, 110, 112, 113, 115 PAR	Mouvement < 75 mm cumulé ou ne montre aucune tendance de mouvement dans l'instrument.	75 mm < Mouvement < 150 mm (cumulatif)	Mouvement > 150 mm cumulé sans évolution	Mouvement > 150 mm cumulé avec évolution lente (mois)	150 mm < Mouvement < 300 mm (cumulatif) avec évolution rapide (semaines)	Mouvement > 300 mm cumulé et rupture en cours
Prismes no. 109, 111, 114 et 116 PAR	Mouvement < 50 mm cumulé ou ne montre aucune tendance de mouvement dans l'instrument.	50 mm < Mouvement < 100 mm (cumulatif)	Mouvement > 100 mm cumulé sans évolution	Mouvement > 100 mm cumulé avec évolution lente (mois)	100 mm < Mouvement < 200 mm (cumulatif) avec évolution rapide (semaines)	Mouvement > 200 mm cumulé et rupture en cours
Prismes no. 202 à 205 Aire de Tourbe Phase 1	Mouvement < 18 mm cumulé ou ne montre aucune tendance de mouvement dans l'instrument.	18 mm < Mouvement < 35 mm (cumulatif)	Mouvement > 35 mm cumulé sans évolution	Mouvement > 35 mm cumulé avec évolution lente (mois)	35 mm < Mouvement < 70 mm (cumulatif)avec évolution rapide (semaines)	Mouvement > 70 mm cumulé et rupture en cours
Inclinomètres INC-03, INC-04 et INC-05 (Argile de fondation)	Mouvement < 10 mm cumulé ou ne montre aucune tendance de mouvement dans l'instrument. (En révision selon l'épaisseur de la bande de cisaillement)	10 mm < Mouvement < 20 mm (cumulatif) (En révision selon l'épaisseur de la bande de cisaillement)	Mouvement > 20 mm cumulé sans évolution (En révision selon l'épaisseur de la bande de cisaillement)	Mouvement > 20 mm cumulé avec évolution lente (mois) (En révision selon l'épaisseur de la bande de cisaillement)	20 mm < Mouvement < 40 mm (cumulatif) avec évolution rapide (semaines) (En révision selon l'épaisseur de la bande de cisaillement)	Mouvement > 40 mm cumulé et rupture en cours (En révision selon l'épaisseur de la bande de cisaillement)
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser les inspections de routine comme décrites dans le Manuel OES.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions dans des conditions normales. • Inspecter le secteur d'amont en aval et déterminer les causes possibles et autres dégats • Documenter les caractéristiques observées avec des photographies et des croquis et les conditions météorologiques récentes. • Surveiller le secteur de déformation • Vérifier les instruments à proximité.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions du S1. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification du PAR à l'EoR et CTDT pour examen dans les 24 heures. • Le EoR doit répondre à la notification dans les 24 heures avec des hypothèses et toutes les actions requises. • Comparer et confirmer l'exactitude de la prédiction de l'inclinomètre modélisé FLAC avec le modèle de mouvement réel observé. Si des écarts importants sont apparents, mettez à jour le modèle si nécessaire. • Le EoR doit fournir une prévision des tendances attendues en établissant une corrélation avec les performances du PAR, l'activité de construction, la déposition des résidus et les activités opérationnelles.	**Responsable du PAR (RTFE/P) et ingénieur désigné (EoR)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification PAR à toutes les parties prenantes internes et externes (EoR). • Limiter l'accès et la circulation à la zone. • Effectuer une inspection détaillée. • Déterminer si le secteur de déposition (et/ou la déposition des résidus) doit être modifié ou éloigné du secteur en question. • Faire un suivi quotidien et communiquer avec le EoR. • En fonction de l'événement, communiquer selon l'ERP et réévaluer la pertinence.	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions de niveau 1. • Suivre le PIU et les mesures et exigences d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et ajoutez d'autres mesures dans le TARP si nécessaire. • Escalader selon le PIU pour les contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Évacuer le personnel au parc à résidus. • Suivre le plan d'intervention d'urgence.

Exemple :



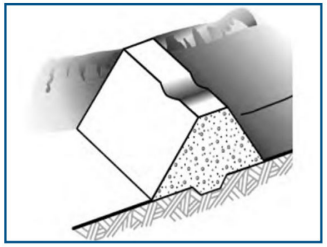


Figure 43 – Low area in the crest of a dam.



Figure 44 – Low areas in the crest of a dam reduce the freeboard (therefore allowing overtopping at a lower frequency flood).

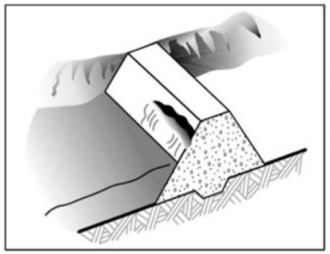


Figure 7—Slide, slump, or slip.



Figure 8—Slumping on the downstream face of a dam.

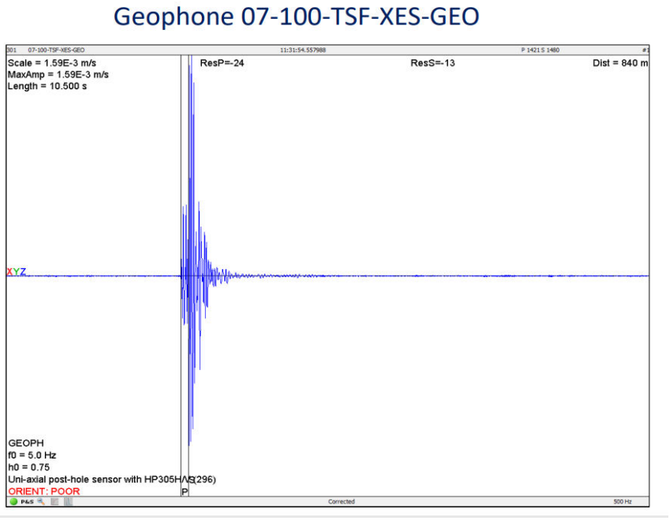
7 | Activité Sismique

TARPs | Déclencheurs Révision 00 13 mars 2024	Activité sismique					
	Opération normale	Seuil 1 (S1)	Seuil 2 (S2)	Condition inhabituelle	Alerte	Crise
	Activités de routine selon le Manuel OES	Investigation	Notification	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Déclencheurs.	Aucun séisme enregistré.	**Séisme de magnitude 2 (M2)** se produisant à moins de 100 km du PAR (basé sur l'échelle de Richter) OU Intensité: - Ressenti par quelques personnes au repos, notamment aux étages supérieurs - Ressenti sensiblement par les personnes à l'intérieur. Les véhicules à l'arrêt peuvent légèrement osciller. Vibrations semblables à celles d'un camion qui passe. - Ressenti par presque tout le monde, beaucoup se sont réveillés. Quelques plats ou vitres cassés.	**Séisme de magnitude 3 (M3)** se produisant à moins de 100 m du PAR. OU Intensité : - Équipements lourds déplacés - Des dégâts considérables dans des bâtiments mal construits - Dommages négligeables dans les bâtiments de bonne conception	**Séisme de magnitude > 5 (M5)** OU Intensité: - Légers dégâts dans les structures bien conçues - Dégâts importants avec effondrement partiel des bâtiments - La plupart des structures en maçonnerie et à ossature détruites avec les fondations	Basé sur des inspections visuelles et des données d'instrumentation (le cas échéant).	Basé sur des inspections visuelles et des données d'instrumentation (le cas échéant).
Actions	**Responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser le suivi sismique de routine • Assurer le bon fonctionnement du sismographe	**Personne responsable du PAR (RTFE/P)** • Réaliser une inspection détaillée des infastructures et PAR. • Aviser le EoR de l'évènement sismique. • Examiner l'instrumentation et surveiller les tendances des instruments. • Identifier et évaluer les changements observés dans des secteurs particuliers avec le EoR.	**Actions de la Personne responsable du PAR (RTFE/P) et EoR** • Effectuez toutes les actions dans les conditions S1. • Envoyer le dépassement avec le formulaire de notification PAR au CTDT dans les 24 heures.	**Responsable du PAR (RTFE/P), ingénieur désigné (EoR) et corporatif (CTDT)** • Effectuer toutes les actions du S2 et déclencher le PIU - Niveau 1 • Déclarer une condition inhabituelle de niveau 1 sur la PAR et suivre les exigences de le PIU pour les actions d'atténuation. • Aviser tous les contacts concernés GM, S&ER, EoR, CTDT dans les heures suivant l'évènement via le formulaire de notification PAR. • Effectuer une inspection événementielle de PAR. • Collaborer avec EoR, RTFE/P et CTDT pour prédire et identifier les performances attendues du PAR après une revue globale. • Envisager d'arrêter les constructions dans le secteur. • En fonction de l'événement, déterminez si une transmission aux régulateurs est nécessaire.	**Équipe d'intervention rapide** • Effectuer toutes les actions dans des conditions inhabituelles de niveau 1. • Suivre le PIU et les mesures et exigences d'intervention rapide. • Examiner l'exhaustivité du PIU et ajoutez d'autres mesures dans le TARP si nécessaire. • Escalader selon le PIU pour les contacts internes et externes.	**Équipe d'intervention rapide** • Évacuer le personnel au parc à résidus. • Suivre le plan d'intervention d'urgence.

Exemple :







Annexe C

Rapports de référence pour l'évaluation des niveaux alertes pour les *TARPs*

C-1.1 Évaluation des niveaux alertes des piézomètres de fondation du PAR - Phases 1 à 4A
C-1.2 Analyse de stabilité pour évaluation des niveaux critiques des piézomètres dans la pile de résidus (Phase 1 et 2)
C-1.3 Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 3A et 4A

C-1 Rapports de référence pour l'évaluation des niveaux alertes pour les *TARPs*

C-1.1 Évaluation des niveaux alertes des piézomètres de fondation du PAR - Phases 1 à 4A

Titre du document : **ÉVALUATION DES NIVEAUX ALERTES DANS LA FONDATION DU PAR - PHASES 1 À 4A**

Client : **NEWMONT CORPORATION, MINE ÉLÉONORE**

Projet : **ASSISTANCE À L'OPÉRATION DU PARC À RÉSIDUS**

Préparé par : Filip Djogo, ing., M.ing
#OIQ : 6032471

Révisé par : Amir Zamani, ing., M.Sc.
#OIQ : 5021566

Approuvé par : Philip Gomes, ing.
#OIQ : 5052664

LISTE DES RÉVISIONS APPORTÉES AU DOCUMENT

Révision #	Prép.	Rév.	App.	Date	Pages Révisées	Remarques
PB	AZ	PSG	PSG	2021-01-28	---	Émis pour discussion avec le client
00	AZ	PSG	PSG	2021-02-04	Toutes	Émis version finale
01	ME/AZ	AZ	PSG	2022-04-05	Sections 6 et 7, et l'annexe A	Émis version finale
02	FD	AZ	PSG	2024-11-14	Toutes	Émis version finale

AVIS AUX LECTEUR

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de SNC-Lavalin inc. (« SNC-Lavalin ») quant aux sujets qui y sont abordés. Son opinion a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Le document doit être interprété dans le contexte de la convention en date du 30 mars 2022 (la « Convention ») intervenue entre SNC-Lavalin et Newmont Corporation (le « Client »), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques utilisées, des hypothèses de SNC-Lavalin ainsi que des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document n'a pour raison d'être que l'objectif défini dans la Convention et est au seul usage du Client, dont les recours sont limités à ceux prévus dans la Convention. Il doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

En préparant ses estimations, le cas échéant, SNC-Lavalin a suivi une méthode et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent, et est d'opinion qu'il y a une forte probabilité que les valeurs réelles seront compatibles aux estimations. Cependant, l'exactitude de ces estimations ne peut être garantie. À moins d'indication contraire expresse, SNC-Lavalin n'a pas contrevérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont le Client, les autres consultants, laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipements, etc.) et sur lesquelles est fondée son opinion. SNC-Lavalin n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Dans toute la mesure permise par les lois applicables, SNC-Lavalin décline en outre toute responsabilité envers le Client et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) de tout ou partie du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION....1
1.1 Contexte....1
1.2 Objectifs....1
2.0 Détermination des niveaux d'alerte - Piézomètres à corde vibrant....2
2.1 Localisations des piézomètres et niveaux piézométriques dans les résidus....2
2.2 Méthode des équilibres limites (SLOPE/W)....5
2.2.1 Paramètres de conception....5
2.2.2 Méthodologie et critères de stabilité....5
2.2.3 Résultats - Analyse de stabilité avec variation du B-bar....6
2.3 Niveau piézométrique dans la fondation de sable....11
2.4 Récapitulatif des niveaux alertes de l'argile de fondation....11
3.0 Détermination des niveaux d'alerte - Inclinomètres....12
3.1 Localisation des inclinomètres....12
3.2 Méthodologie....12
4.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS....14
5.0 RÉFÉRENCES....15

Liste de tableaux

Tableau 2-1 : Localisation et coordonnées des piézomètres de fondation.... 2
Tableau 2-2 : Paramètres mécaniques des matériaux (Méthode des équilibres limites (SLOPE/W))....5
Tableau 2-3 : Récapitulatif des niveaux alertes d'eau - Piézomètres de fondation.... 11
Tableau 3-1 : Niveaux d'alerte pour les inclinomètres de la phase 3B du PAR.... 13

Liste de figures

Figure 2-1 : Tranchée pour câblage et installation des piézomètres de fondation 4
Figure 2-2 : Variation de FS en fonction de B-bar pour les étapes de construction 6
Figure 2-3 : Résultat de l'analyse de stabilité pour le 3e palier de déposition - B-Bar = 0,6 7
Figure 2-4 : Résultat de l'analyse de stabilité pour le 3e palier de déposition - B-Bar = 0,8 7
Figure 2-5 : Résultat de l'analyse de stabilité pour le 3e palier de déposition - B-Bar = 1,0 8
Figure 2-6 : Variation de FS en fonction de B-bar le front de déposition – Stabilité de la berme et du front de déposition..... 8
Figure 2-7 : Résultat de l'analyse de stabilité pour la berme – B-Bar = 0,4 9
Figure 2-8 : Résultat de l'analyse de stabilité pour la berme – B-Bar = 0,6 9
Figure 2-9 : Résultat de l'analyse de stabilité pour la berme – B-Bar = 0,8 10
Figure 2-10 : Résultat de l'analyse de stabilité du front de déposition – B-Bar = 0,8 10
Figure 3-1 : Localisation des inclinomètres installés à la phase 3B du PAR..... 12
Figure 3-2 : Synthèse des courbes de résistance au cisaillement normalisée par rapport à la contrainte de pré consolidation (O.C.) ou la contrainte verticale appliquée (N.C.) pour les argiles ultra-sensibles ayant des Sur faibles..... 13

Liste des annexes

ANNEXE A : Localisations des piézomètres et niveaux piézométriques dans les résidus

1.0 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Les pressions d'eau lues au niveau de chaque piézomètre sont comparées aux niveaux d'alerte initialement définis en 2014 (SLI, 2014) lors de la conception du PAR. Au fur et à mesure de l'avancement de la construction du PAR, les niveaux d'alerte ont été révisé en 2020 (SLI, 2020a), et ils seront révisés à nouveau dans le présent livrable afin de les actualiser avec les nouvelles données géotechniques issues de l'investigation de 2022 (SLI, 2022).

Cette note technique a donc pour principal objectif la réévaluation des niveaux critiques des différents piézomètres installés dans la fondation argileuse via une rupture de celle-ci lors de la déposition des résidus de la phase 1 à 4A du PAR et de présenter la méthodologie pour déterminer les niveaux d'alerte des inclinomètres installés dans la phase 3B du PAR.

Les niveaux d'alerte des piézomètres ne sont pas applicables pour la stabilité de la digue du bassin de collecte existant où deux (2) piézomètres ont été installés sous la digue dans la fondation argileuse, ou dans des situations qui sortent du cadre et des hypothèses de ce livrable.

1.2 Objectifs

Les principaux objectifs visés par cette note technique sont les suivants :

- Évaluer l'impact de la pression d'eau interstitielle sur la stabilité des pentes de la pile de résidus ;
- Analyser la stabilité afin d'évaluer la pression d'eau critique dans les piézomètres installés dans la fondation ;
- Établir les niveaux d'alerte des piézomètres installés dans la fondation de la phase 1 à 4A ;
- Établir les niveaux d'alerte des inclinomètres installés dans la fondation de la phase 3B.

2.0 Détermination des niveaux d'alerte - Piézomètres à corde vibrant

L'augmentation de la pression d'eau interstitielle dans la fondation argileuse est induite par la construction progressive de la pile de résidus et peut entraîner des conséquences sur la stabilité des pentes. Pour analyser cet effet, la méthode des équilibres limites est employée.

Dans l'objectif de couvrir le scénario le plus défavorable et considérant la variabilité de l'épaisseur d'argile sur le site, l'épaisseur d'argile est considérée à 5 m pour les analyses qui vont suivre sous l'ensemble de la pile de résidus, soit l'épaisseur généralement maximale dans la zone de déposition des phases 1 à 4A. Bien qu'elle puisse être plus épaisse localement, c'est sans impact pour la méthode d'analyse employée.

2.1 Localisations des piézomètres

Le **Tableau 2-1** illustre les localisations et les coordonnées des piézomètres de fondation pour l'ensemble des Phases 1 à 4A.

En date d'octobre 2024, l'Annexe A présente les cartes de localisation des coupes de profil des piézomètres au sein de la fondation et des résidus, ainsi que le niveau piézométrique dans les résidus.

Tableau 2-1 : Localisation et coordonnées des piézomètres de fondation

Localisation	Identifiant	Est	Nord	Élévation (m)	Élévation de Géomembrane (m)
Phase 1	PF-1A (argile)	424578	5841160	218,1	219,9
	PF-1B (sable)	424578	5841160	219,3	219,9
	PF-2A (argile)	424435	5841091	218,8	219,9
	PF-2B (sable)	424435	5841091	219,7	219,9
Phase 2	PF-3A (argile)	424041	5840888	217,8	219,9
	PF-3B (sable)	424021	5840901	219,6	219,9
	PF-4A (argile)	423817	5840962	220,3	222,0
	PF-4B (sable)	423820	5840963	221,6	222,0
Phase 3A	PF-5A (argile)	424251	5840967	215,7	219,9
	PF-5B (sable)	424252	5840970	217,4	219,9
Phase 3B	PF-6A (argile)	423471	5840653	215,0	218,2
	PF-6B (sable)	423467	5840655	216,3	218,2
	PF-7A (argile)	423431	5840713	213,1	217,6
	PF-7B (sable)	423437	5840712	216,6	217,6
	PF-8A-1 (argile)	423427	5840616	213,3	217,8
	PF-8A-2 (argile)	423427	5840618	211,8	217,8

Localisation	Identifiant	Est	Nord	Élévation (m)	Élévation de Géomembrane (m)
	PF-8B (sable)	423432	5840622	216,0	217,8
	PF-9A (argile)	423380	584677	213,6	217,5
	PF-9B (sable)	423383	5840673	216,8	217,5
	PF-10A (till)	423352	5840710	211,3	218,0
	PF-10B (sable)	423356	5840706	217,2	218,0
	PF-11A (argile)	423352	5840625	212,9	217,2
	PF-11B (sable)	423348	5840631	216,6	217,2
4A	PF-12A (argile)	423425	5840530	214,8	216,7
	PF-12B (sable)	423426	5840529	216,2	216,7
	PF-13A (argile)	423342	5840587	211,2	216,8
	PF-13B (till)	423340	5840587	208,3	216,8
	PF-14A (argile)	423404	5840508	214,4	216,7

La **Figure 2-1** présente une schématisation de l'installation des piézomètres de fondation des phases 1 à 3A par tranchée, alors que les piézomètres de fondation de la phase 3B et 4A ont été installés par forage pour PF-6A à PF-14A, incluant PF-13B, et par tranchée pour PF-6B à PF-12B.

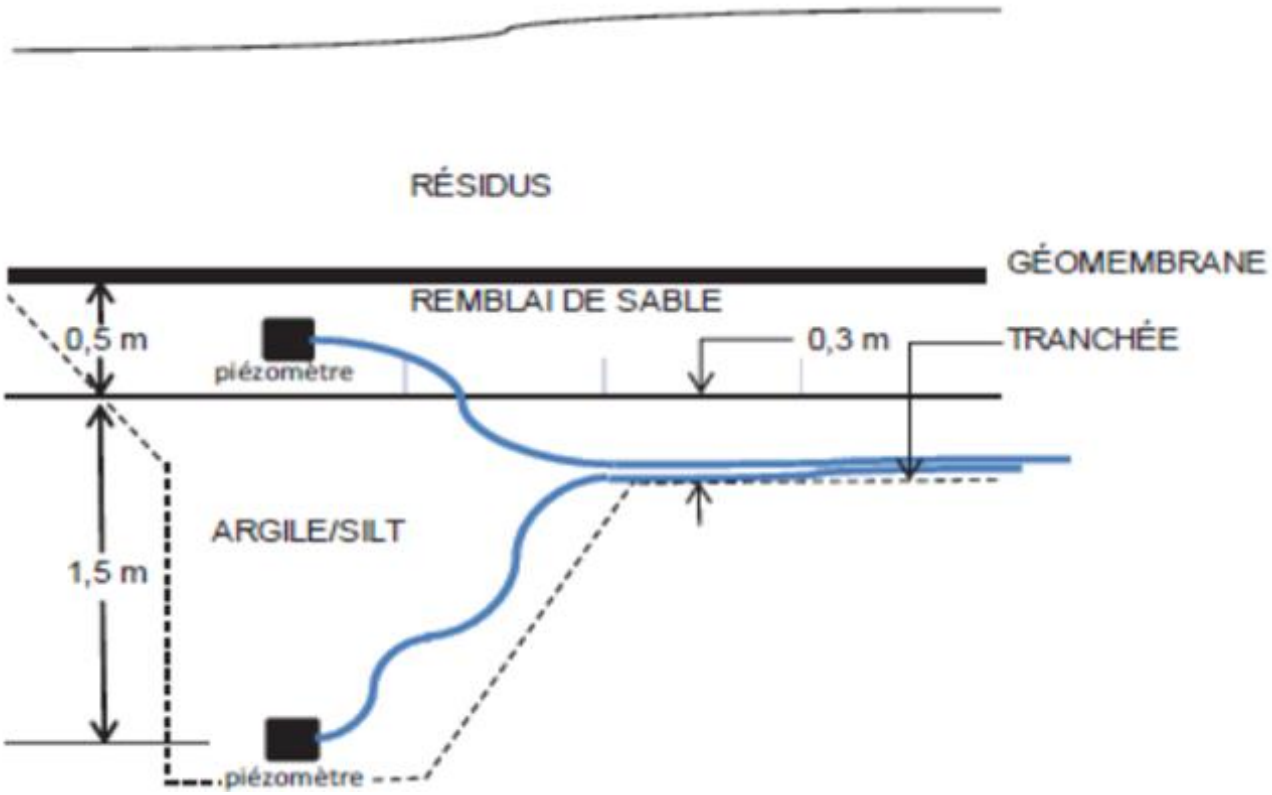


Figure 2-1 : Tranchée pour câblage et installation des piézomètres de fondation

2.2 Méthode des équilibres limites (SLOPE/W)

2.2.1 Paramètres de conception

Le **Tableau 2-2** présente les propriétés mécaniques utilisées pour les analyses en équilibres limites sur SLOPE/W. Ces propriétés ont été établies en concordance avec les résultats des campagnes d'investigation géotechnique antérieures (SLI 2022, SLI 2019, SLI 2011, Golder 2010). Quant aux propriétés qui ne sont pas issues des investigations géotechniques, elles proviennent de la littérature et des retours d'expérience.

Tableau 2-2 : Paramètres mécaniques des matériaux (Méthode des équilibres limites (SLOPE/W))

Matériaux	Poids volumique total (kN/m^3)	Angle de frottement (°)	Cohésion effective c' (kPa)
Tourbe	11	20	0
Argile naturelle	16,5	23	5
Remblai de sable (couche drainante)	20	30	0
Digue (Enrochement 0-600 mm)	20	40	0
Till	Substrat impénétrable		
Résidus miniers (compacté)	18,5	30	0

2.2.2 Méthodologie et critères de stabilité

La méthode des équilibres limites a été utilisée en faisant varier le paramètre B-bar[1] dans la fondation, afin d'imposer la pression d'eau interstitielle. Pendant l'application de cette méthode, des facteurs de sécurité ont été évalués par la méthode des équilibres limites par tranches verticales selon la méthode de Morgenstern-Price. Le logiciel SLOPE/W 2024 a été utilisé à cette fin.

Différentes valeurs de B-bar ont été appliquées dans la fondation en gardant la nappe au niveau du toit de la couche d'argile. La méthodologie utilisée consiste à faire varier le facteur de sécurité pour chaque étape de déposition afin d'identifier les valeurs de B-bar correspondant au facteur de sécurité de 1,5, 1,3 et 1,1.

Le cas où le front de déposition se trouve à l'intérieur du PAR a également été étudié. Pour simuler ce cas, des analyses de stabilité ont été réalisées compte tenu de la présence d'une berme de 50 m de long et de 8 m de haut avec un espace de 25 m entre la digue d'amorce et le pied de la berme sans aucun résidu au-dessus du remblai de sable.

Une nappe phréatique propre aux résidus représentatifs des conditions piézométriques de l'Annexe A a également été modélisée.

Il est à noter que l'effet des zones drainantes à l'intérieur des stériles miniers n'a pas été considéré dans les analyses de stabilité. De plus, la pile a été considérée comme étant homogène dans les résidus miniers.

[1] B-bar = ΔPression d'eau/ΔContrainte totale

2.2.3 Résultats - Analyse de stabilité avec variation du B-bar

2.2.3.1 Paliers de déposition

Plusieurs analyses de stabilité ont été effectuées en variant la valeur de B-bar dans la fondation afin de trouver le B-bar critique qui amène le facteur de sécurité (FS) de 1,5 lors de la déposition. La **Figure 2-2** illustre les résultats de ces analyses de stabilité. Les résultats obtenus montrent que le facteur de sécurité diminue lorsque la valeur de B-bar augmente.

L'effet du paramètre B-bar sur la stabilité de la pente réduit considérablement entre le 2e et 3e palier de déposition, avec des valeurs de B-Bar minimale de :

- ∼0,60 pour un F.S de 1,5 ;
- ∼0,72 pour un F.S de 1,3 ;
- ∼0,82 pour un F.S de 1,1.

Les **Figure 2-3**, **Figure 2-4**, et **Figure 2-5** montrent les résultats des analyses de stabilité pour le 3e palier de déposition pour des B-Bar de 0,6, 0,8 et 1,0 selon une coupe-type représentative de l'ensemble du PAR.

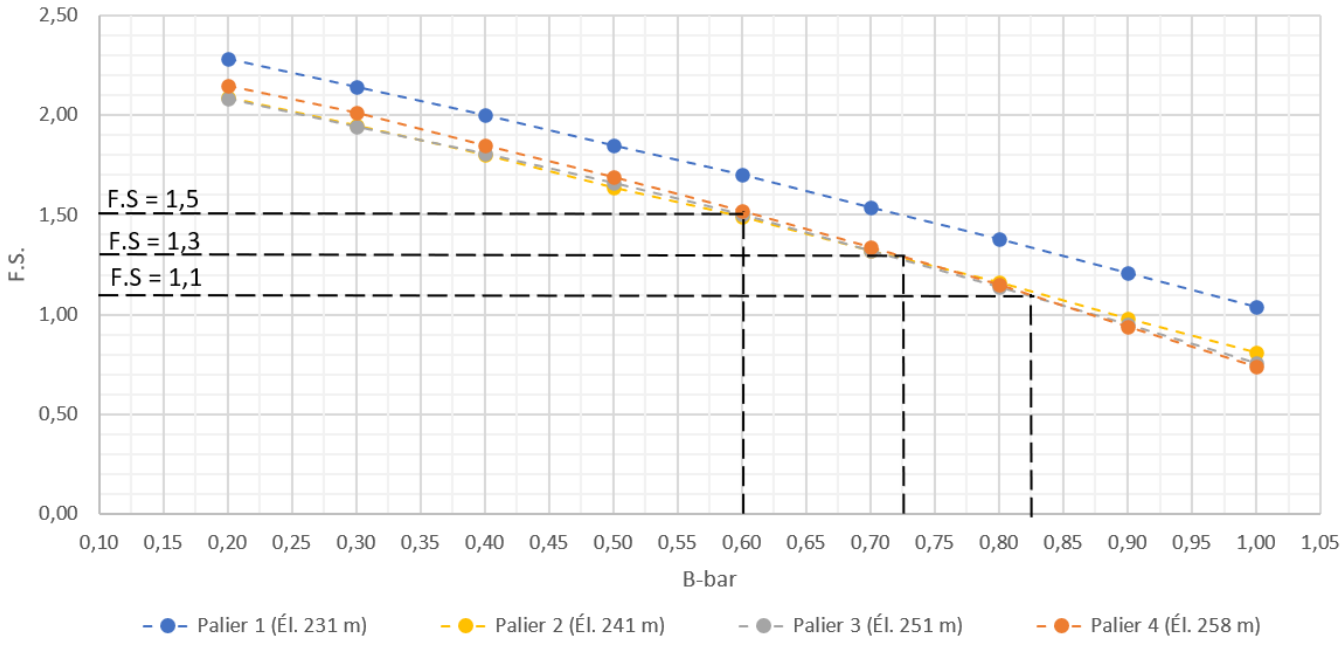


Figure 2-2 : Variation de FS en fonction de B-bar pour les étapes de construction

Couleur	Nom	Modèle de matériau de stabilité de pente	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Surface piézométrique	B-bar	Ajouter le poids
	1. Tourbe	Mohr-Coulomb	11	0	20	1	0	Non
	2. Argile naturelle	Mohr-Coulomb	16,5	5	23	1	0,6	Non
	3. Remblai de sable (couche drainante)	Mohr-Coulomb	20	0	30	1	0	Non
	4. Digue (Enrochement 0 - 600 mm)	Mohr-Coulomb	20	0	40	1	0	Non
	5. Till (Impénétrable)	Substratum (impénétrable)				1	0	Non
	6. Résidus miniers (compacté)	Mohr-Coulomb	18,5	0	30	2	0	Oui

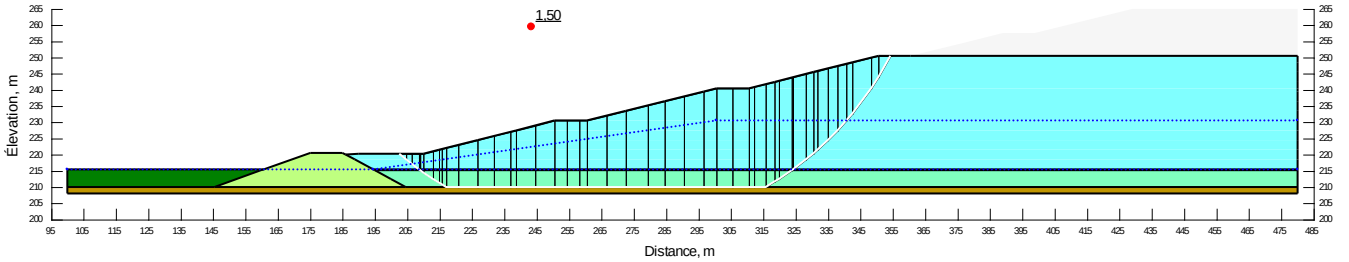


Figure 2-3 : Résultat de l'analyse de stabilité pour le 3e palier de déposition - B-Bar = 0,6

Couleur	Nom	Modèle de matériau de stabilité de pente	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Surface piézométrique	B-bar	Ajouter le poids
	1. Tourbe	Mohr-Coulomb	11	0	20	1	0	Non
	2. Argile naturelle	Mohr-Coulomb	16,5	5	23	1	0,8	Non
	3. Remblai de sable (couche drainante)	Mohr-Coulomb	20	0	30	1	0	Non
	4. Digue (Enrochement 0 - 600 mm)	Mohr-Coulomb	20	0	40	1	0	Non
	5. Till (Impénétrable)	Substratum (impénétrable)				1	0	Non
	6. Résidus miniers (compacté)	Mohr-Coulomb	18,5	0	30	2	0	Oui

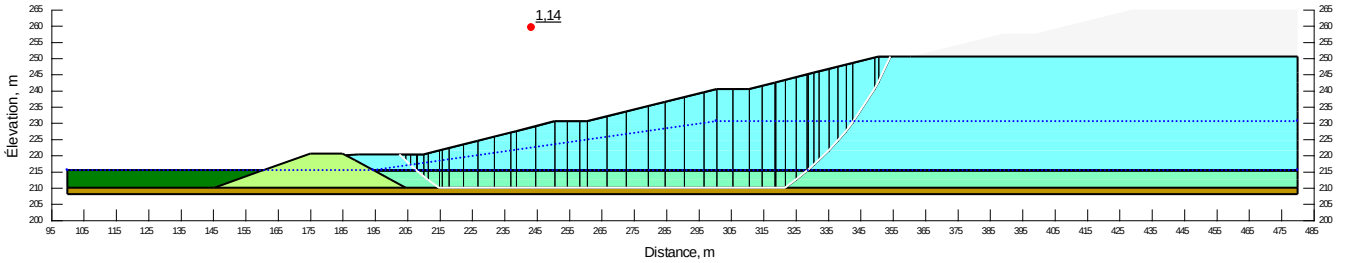


Figure 2-4 : Résultat de l'analyse de stabilité pour le 3e palier de déposition - B-Bar = 0,8

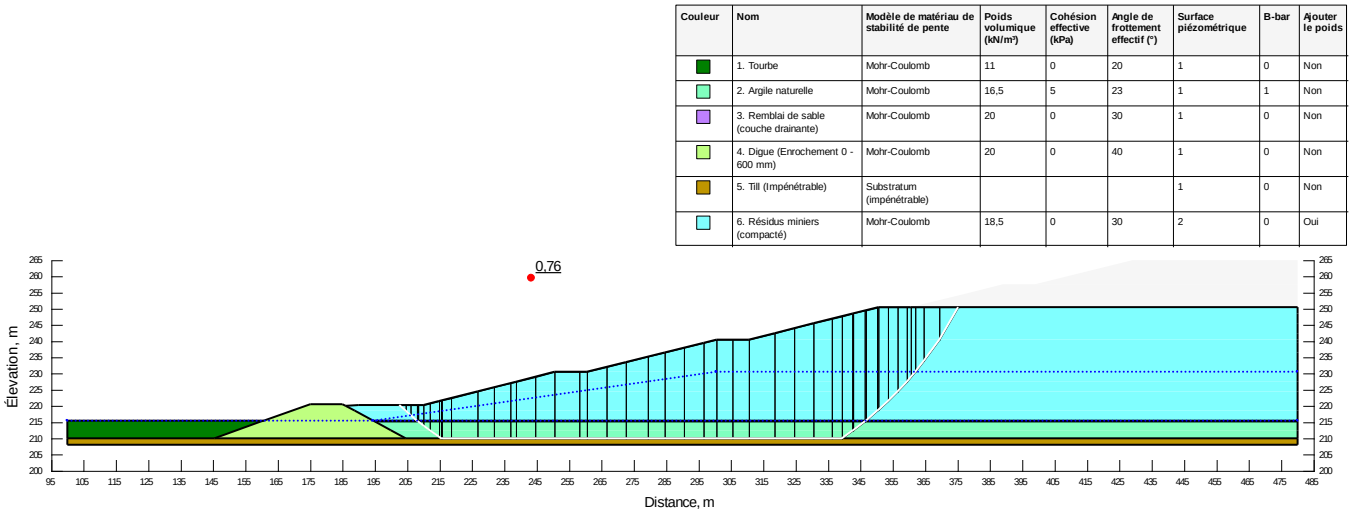


Figure 2-5 : Résultat de l'analyse de stabilité pour le 3e palier de déposition - B-Bar = 1,0

2.2.3.2 Front de déposition

Pour étudier le cas où le front de déposition se trouve à l'intérieur du PAR et à son élévation maximum, des analyses de stabilité ont été réalisées compte tenu de la présence d'une berme de 50 m de long, de 8 m épaisseur, et sans aucun résidu au pied de la berme à 25 m de la digue d'amorce.

Les résultats obtenus, illustrés à la **Figure 2-6** montrent l'effet de la variation du B-Bar sur la stabilité de la pente de la berme et du front de déposition.

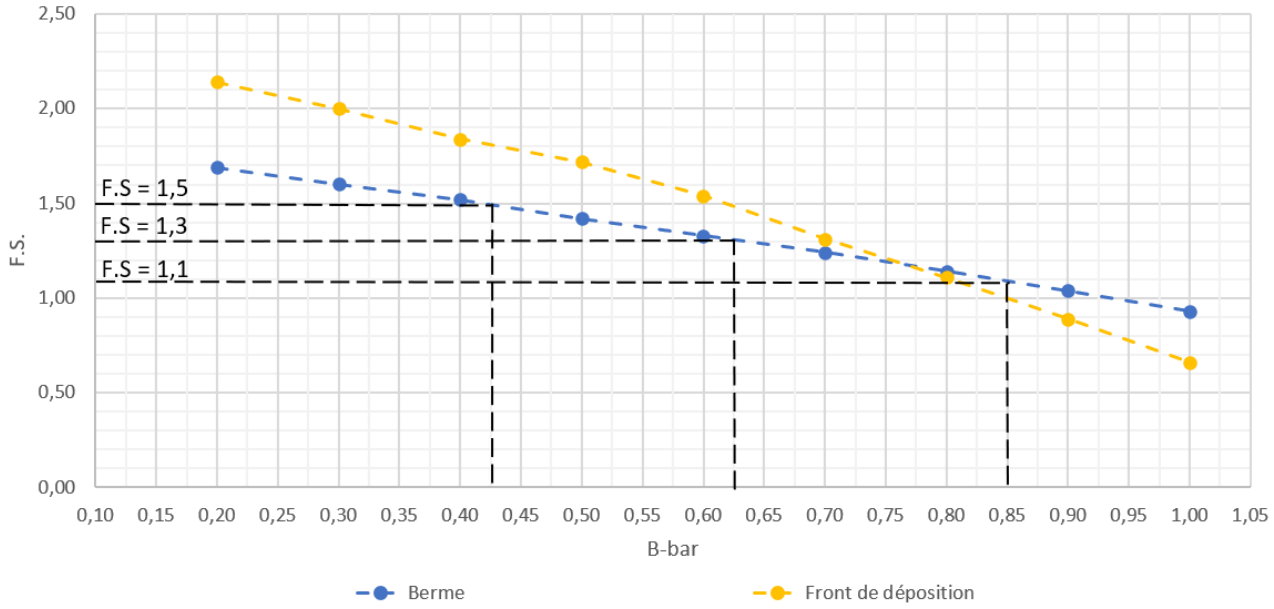


Figure 2-6 : Variation de FS en fonction de B-bar le front de déposition – Stabilité de la berme et du front de déposition

La berme présente des facteurs de sécurité les plus défavorables pour des F.S de 1,5 et 1,3, alors que le front de déposition présente des facteurs de sécurité les plus défavorable pour un F.S de 1,1, soit avec des valeurs de B-Bar respectives de :

- ~0,42 pour un F.S de 1,5 ;
- ~0,62 pour un F.S de 1,3 ;
- ~0,80 pour un F.S de 1,1.

Les **Figure 2-7**, **Figure 2-8**, **Figure 2-9**, et la **Figure 2-10** montrent respectivement les résultats des analyses de stabilité de la berme pour des B-Bar de 0,4, 0,6 et 0,8, et le résultat de l'analyse de stabilité du front de déposition pour un B-Bar de 0,8.

Couleur	Nom	Modèle de matériau de stabilité de pente	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Surface piézométrique	B-bar	Ajouter le poids
	1. Tourbe	Mohr-Coulomb	11	0	20	1	0	Non
	2. Argile naturelle	Mohr-Coulomb	16,5	5	23	1	0,4	Non
	3. Remblai de sable (couche drainante)	Mohr-Coulomb	20	0	30	1	0	Non
	4. Digue (Enrochement 0 - 600 mm)	Mohr-Coulomb	20	0	40	1	0	Non
	5. Till (Impénétrable)	Substratum (impénétrable)				1	0	Non
	6. Résidus miniers (compacté)	Mohr-Coulomb	18,5	0	30	2	0	Oui

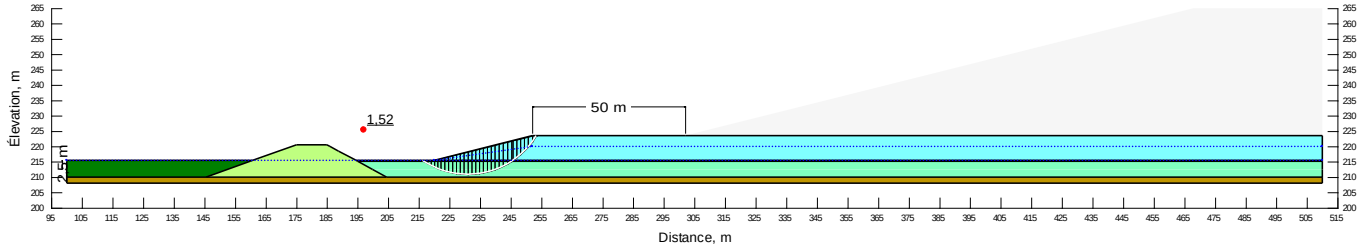


Figure 2-7 : Résultat de l'analyse de stabilité pour la berme – B-Bar = 0,4

Couleur	Nom	Modèle de matériau de stabilité de pente	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Surface piézométrique	B-bar	Ajouter le poids
	1. Tourbe	Mohr-Coulomb	11	0	20	1	0	Non
	2. Argile naturelle	Mohr-Coulomb	16,5	5	23	1	0,6	Non
	3. Remblai de sable (couche drainante)	Mohr-Coulomb	20	0	30	1	0	Non
	4. Digue (Enrochement 0 - 600 mm)	Mohr-Coulomb	20	0	40	1	0	Non
	5. Till (Impénétrable)	Substratum (impénétrable)				1	0	Non
	6. Résidus miniers (compacté)	Mohr-Coulomb	18,5	0	30	2	0	Oui

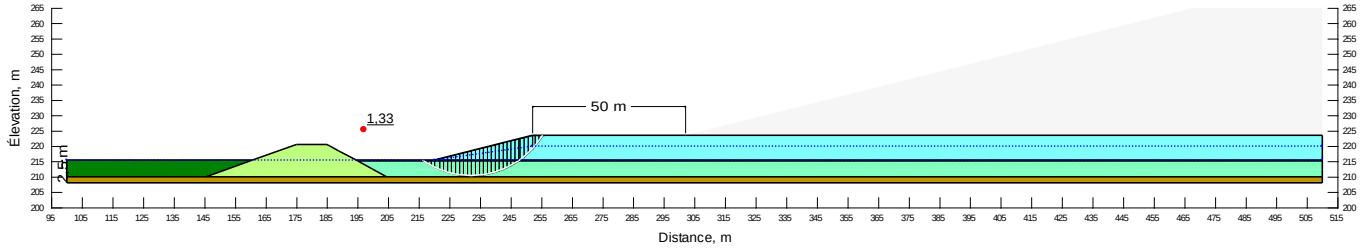


Figure 2-8 : Résultat de l'analyse de stabilité pour la berme – B-Bar = 0,6

Couleur	Nom	Modèle de matériau de stabilité de pente	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Surface piézométrique	B-bar	Ajouter le poids
	1. Tourbe	Mohr-Coulomb	11	0	20	1	0	Non
	2. Argile naturelle	Mohr-Coulomb	16,5	5	23	1	0,8	Non
	3. Remblai de sable (couche drainante)	Mohr-Coulomb	20	0	30	1	0	Non
	4. Digue (Enrochement 0 - 600 mm)	Mohr-Coulomb	20	0	40	1	0	Non
	5. Till (Impénétrable)	Substratum (impénétrable)				1	0	Non
	6. Résidus miniers (compacté)	Mohr-Coulomb	18,5	0	30	2	0	Oui

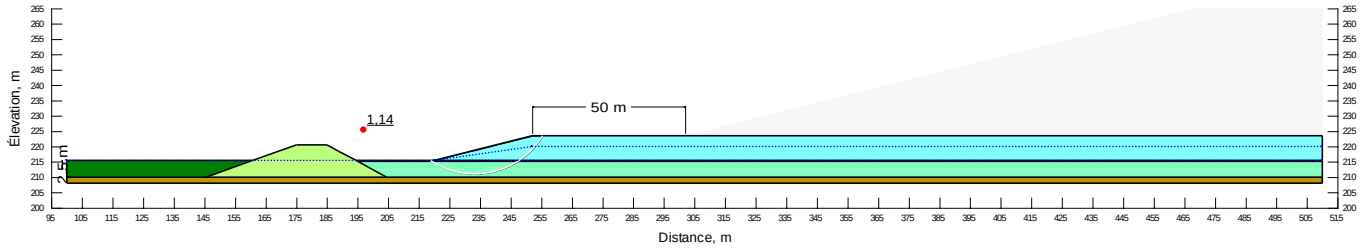


Figure 2-9 : Résultat de l'analyse de stabilité pour la berme – B-Bar = 0,8

Couleur	Nom	Modèle de matériau de stabilité de pente	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Surface piézométrique	B-bar	Ajouter le poids
	1. Tourbe	Mohr-Coulomb	11	0	20	1	0	Non
	2. Argile naturelle	Mohr-Coulomb	16,5	5	23	1	0,8	Non
	3. Remblai de sable (couche drainante)	Mohr-Coulomb	20	0	30	1	0	Non
	4. Digue (Enrochement 0 - 600 mm)	Mohr-Coulomb	20	0	40	1	0	Non
	5. Till (Impénétrable)	Substratum (impénétrable)				1	0	Non
	6. Résidus miniers (compacté)	Mohr-Coulomb	18,5	0	30	2	0	Oui

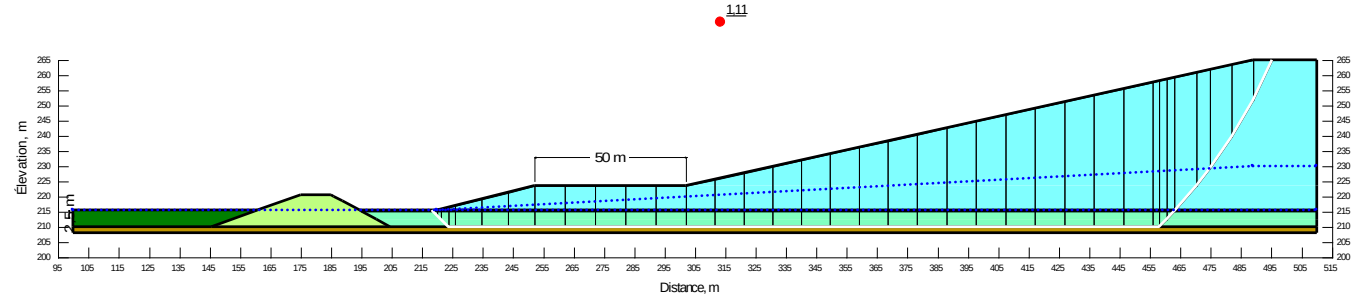


Figure 2-10 : Résultat de l'analyse de stabilité du front de déposition – B-Bar = 0,8

2.3 Niveau piézométrique dans la fondation de sable

Les pressions lues par les piézomètres installés dans les horizons de sable devraient normalement demeurer faibles puisque cette couche de remblai permet la dissipation des pressions d'eau engendrées par la consolidation de l'argile (système de sous-drainage).

L'augmentation de la pression d'eau interstitielle dans ces piézomètres jusqu'à l'élévation de la géomembrane est indicatrice du dysfonctionnement ou du colmatage du système de sous-drainage situé en dessous de la géomembrane. Ainsi, les élévations de la géomembrane du **Tableau 2-1** pour chacun des piézomètres installés dans la fondation de sable peuvent être considérées comme les niveaux piézométriques d'alarme; indicatrice d'un mauvais fonctionnement du système de sous-drainage.

2.4 Récapitulatif des niveaux alertes de l'argile de fondation

Différentes analyses de stabilité réalisées en faisant varier le B-bar dans la fondation d'argile, de manière à obtenir le facteur de sécurité minimum selon divers scénarios, ont permis de définir la valeur du B-bar critique de 0,4 et 0,6 respectivement pour le F.S = 1,5 et F.S = 1,3, soit le cas de la berme et du front de déposition de la section 2.2.3.2. En effet, l'absence d'une couche de résidus au-dessus de la fondation de sable entre la berme et la digue d'amorce a un impact important sur la stabilité, ce qui démontre l'importance de confiner la fondation d'argile au fur et à mesure de la déposition. Dans le cas d'un F.S = 1,1, le B-Bar minimum est le même pour l'ensemble des scénarios, soit environ 0,8.

Les analyses permettent également de constater que le B-Bar n'est évidemment pas le même pour l'ensemble des scénarios. Afin de s'assurer de rester conservateur et considérant qu'il n'est pas prudent d'attendre que ces valeurs critiques de B-bar soient atteintes, le B-bar de 0,4 a été abaissé à 0,25 pour un FS = 1,5 et celui de 0,6 a été abaissé à 0,5 pour un FS = 1,3.

Le **Tableau 2-3** est un récapitulatif des différents niveaux d'eau dans les piézomètres installés dans la fondation d'argile lors de la phase 1 à 4A, ainsi que les situations correspondantes conformément aux TARPs.

Tableau 2-3 : Récapitulatif des niveaux alertes d'eau - Piézomètres de fondation

Piézomètre Série	Niveaux d'alerte	Description
PF1A, PF2A, PF3A, PF4A, PF5A, PF6A, PF7A, PF8A, PF9A, PF10A, PF11A, PF12A, PF13A, PF14A	Opération normale	B-bar ≤ 0,25 (F.S ≥ 1,5) Niveau piézométrique stable
	Seuil 1 (Investigation)	B-bar ≤ 0,25 (F.S ≥ 1,5) Augmentation vers un F.S de 1,5
	Seuil 2 (Notification)	0,25 ≤ B-bar < 0,5 (1,5 ≤ F.S < 1,3) Augmentation lente vers F.S de 1,3
	Condition inhabituelle (Niveau 1)	0,25 ≤ B-bar < 0,5 (1,5 ≤ F.S < 1,3) Augmentation rapide vers un F.S de 1,3
	Alerte (Niveau 2)	0,5 ≤ B-bar < 0,8 (1,3 ≤ F.S. < 1,1)
	Crise (Niveau 3)	B-bar ≥ 0,8 (F.S. < 1,1)

3.0 Détermination des niveaux d'alerte - Inclinomètres

3.1 Localisation des inclinomètres

À l'été 2024, trois (3) inclinomètres identifiés INC-03, INC-04 et INC-05 de type SAAV du manufacturier Measurand ont été installés dans la fondation de la phase 3B du PAR, dont la localisation est disponible à la **Figure 3-1**.

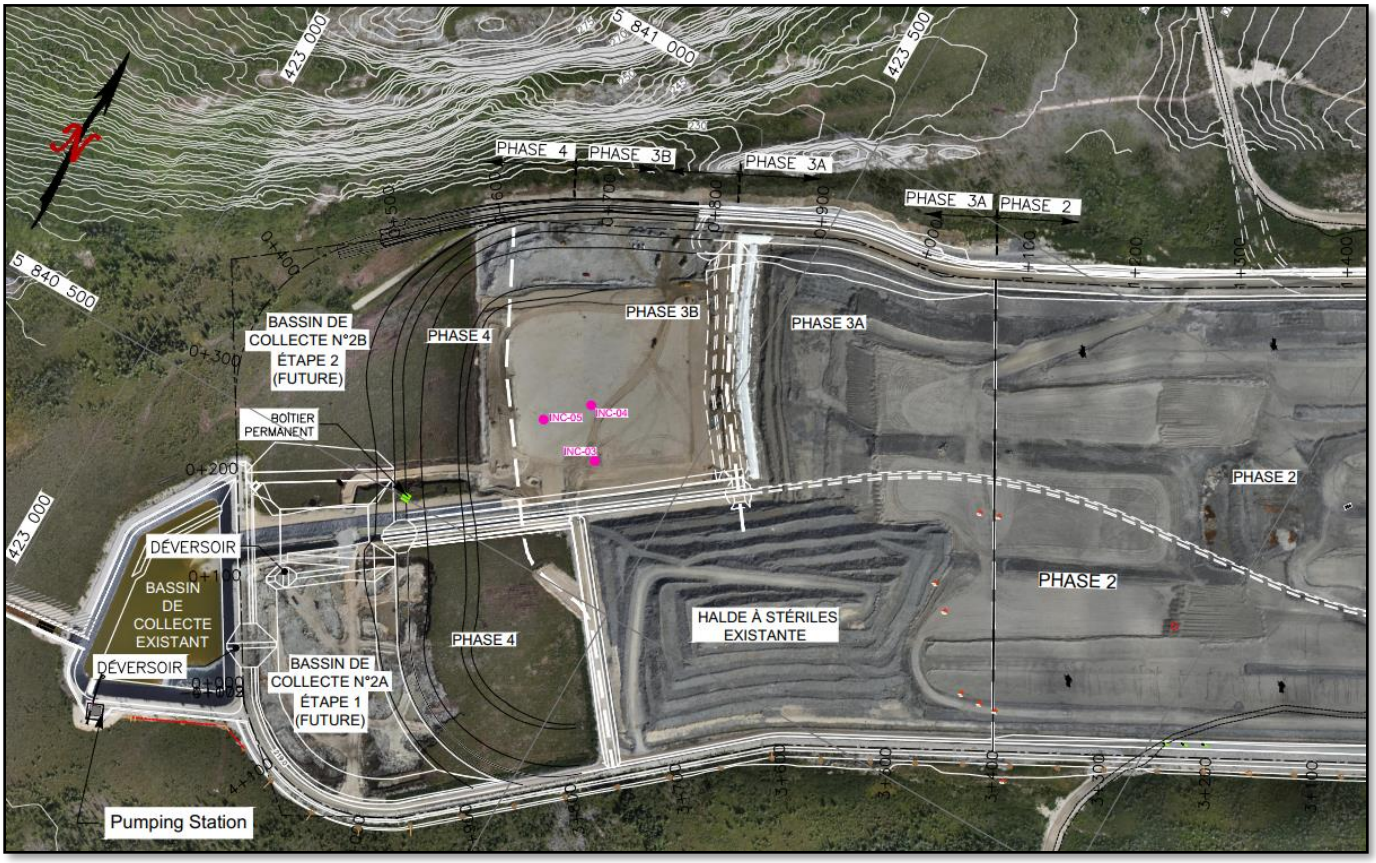


Figure 3-1 : Localisation des inclinomètres installés à la phase 3B du PAR

3.2 Méthodologie

Les niveaux d'alerte des inclinomètres, présenté au **Tableau 3-1**, ont été déterminés selon la déformation maximale acceptable obtenue à l'aide des essais de cisaillement simples monotones, dont la synthèse des résultats est présentée graphiquement à la **Figure 3-2** issus de la campagne d'essai de laboratoire spécialisé de l'Université de Sherbrooke (SLI, 2022). Sur la base des résultats de laboratoire, un critère de déformation conservateur de 1 % de l'épaisseur d'argile a été choisi.

À noter que le critère de déformation sera réévalué, et les niveaux d'alerte seront ajustés selon l'épaisseur de la zone de cisaillement d'argile subissant réellement des déformations dans le cadre d'un mémorandum dont la préparation est en cours.

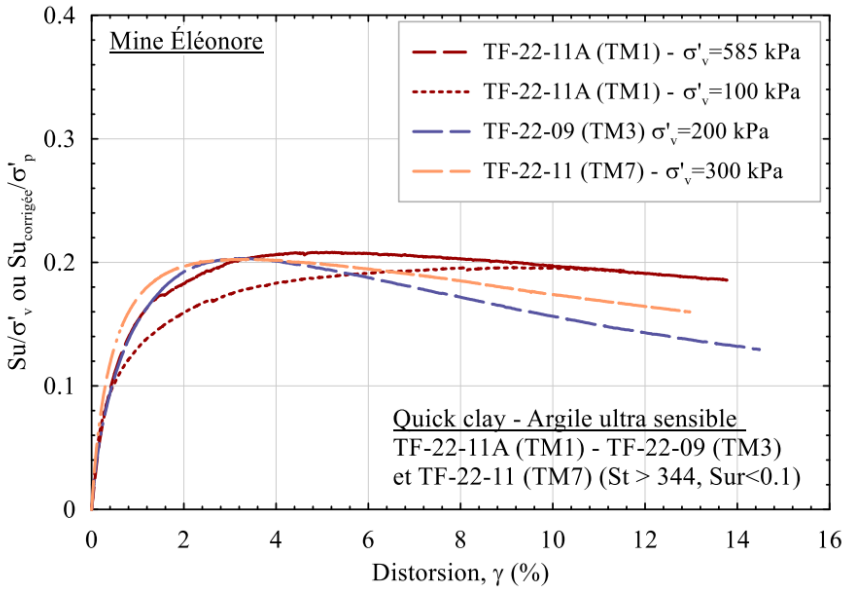


Figure 3-2 : Synthèse des courbes de résistance au cisaillement normalisée par rapport à la contrainte de pré consolidation (O.C.) ou la contrainte verticale appliquée (N.C.) pour les argiles ultra-sensibles ayant des Sur faibles

Tableau 3-1 : Niveaux d'alerte pour les inclinomètres de la phase 3B du PAR

Critères	Niveaux d'alerte	INC-03	INC-04	INC-05
		Déformation résultante XY (mm)		
Ɛ < 0,25 %	Opération normale (activité de routine)	XY < 10	XY < 10	XY < 10
0,25 % < Ɛ < 0,5 %	Seuil 1 S1 (Investiguer)	10 < XY < 20	10 < XY < 20	10 < XY < 20
Ɛ > 0,5 % Sans évolution de la déformation	Seuil 2 S2 (Notifier)	XY > 20	XY > 20	XY > 20
Ɛ > 0,5 % Avec une lente évolution de la déformation	Condition inhabituelle (Niveau 1)	XY > 20	XY > 20	XY > 20
0,5 % < Ɛ < 1,0 % Avec une évolution rapide de la déformation	Alerte (Niveau 2)	20 < XY < 40	20 < XY < 40	20 < XY < 40
Ɛ > 1 % Avec une rupture en cours	Crise (niveau 3)	XY > 40	XY > 40	XY > 40
Épaisseur d'argile existant (m)		±4,0	±4,0	±4,0
Note : Le critère de déformation sera réévalué, et les niveaux d'alerte seront ajustés selon l'épaisseur de la zone de cisaillement d'argile subissant réellement des déformations dans le cadre d'un mémorandum dont la préparation est en cours.				

4.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans la présente note technique, la valeur de B-bar critique des piézomètres installés dans la fondation a été évaluée lorsque la stabilité des pentes donne un facteur de sécurité supérieur ou égal au minimum requis.

Ces valeurs de B-bar seront considérées comme étant les valeurs critiques à partir desquelles les niveaux critiques de l'eau dans les piézomètres installés dans la fondation seront calculés. Cependant, compte tenu du fait qu'il n'est pas judicieux d'attendre que les valeurs critiques de B-bar soient atteintes, des valeurs plus conservatrices de B-bar = 0,25 (pour FS = 1,5) et B-bar = 0,5 (pour FS = 1,3) seront désormais utilisées au cours du suivi des piézomètres.

Pour les inclinomètres, le critère de déformation sera réévalué, et les niveaux d'alerte seront ajustés selon l'épaisseur de la zone de cisaillement d'argile subissant réellement des déformations dans le cadre d'un mémorandum dont la préparation est en cours.

À noter que les niveaux d'alerte des piézomètres dans la fondation d'argile ont été déterminés sur la base d'hypothèses et de scénarios permettant de couvrir les cas les plus défavorables. Également, l'atteinte d'un niveau d'alerte pour un seul piézomètre ne veut pas nécessairement dire que la stabilité de la pile de résidus est en jeu. En effet, l'ensemble des données d'instrumentation doivent être évaluées adéquatement par l'EoR, accompagnées par des observations de terrain, pour bien comprendre l'origine d'un comportement inhabituel d'un ou des instruments afin d'être en mesure de proposer des solutions efficaces de mitigation ou recommander des analyses de stabilité spécifique, si nécessaire.

5.0 RÉFÉRENCES

Golder Associés (2009). Rapport factuel d'investigation géotechnique pour le parc à résidus, 08-1221-0006-5000, Québec, Canada, mars 2009.

Golder Associés (2010). Factual Report on Geotechnical and Hydrogeological Investigation, Tailings and Waste Rock Management Facility (Site "C")- Draft Report. 002- 101221100-46RA, Québec, Canada, July 2010.

SNC Lavalin (2011). Geotechnical Investigation Factual - Conceptual Engineering of Eleonore Project Mine Tailings Management Facility – Parc à résidus – Projet Éléonore. Mines Opinaca, 506324-1010-4GER-0001, Québec, Canada, May 2011.

SNC-Lavalin (SLI), 2014. Analyses de stabilité pour la première phase de construction et d'exploitation du parc à résidus - Projet Éléonore. Rapport no. 507491-07-100-40ER-0005. Juin 2014.

SNC-Lavalin (SLI), 2020a. Analyses de stabilité pour réévaluation des niveaux critiques des piézomètres dans la pile de résidus PAR Phase 1. Rapport 625664-5000-4GER-0001-00. Avril 2020.

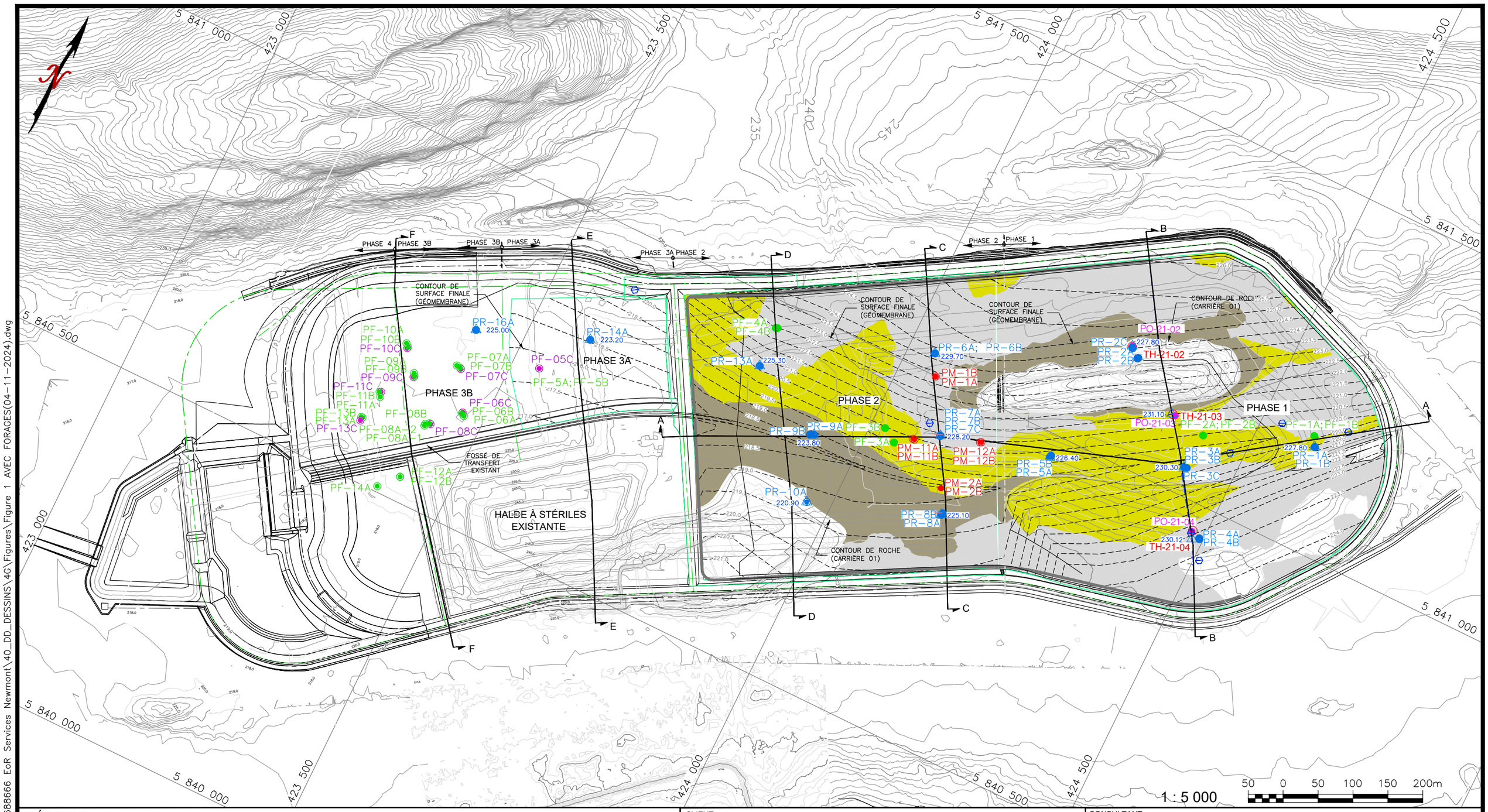
SNC Lavalin (SLI), 2019b. Rapport factuel - Investigation géotechnique - Phases 3 et 4 d'agrandissement du parc à résidus de la Mine Éléonore Opinaca, 664660-EG-L01-00, Québec, Canada. Avril 2020.

SNC Lavalin (SLI), 2021. Rapport factuel de l'investigation géotechnique de 2021 dans les résidus du PAR, 625664-8400-4GER-0001-PB, Québec, Canada. Décembre 2022.

SNC Lavalin (SLI), 2022. Rapport factuel de l'investigation géotechnique 2022 – Sols de fondation - Phases 3 et 4 du parc à résidus de la Mine Éléonore Opinaca, 688666-3300-4GER-0001-00, Québec, Canada, décembre 2023.

SNC Lavalin (SLI), 2024. Rapport d'ingénierie et études pour la Phase 3B et 4A du Parc à Résidus, 689718-9000-4GER-0001-00, Québec, Canada. Avril 2024.

Annexe A
Localisations des piézomètres et niveaux piézométriques dans les résidus



LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION
- PM-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA MÈCHE DRAINANTE

PO-21-02 PUITS D'OBSERVATION SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS

TH-21-02 THERMISTANCES

PF-12C CELLULE DE PRESSION

- ZONE DE TILL APRÈS PROFILAGE
- ZONE DE SILT / ARGILE APRÈS PROFILAGE
- ZONE DE REMBLAYAGE

CLIENT

Newmont ÉLÉONORE

CONSULTANT

AtkinsRéalis

Minéraux et Métaux

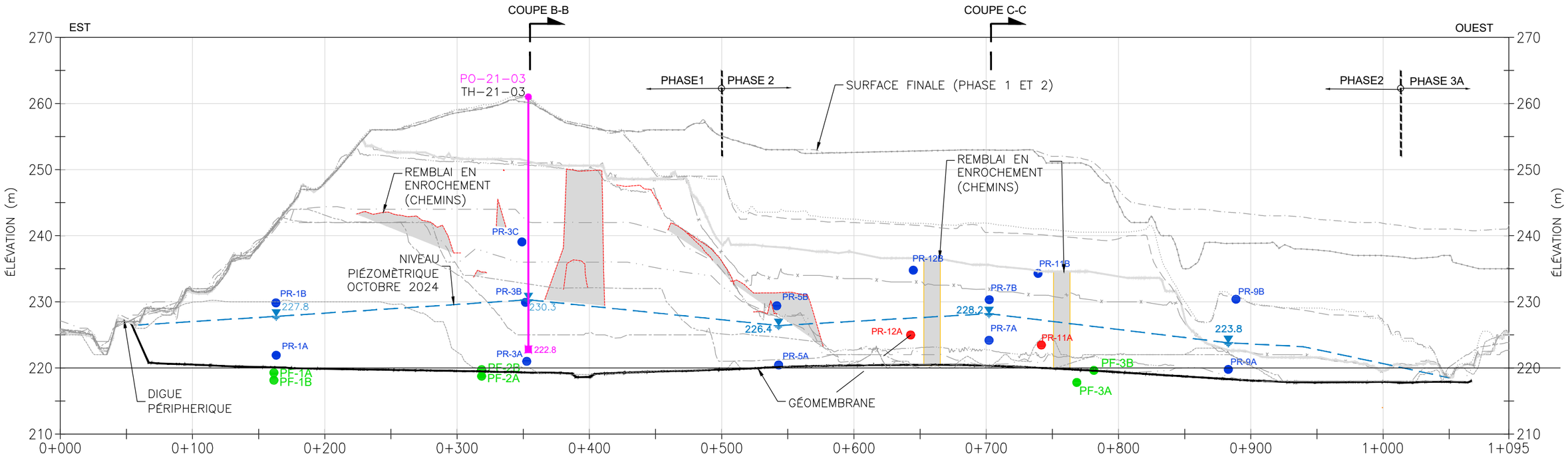
AtkinsRéalis
455, boul. René–Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ELEONORE

RAPPORT D'INSTRUMENTATION - OCTOBRE 2024

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-1	EPB

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\4G\Figures\Figure 1 AVEC FORAGES(04-11-2024).dwg



COUPE A-A

ÉCHELLE: H: 1:3000
V: 1:600

LÉGENDE:

- DRONE SEPT 2015
- DRONE SEPT. 2016
- DRONE AVRIL 2017
- DRONE SEPT 2017
- DRONE AVRIL 2018
- DRONE DEC. 2018
- DRONE JUIN. 2021
- DRONE SEPT. 2021
- DRONE OCT. 2019
- DRONE OCT. 2020
- DRONE OCT. 2023
- DRONE OCT. 2024

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION
- PM-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS OU À PROXIMITÉ DE LA MÈCHE DRAINANTE
- PO-X PIÉZOMÈTRE DE TYPE CASAGRANDE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS

CLIENT

Newmont ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE

RAPPORT D'INSTRUMENTATION - OCTOBRE 2024
COUPE A-A

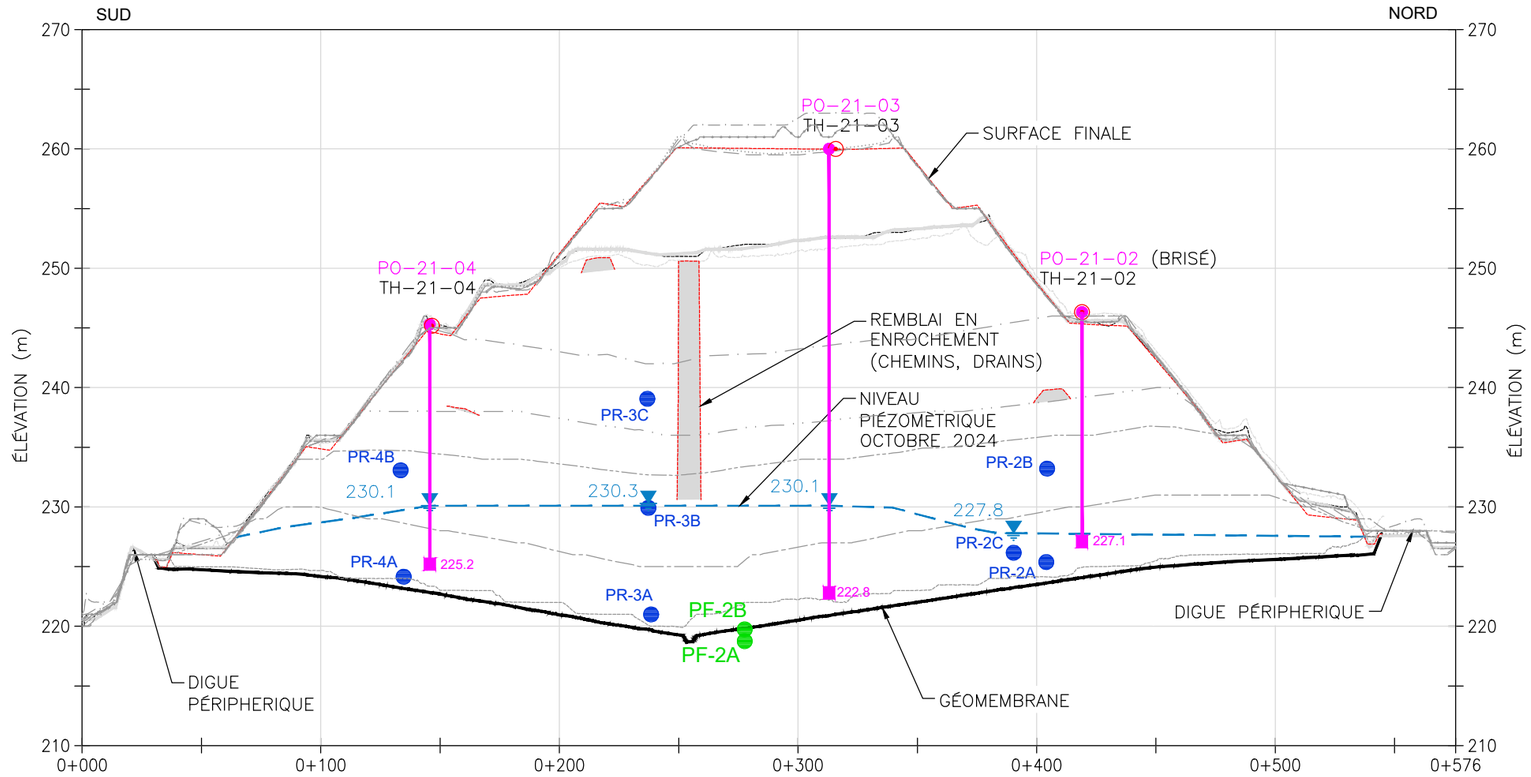
CONSULTANT

SNC·LAVALIN

Développement Minier Durable
Mines et Metallurgie
SNC LAVALIN INC.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-2	EPC

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\4G\Figures\FIGURE A-3_A-4_A-5_A-6 (03-11-2024) - INVESTIGATIONS.dwg



COUPE B-B (PHASE 1)

ÉCHELLE: H: 1:2500
V: 1:500

LÉGENDE:

- DRONE SEPT 2015
- DRONE SEPT. 2016
- DRONE AVRIL 2017
- DRONE SEPT 2017
- DRONE AVRIL 2018
- DRONE DEC. 2018
- DRONE JUIN. 2021
- DRONE SEPT. 2021
- DRONE OCT. 2019
- DRONE OCT. 2020
- DRONE OCT. 2023
- DRONE OCT. 2024

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION
- PM-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS OU À PROXIMITÉ DE LA MÈCHE DRAINANTE
- PO-21-02 — PUITS D'OBSERVATION SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- TH-21-02 — THERMISTANCES

CLIENT: Newmont ÉLÉONORE

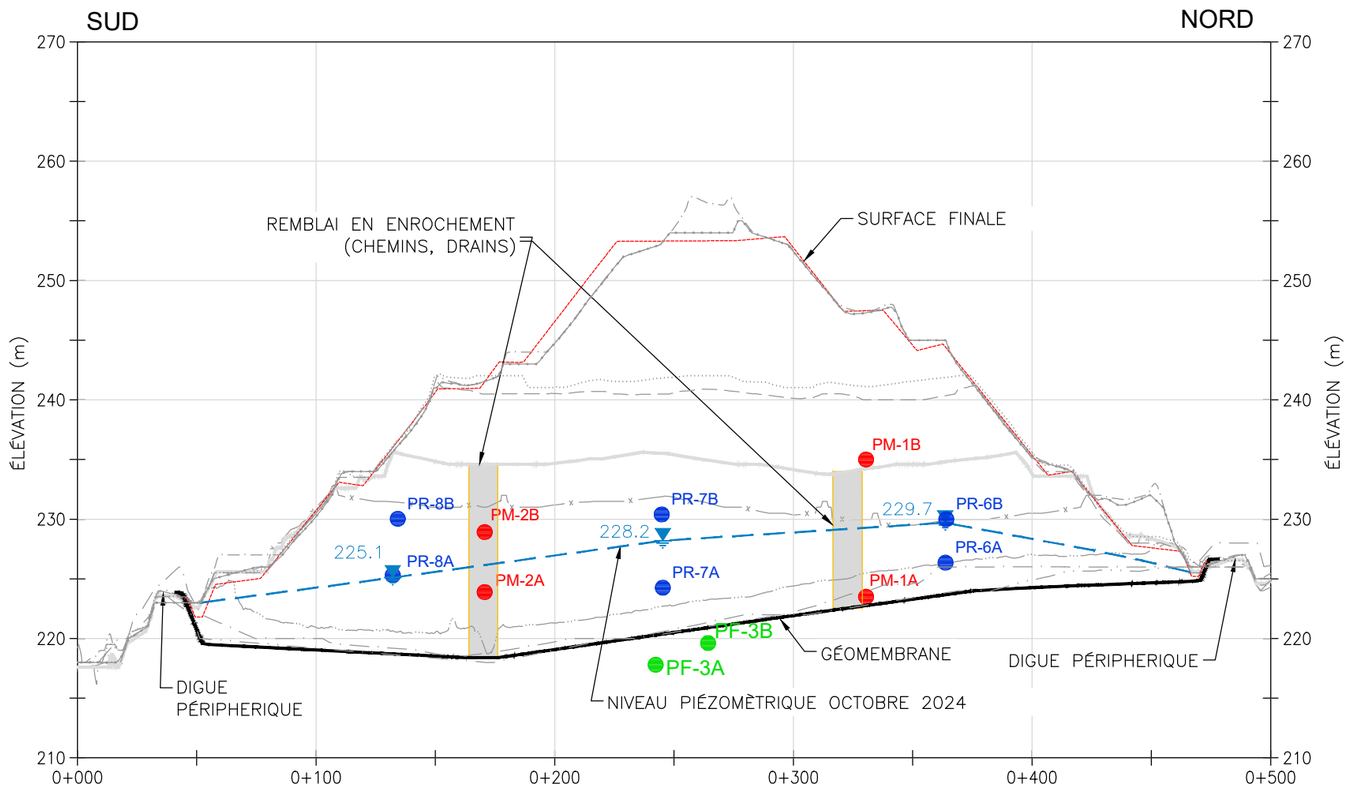
PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE

RAPPORT D'INSTRUMENTATION - OCTOBRE 2024
COUPE B-B

CONSULTANT: AtkinsRéalis — *Minéraux et Métaux*
AtkinsRéalis
455, boul. René–Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-3	EPC

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\4G\Figures\FIGURE A-3_A-4_A-5_A-6 (03-11-2024) - INVESTIGATIONS.dwg



COUPE C-C (PHASE 2)

ÉCHELLE: H: 1:2500
V: 1:500

LÉGENDE:

- DRONE SEPT 2015
- DRONE SEPT. 2016
- DRONE AVRIL 2017
- DRONE SEPT 2017
- DRONE AVRIL 2018
- DRONE DEC. 2018
- DRONE JUIN. 2021
- DRONE SEPT. 2021
- DRONE OCT. 2019
- DRONE OCT. 2020
- DRONE OCT. 2023
- DRONE OCT. 2024

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION
- PM-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS OU À PROXIMITÉ DE LA MÈCHE DRAINANTE

CLIENT

Newmont
ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE

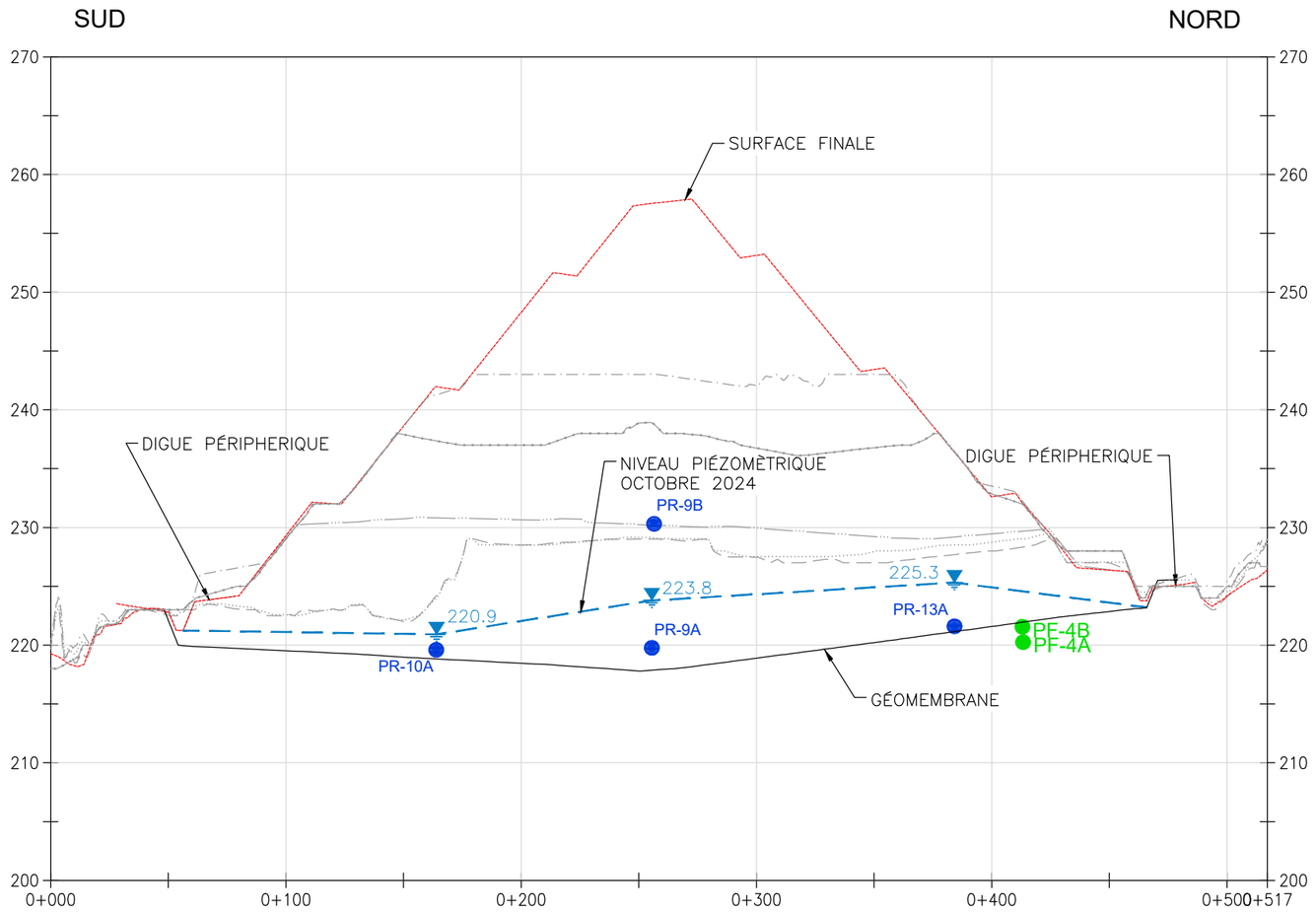
RAPPORT D'INSTRUMENTATION - OCTOBRE 2024
COUPE C-C

CONSULTANT

AtkinsRéalis
Minéraux et Métaux
AtkinsRéalis
455, boul. René–Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-4	EPC

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\4G\Figures\FIGURE A-3_A-4_A-5_A-6 (03-11-2024) - INVESTIGATIONS.dwg



COUPE D-D (PHASE 2)

ÉCHELLE: H: 1:2500
V: 1:500

LÉGENDE:

- DRONE SEPT 2015
- DRONE SEPT. 2016
- DRONE AVRIL 2017
- DRONE SEPT 2017
- DRONE AVRIL 2018
- DRONE DEC. 2018
- DRONE JUIN. 2021
- DRONE SEPT. 2021
- DRONE OCT. 2019
- DRONE OCT. 2020
- DRONE OCT. 2023
- DRONE OCT. 2024

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION
- PM-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS OU À PROXIMITÉ DE LA MÈCHE DRAINANTE

CLIENT

Newmont
ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE

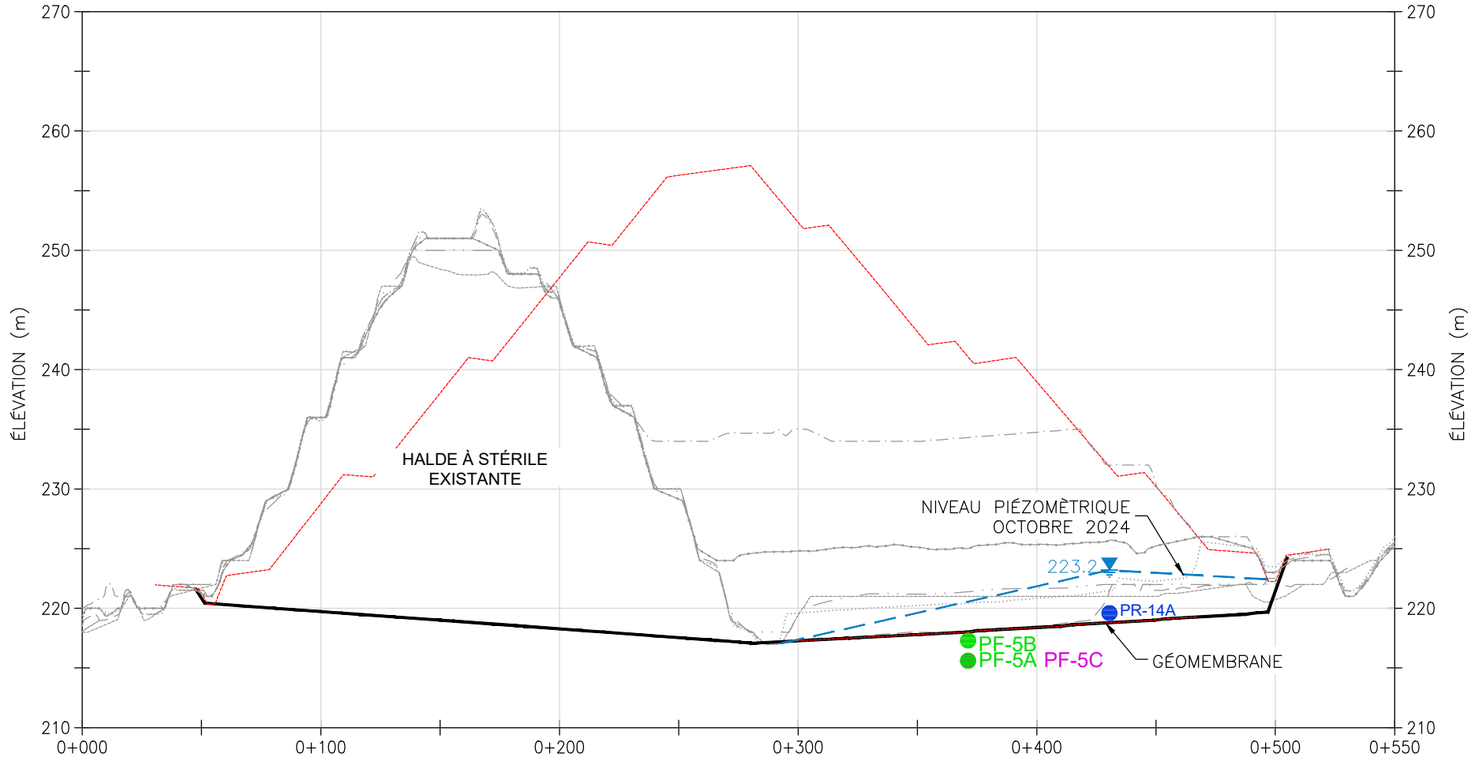
RAPPORT D'INSTRUMENTATION - OCTOBRE 2024
COUPE D-D

CONSULTANT

AtkinsRéalis
Minéraux et Métaux
AtkinsRéalis
455, boul. René–Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-5	EPC

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\4G\Figures\FIGURE A-3_A-4_A-5_A-6 (03-11-2024) - INVESTIGATIONS.dwg



COUPE E-E (PHASE 3A)

ÉCHELLE: H: 1:2500
V: 1:500

LÉGENDE:

- DRONE SEPT 2015
- DRONE SEPT. 2016
- DRONE AVRIL 2017
- DRONE SEPT 2017
- DRONE AVRIL 2018
- DRONE DEC. 2018
- DRONE JUIN. 2021
- DRONE SEPT. 2021
- DRONE OCT. 2019
- DRONE OCT. 2020
- DRONE OCT. 2023
- DRONE OCT. 2024

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION
- PM-X PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS OU À PROXIMITÉ DE LA MÈCHE DRAINANTE

CLIENT

Newmont ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE

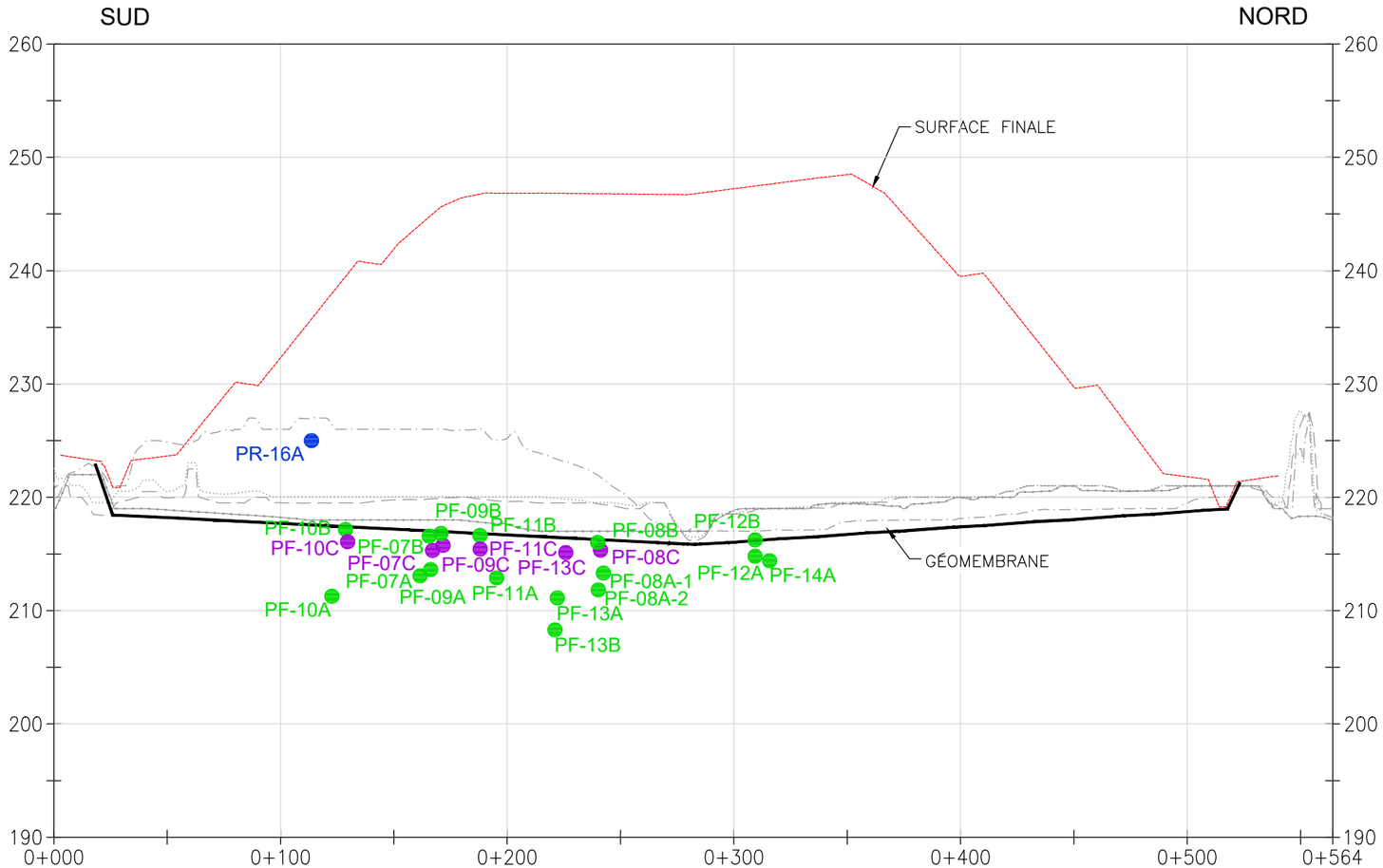
RAPPORT D'INSTRUMENTATION - OCTOBRE 2024
COUPE C-C

CONSULTANT

AtkinsRéalis
Minéraux et Métaux
AtkinsRéalis
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-6	EPC

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\4G\Figures\FIGURE A-3_A-4_A-5_A-6 (03-11-2024) - INVESTIGATIONS.dwg



COUPE F-F (PHASE 3B-4A)

ÉCHELLE: H: 1:3000
V: 1:600

LÉGENDE:

- DRONE SEPT 2015
- DRONE SEPT. 2016
- DRONE AVRIL 2017
- DRONE SEPT 2017
- DRONE AVRIL 2018
- DRONE DEC. 2018
- DRONE JUIN. 2021
- DRONE SEPT. 2021
- DRONE OCT. 2019
- DRONE OCT. 2020
- DRONE OCT. 2023
- DRONE OCT. 2024

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION
- PM-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS OU À PROXIMITÉ DE LA MÈCHE DRAINANTE
- PO-21-02 — PUITS D'OBSERVATION SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- TH-21-02 — THERMISTANCES

CLIENT: Newmont ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE
RAPPORT D'INSTRUMENTATION - OCTOBRE 2024
COUPE B-B

CONSULTANT: AtkinsRéalis
Minéraux et Métaux
AtkinsRéalis
455, boul. René–Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-7	EPC

\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\4G\Figures\FIGURE A-3_A-4_A-5_A-6 (03-11-2024) - INVESTIGATIONS.dwg

C-1 Rapports de référence pour l'évaluation des niveaux alertes pour les TARPs

C-1.2 Analyse de stabilité pour évaluation des niveaux critiques des piézomètres dans la pile de résidus (Phase 1 et 2)

Titre du document :

ANALYSES DE STABILITÉ POUR ÉVALUATION DES NIVEAUX CRITIQUES DES PIÉZOMÈTRES DANS LA PILE DE RÉSIDUS ET DES PRISMES SUR LA PILE DE RÉSIDUS

Client : **NEWMONT - MINE ÉLÉONORE**

Projet : **PROJET ÉLÉONORE**

Préparé par : Filip Djogo, ing., M.ing *(Section 3)*
#OIQ: 6032471

Amir Zamani, ing., M.Sc. *(Sections 1 à 5)*
#OIQ: 5021566

Révisé et Approuvé par : Philip Gomes, ing.
#OIQ: 5052664

LISTE DES RÉVISIONS APPORTÉES AU DOCUMENT

Révision					Pages Révisées	Remarques
#	Prép.	Rév.	App.	Date		
PB	HT/AZ	AZ	PSG	2020-02-24		Émis pour discussion avec le client
00	AZ	PSG	PSG	2020-04-17	Toutes	Version finale
01	FD/AZ	PSG	PSG	2024-11-14	Section 3 et Annexe E	Version finale

AVIS AU LECTEUR

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de SNC-Lavalin inc. (« SNC-Lavalin ») quant aux sujets qui y sont abordés. Son opinion a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Le document doit être interprété dans le contexte de la convention en date du 30 mars 2022 (la « Convention ») intervenue entre SNC-Lavalin et Newmont Corporation (le « Client »), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques utilisées, des hypothèses de SNC-Lavalin ainsi que des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document n'a pour raison d'être que l'objectif défini dans la Convention et est au seul usage du Client, dont les recours sont limités à ceux prévus dans la Convention. Il doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

En préparant ses estimations, le cas échéant, SNC-Lavalin a suivi une méthode et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent, et est d'opinion qu'il y a une forte probabilité que les valeurs réelles seront compatibles aux estimations. Cependant, l'exactitude de ces estimations ne peut être garantie. À moins d'indication contraire expresse, SNC-Lavalin n'a pas contrevérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont le Client, les autres consultants, laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipements, etc.) et sur lesquelles est fondée son opinion. SNC-Lavalin n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Dans toute la mesure permise par les lois applicables, SNC-Lavalin décline en outre toute responsabilité envers le Client et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) de tout ou partie du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION 1
1.1 Contexte 1
1.2 Objectifs 1
2.0 PIÉZOMÈTRES À CORDE VIBRANTE 2
2.1 Données de base, méthodologie, et critères utilisés 2
2.1.1 Données de base 2
2.1.2 Méthodologie et critères de stabilité 3
2.2 Résultats 4
2.2.1 Stabilité en condition actuelle (juin 2021) 4
2.2.2 Évaluation des niveaux critiques des piézomètres 6
2.2.3 Récapitulatif des niveaux critiques - Phase 1 et 2 7
3.0 DÉTERMINATION DES NIVEAUX D'ALERTE POUR LES PRISMES 8
3.1 Localisation des prismes 8
3.2 Méthodologie 8
4.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 10
5.0 RÉFÉRENCES 11

Liste de tableaux

Tableau 2-1 : Données de base 2
Tableau 2-2 : Paramètres mécaniques des matériaux 3
Tableau 2-3 : Facteurs de sécurité minimum requis en fonction du type d'analyse (stabilité actuelle et niveau critique) 4
Tableau 2-4 : Résultats des analyses de stabilité en condition actuelle (Juillet 2021) 5
Tableau 2-5 : Niveaux critiques – Résultats des analyses de stabilité 6
Tableau 2-6 : Récapitulatif des niveaux critiques d'eau - Piézomètres Phase 1 et 2 7
Tableau 3-1 : Niveaux d'alerte pour les prismes installés sur le PAR 8
Tableau 3-2 : Niveaux d'alerte des prismes installés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1 9

Liste des annexes

ANNEXE A : Vue en plan général et les coupes du PAR

ANNEXE B : Analyses de stabilité- Conditions actuelles (Juillet 2021)

ANNEXE C : Analyses de stabilité - Niveaux critiques FS=1,30 (Juillet 2021)

ANNEXE D : Analyses de stabilité - Niveaux critiques FS=1,50 (Juillet 2021)

ANNEXE E : Plan de localisation des prismes du PAR

1.0 INTRODUCTION

1.1 Contexte

De façon régulière, les relevés des piézomètres à corde vibrante répartis dans la pile de résidus déposés dans le cadre de l'implémentation des travaux rattachés à l'exploitation des phases 1 et 2 du Parc à Résidus (PAR) de la Mine Éléonore sont réalisés. Les pressions d'eau lues au niveau de chaque piézomètre sont comparées aux niveaux d'alerte définis en 2014 lors de la conception du PAR. Les pressions d'eau relevées au cours de l'inspection réalisée le 11 décembre 2018 étaient supérieures aux niveaux d'alertes définis pour les piézomètres PR-1A, PR-3A, PR-4A et PR-5A. Comme indiqué dans le rapport d'inspection statutaire de 2018 (rapport SLI no, 625664-1000-4GER-0003), les niveaux d'alerte établis en 2014 reposaient sur un facteur de sécurité trop élevé de 3,0. Ces anciens niveaux d'alerte ne correspondaient pas à la stabilité critique de la pile et de la digue et de ce fait, ne pouvaient plus être considérés comme tels.

Les mouvements mesurés par les prismes peuvent être influencés par la circulation de la machinerie, le cycle de gel-dégel, le fluage de la pile de résidus, un mauvais compactage des résidus, l'érosion de surface par le ruissellement de l'eau, de la pluie et de la fonte des neiges, les variations de la teneur en eau et des niveaux piézométriques, la consolidation de la fondation et des résidus miniers et le dynamitage, le tout pouvant mener au développement d'une rupture progressive dans les sols de fondation et/ou dans les résidus.

Cette note technique a pour principal objectif la réévaluation des niveaux critiques des différents piézomètres situés dans la pile de résidus lors de la construction de la phase 1 et 2 du PAR et de présenter la méthodologie pour déterminer les niveaux d'alerte des prismes installés dans la phase 1 et 2 du PAR.

1.2 Objectifs

Les principaux objectifs visés par cette note technique sont les suivants :

- Analyses de stabilité de la pile de résidus et de la digue d'amorce en condition actuelle (relevé au drone du 19 juin 2021) ;
- Analyses de stabilité pour fin de réévaluation des niveaux d'eau critiques dans les piézomètres installés dans la pile de résidus lors de la construction de la phase 1 du PAR ;
- Analyses de stabilité pour fin d'évaluation des niveaux d'eau critiques dans les piézomètres installés dans la pile de résidus lors de la construction de la phase 2 du PAR ;
- Mise à jour des différents niveaux critiques à considérer dans les piézomètres installés dans la pile de résidus ;
- Établir les niveaux d'alerte des prismes installés sur la pile de résidus de la phase 1 et 2.

2.0 PIÉZOMÈTRES À CORDE VIBRANTE

2.1 Données de base, méthodologie, et critères utilisés

2.1.1 Données de base

Les données de base utilisées dans le cadre de cette réévaluation de niveaux critiques concernent principalement l'emplacement des sections analysées, les niveaux d'eau dans les piézomètres le 26 juillet 2021, la stratigraphie du sol de fondation ainsi que les paramètres mécaniques des différents matériaux.

Les données de base afférentes à la topographie actuelle et finale de la pile de résidus, aux sections analysées, aux niveaux piézométriques ainsi que leurs sources sont récapitulées dans le **Tableau 2-1.**

Dans les différentes analyses de stabilité réalisées pour déterminer les niveaux critiques dans les piézomètres, le cas de rupture de la pile le plus critique considéré est celui du glissement sur la géomembrane. Ce qui en d'autres termes signifie que la fondation (couche d'argile et de till) du PAR a été supposée impénétrable.

Quant aux propriétés mécaniques des résidus miniers et de l'interface résidus miniers-géomembrane lisse, leur valeur de même que leur source sont présentées dans le **Tableau 2-2**.

Tableau 2-1 : Données de base

Données	Valeur	Source
Géométrie actuelle et finale de la pile de résidus	Relevés au drone de juin 2021 Conception finale pour phase 1 et conception en opération pour phase 2	Mine Éléonore
Sections types analysées	Coupe A-A est-ouest	Figures 4-1 et 4-2 du rapport d'inspection 625664-1000-4GER-0003
	Coupe B-B et C-C nord-sud	
Niveaux d'eau dans les piézomètres-PAR phase 1	Élévation eau PR1A : 227,4 m Élévation eau PR2A : 225,5 m Élévation eau PR3A : 229,1 m Élévation eau PR4A : 229,8 m	Lectures piézométriques effectuées à la date du 26 juillet 2021 dans le PAR de la mine Éléonore
Niveaux d'eau dans les piézomètres-PAR phase 2	Élévation eau PR5A : 226,0 m Élévation eau PR6A : 229,3 m Élévation eau PR7A : 226,5 m Élévation eau PR8A : 225,6 m	Lectures piézométriques effectuées à la date du 26 juillet 2021 dans le PAR de la mine Éléonore

Tableau 2-2 : Paramètres mécaniques des matériaux

Matériau	Poids volumique total (kN/m^3)	Angle de frottement (^{o})	Cohésion effective c'	Source
Résidus miniers	18	30	0	Hypothèses et données rapport SLI n^o 664660-1000-4 GER-0001-PB
Géomembrane lisse	0,1	15	0	Tableau 4-2 du rapport SLI n^o 507491-07-100-40ER-0005
Digue	21	38	0	--
Argile	16,5	Couche supposée impénétrable		
Till	22	Couche supposée impénétrable		
Roc	--	Couche impénétrable		

2.1.2 Méthodologie et critères de stabilité

Les différents niveaux critiques dans les piézomètres installés dans la pile de résidus ont été déterminés à partir d'analyses de stabilité pour un cas rupture par glissement sur la géomembrane lisse. La méthodologie utilisée consiste à évaluer pour différents niveaux de la pile de résidus, l'élévation critique de la nappe d'eau à l'intérieur de la pile donnant des facteurs de sécurité minimum de 1,30 et 1,50. Pour chaque section étudiée, les niveaux de résidus utilisés sont :

- Pour la phase 1, le niveau de 260 m, le niveau actuel de déposition à la date du 19 juin 2021 correspondant au niveau final de la pile de résidus;
- Pour la phase 2, de 240 m, le niveau actuel de déposition à la date du 19 juin 2021 et le niveau 254 m (niveau final de la pile).

Les niveaux critiques de chaque piézomètre dans la pile sont déterminés en projetant sa position initiale d'implantation sur la nappe d'eau critique obtenue en fonction du facteur de sécurité minimum visé. L'élévation obtenue représente le niveau d'eau critique dans le piézomètre à ne pas dépasser pour assurer la stabilité de la pile de résidus.

Pour le cas du front de déposition à l'intérieur du PAR, les analyses de stabilité ont été réalisées en tenant compte de la présence d'une berme de 50 m de long avec une épaisseur de 8 m.

Il faut noter que l'effet des zones drainantes en stérile minier n'est pas considéré dans les analyses de stabilité et la pile est considérée homogène en résidus miniers.

Les facteurs minimums requis quant à la stabilité actuelle de la pile de résidus ainsi que pour la réévaluation des niveaux critiques dans les piézomètres installés dans les résidus sont récapitulés dans le **Tableau 2-3**.

Tableau 2-3 : Facteurs de sécurité minimum requis en fonction du type d'analyse (stabilité actuelle et niveau critique)

Type d'analyse	Zone de la pile de résidus	Facteur de sécurité	
		Condition actuelle (Décembre 2018)	Niveau critique dans les piézomètres
Statique Rupture par glissement sur la géomembrane lisse	Est	1,50	1,30 et 1,50
	Ouest (Front de déposition intérieur)	1,30	1,30 et 1,50
	Nord	1,50	1,30 et 1,50
	Sud	1,50	1,30 et 1,50

2.2 Résultats

2.2.1 Stabilité en condition actuelle (juin 2021)

Les analyses de stabilité des pentes de la pile de résidus (nord, sud, est et ouest) suivant la géométrie relevée par drone le 19 juin 2021 ont été évaluées. Cette première analyse de stabilité en condition actuelle permet de valider si le niveau d'eau relevé dans les piézomètres PR1A à PR9A, PR11A et PR12A en juillet 2021 présente une situation critique ou pas. Le sommaire des résultats est présenté au **Tableau 2-4**. Les figures des différentes analyses de stabilité réalisées sont à l'**Annexe B**.

> *Piézomètre PR1A*

Situé dans la partie *est* du talus de la pile de résidus, l'analyse de stabilité réalisée avec un niveau d'eau de 227,4 m tel que relevé le 26 juillet 2021 donne un facteur de sécurité de 2,13 supérieurs au minimum requis de 1,50. Le niveau de l'eau relevé dans ce piézomètre en juillet 2021 ne présente donc pas une situation critique.

> *Piézomètre PR2A*

Le piézomètre PR2A est localisé dans le talus nord de la pile. Avec un niveau d'eau mesuré de 225,5 m, le facteur de sécurité du talus de la pile est de 233 et au-dessus du minimum requis. La stabilité de la pile dans ce secteur n'est donc pas critique.

> *Piézomètre PR3A*

Le piézomètre PR3A est situé à l'intérieur du PAR, loin des talus de la pile de résidus. En date du 26 juillet 2024, le niveau de l'eau dans ce piézomètre était de 229,1 m. Ce niveau d'eau est fortement lié au niveau de l'eau dans les

autres piézomètres étant donné que l'eau se draine du centre de la pile vers les talus. Le niveau des résidus au droit du piézomètre PR3A est à son élévation finale, mais le niveau de l'eau dans ce piézomètre n'est pas à son niveau critique comme démontré par les analyses de stabilité.

> *Piézomètres PR5A, PR7A, PR11A et PR12A*

Les piézomètres PR5A, PR7A, PR11A et PR12A sont situés à l'intérieur du PAR, loin des talus de la pile de résidus. En date du 26 juillet 2021, les niveaux d'eau dans ces piézomètres étaient respectivement de 226 m, 226,5 m, 225,3 m et 225,5 m. Comme pour le piézomètre PR3A, les niveaux d'eau dans ces piézomètres sont eux- aussi reliés à ceux des piézomètres situés dans les talus de la pile (PR1A, PR2A, PR4A et PR9A). Les niveaux d'eau dans les piézomètres PR5A, PR7A, PR11A et PR12A n'étant pas à leur élévation critique comme démontré par les analyses de stabilité, ces piézomètres ne sont pas à leurs niveaux critiques.

> *Piézomètre PR4A*

Avec un niveau d'eau dans le piézomètre PR4A de 229,8 m en date du 26 juillet 2021, la stabilité de la pile au sud n'est pas compromise, car le facteur de sécurité est de 1,81 supérieur au minimum requis de 1,50. Le niveau de l'eau dans ce piézomètre n'est pas critique et ne compromet pas la stabilité du secteur sud de la pile.

> *Piézomètre PR6A*

Le piézomètre PR6A est localisé dans le talus nord de la pile. Avec un niveau d'eau mesuré de 229,3 m, le facteur de sécurité du talus de la pile est de 1,69 et au-dessus du minimum requis. La stabilité de la pile dans ce secteur n'est donc pas critique.

> *Piézomètre PR8A*

Situé dans la partie sud du talus de la pile de résidus, l'analyse de stabilité réalisée avec un niveau d'eau de 225,6 m tel que relevé le 26 juillet 2021 donne un facteur de sécurité de 1,68 supérieur au minimum requis de 1,50. Le niveau de l'eau relevé dans ce piézomètre en juillet 2021 ne présente donc pas une situation critique.

> *Piézomètre PR9A*

Situé dans la berme en résidus au pied du front de déposition à l'intérieur du PAR (ouest), le niveau d'eau mesuré le 26 juillet 2021 donne un facteur de sécurité de 2,97. Ce facteur de sécurité est supérieur au minimum requis de 1,30 en phase de construction de la pile

Tableau 2-4 : Résultats des analyses de stabilité en condition actuelle (Juillet 2021)

Secteur	Rupture par glissement sur géomembrane		
	FS obtenu	FS requis	Figures (Annexe B)
Est	2,13	1,50	B-1
Ouest (Front de déposition intérieur)	2,97	1,30	B-2
Nord	2,33	1,50	B-4
Sud	1,79	1,50	B-5

Secteur	Rupture par glissement sur géomembrane		
	FS obtenu	FS requis	Figures (Annexe B)
Nord	1,69	1,50	B-6
Sud	1,68	1,50	B-7

2.2.2 Évaluation des niveaux critiques des piézomètres

Dans la présente note technique, il est défini comme niveau critique, le niveau de l'eau dans les piézomètres installés dans les résidus, pour lequel la stabilité des pentes donne un facteur de sécurité inférieur ou égal au minimum requis.

Les différents niveaux critiques dans les piézomètres installés dans la pile de résidus ont été définis en jouant sur la nappe d'eau à l'intérieur des résidus de manière à obtenir le facteur de sécurité minimum. Les différentes analyses de stabilité réalisées pour la détermination des niveaux critiques de l'eau dans les résidus pour un facteur de sécurité minimum de 1,30 et de 1,50 sont respectivement montrées à l'**Annexe C** et à l'**Annexe D**.

Le sommaire des résultats est présenté au **Tableau 2-5**. En considérant le niveau de l'eau critique dans les piézomètres, le ratio de la hauteur d'eau sur l'épaisseur de résidus pour chaque piézomètre est défini.

Tableau 2-5 : Niveaux critiques – Résultats des analyses de stabilité

Piézomètres	Él. Résidus (m)	Él. Piézo (m)	Épai. Résidus (m)	FS=1,3			FS=1,5		
				Él. d'eau (m)	Hauteur d'eau (m)	Ratio	Él. d'eau (m)	Hauteur d'eau (m)	Ratio
PR1A	260.00	227,40	32,60	239,07	11,67	0,36	236,25	8,85	0,27
PR2A	260,00	225,50	34,50	247,00	21,50	0,62	243,72	18,22	0,53
PR3A	260,00	229,10	30,90	251,34	22,24	0,72	246,40	17,30	0,56
PR4A	260,00	229,80	30,20	239,00	9,20	0,30	238,00	8,20	0,27
PR5A	260,00	226,00	34,00	238,21	12,21	0,36	240,39	14,39	0,42
PR6A	260,30	229,30	30,70	238,00	8,70	0,28	234,00	4,70	0,54
PR7A	260,00	226,50	33,50	240,00	13,50	0,40	233,00	5,50	0,19
PR8A	260,00	225,60	34,40	231,00	5,40	0,16	229,00	3,40	0,10
Ratio = Hauteur d'eau / Épaisseur résidus									

2.2.3 Récapitulatif des niveaux critiques - Phase 1 et 2

Le **Tableau 2-6** est un récapitulatif des différents niveaux d'eau dans les piézomètres installés lors de la phase 1 et 2 ainsi que les situations correspondantes.

Tableau 2-6 : Récapitulatif des niveaux critiques d'eau - Piézomètres Phase 1 et 2

Piézomètre	État de la situation	Description
PR1, PR2, PR3, PR4, PR5, PR6 PR7, PR8, PR9, PR10, PR11, PR12, PR13	Opération normale	Situation stable Niveau attendu pour les conditions normales (FS ≥ 1,5).
	Condition inhabituelle (Niveau 1)	Inquiétude à l'endroit d'une station (1,5 > FS > 1,3).
	Alerte (Niveau 2)	Danger potentiel (FS ≤ 1,3) Niveau pour lequel il peut y avoir une menace sur l'intégrité des digues.
	Crise (Niveau 3)	

3.0 DÉTERMINATION DES NIVEAUX D'ALERTE POUR LES PRISMES

3.1 Localisation des prismes

Les prismes 108 à 111, et 113 à 116 sont situés dans la phase 1 du PAR, le prisme 112 est situé dans la phase 2 du PAR, et les prismes 202 à 205 sont situés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1.

À titre de rappel, les prismes 100 et 107 (tiges de 0,6 m de longueur) qui ont été installés en 2018 sont inactifs et ont été remplacés en 2021 par les prismes 108 à 111, et 113 à 116 (tiges de 4 m de longueur) pour avoir des lectures de déplacement plus fiables.

La localisation des prismes est montrée à l'**Annexe E**.

3.2 Méthodologie

Les niveaux d'alerte des résidus ont été déterminés selon la déformation maximale acceptable obtenue à l'aide des essais de cisaillement simples monotones et des essais triaxiaux issus de la campagne d'essai de laboratoire spécialisé de l'Université de Sherbrooke sur les résidus (SLI, 2021). Sur la base des résultats de laboratoire, un critère de déformation acceptable maximum de 1 % de l'épaisseur des résidus a été choisi.

Les **Tableau 3-1** et **Tableau 3-2** présentent respectivement les niveaux d'alerte pour les prismes installés sur le PAR et sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1.

Tableau 3-1 : Niveaux d'alerte pour les prismes installés sur le PAR

Localisation	**Résidus - Phase 1**				**Résidus - Phase 2**	**Résidus - Phase 1**			
Critères	**Station 108**	**Station 109**	**Station 110**	**Station 111**	**Station 112**	**Station 113**	**Station 114**	**Station 115**	**Station 116**
	Déformations								
Ɛ < 0,25 % Opération normale (activité de routine) (mm)	**<75**	**<50**	**<75**	**<50**	**<75**	**<75**	**<50**	**<75**	**<50**
Ɛ > 0,5 % Condition inhabituelle (Niveau 1) (mm)	**>150**	**>100**	**>150**	**>100**	**>150**	**>150**	**>100**	**>150**	**>100**
0,5 % < Ɛ < 1,0 % Alerte (Niveau 2) (mm)	**> 150 & < 300**	**> 100 & < 200**	**> 150 & < 300**	**> 100 & < 200**	**> 150 & < 300**	**> 150 & < 300**	**> 100 & < 200**	**> 150 & < 300**	**> 100 & < 200**
Ɛ > 1,0 % Crise (Niveau 3) (mm)	**>300**	**>200**	**>300**	**>200**	**>300**	**>300**	**>200**	**>300**	**>200**
Épaisseur finale approximative des résidus (m)	30	20	30	23	30	30	20	30	22

Les niveaux d'alerte pour les prismes installés sur la pente du 1er palier (108, 110, 112, 113 et 115) sont basés sur l'épaisseur totale des résidus afin d'évaluer les ruptures potentiellement globales qui affecteront le pied de la pile au droit du prisme. Quant aux prismes installés sur le 2ème palier (109, 111, 114 et 116), les niveaux d'alerte sont basés sur l'épaisseur des résidus en amont de la localisation des prismes pour évaluer le potentiel de ruptures locales.

Quant aux niveaux d'alerte pour les prismes installés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes, ils sont basés sur une hauteur de digue de 7 m. À noter que la digue est composée d'enrochements 0-600 mm et non de résidus, mais il a été jugé conservateur d'utiliser le même critère de déformation que les résidus considérant les pentes raides 1,2H à 1,3H de la digue.

Tableau 3-2 : Niveaux d'alerte des prismes installés sur la digue de l'aire d'entreposage de tourbes de la phase 1

Localisation	**Aire d'entreposage de tourbes de la phase 1**			
Critères	**Station 202**	**Station 203**	**Station 204**	**Station 205**
	Déformations			
Ɛ < 0,25 % Opération normale (activité de routine) (mm)	**< 18**			
Ɛ > 0,5 % Condition inhabituelle (Niveau 1) (mm)	**>35**			
0,5 % < Ɛ < 1,0 % Alerte (Niveau 2) (mm)	**< 70; > 35**			
Ɛ > 1,0 % Crise (Niveau 3) (mm)	**>70**			
Hauteur de la digue (m)	7,0	7,0	7,0	7,0

4.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

> *Stabilité des pentes de la pile en conditions actuelles (juillet 2021)*

Selon les conditions existantes, la stabilité des pentes de la pile de résidus des différents secteurs est assurée. Quant au front de déposition à l'intérieur du PAR, la recommandation selon laquelle, une berme de 50 m de longueur et 8 m d'épaisseur reste d'actualité et doit être respectée pendant la toute phase d'exploitation du PAR.

> *Niveaux critiques dans les piézomètres installés dans la pile de résidus — Élévation de la pile en juillet 2021*

Les niveaux critiques dans les piézomètres installés dans la pile de résidus définis pour le mois de juillet 2021 restent bien supérieurs à ceux indiqués sur les figures C-9 à C-13 du rapport d'inspection de 2018 du PAR (tableau 3-4). Les niveaux critiques définis dans la présente note technique remplacent ceux de décembre 2018.

> *Niveaux critiques dans les piézomètres installés dans la pile de résidus-Niveau final Phase 1 et 2*

Les différents niveaux critiques dans les piézomètres définis en fonction de l'épaisseur ont été calculés. Le fichier de calcul de niveau d'alerte fourni par SNC-Lavalin à Newmont basé sur les analyses de stabilité présentées dans cette note technique peut être utilisé pour déterminer, en fonction de l'épaisseur de résidus déposée sur le piézomètre, le niveau critique afférent.

> *Niveaux critiques des prismes installés sur la pile de résidus et sur la digue de l'aire d'entreposage*

Les niveaux d'alerte ont été déterminés selon les épaisseurs des résidus et des matériaux de remblai de la digue suivant la méthodologie définie à la section 3.

5.0 RÉFÉRENCES

SNC-Lavalin (SLI), 2014. Analyses de stabilité pour la première phase de construction et d'exploitation du parc à résidus - Projet Éléonore. Rapport nº 507491-07-100-40ER-0005. Juin 2014.

SNC-Lavalin (SLI), 2019. Rapport d'inspection statutaire du parc à résidus – Année 2018, mine Éléonore. Rapport 625664-1000 - 4GER-0003-00. Février 2019.

SNC Lavalin (SLI), 2021. Rapport factuel de l'investigation géotechnique 2021 dans les résidus du PAR de la Mine Éléonore, 625664-8400-4GER-0001-00, Québec, Canada, mai 2024.

Annexe A
Vue en plan général et les coupes du PAR

T:\proj\664660 Goldcorp Eleonore_Phase 3 Parc résidus\40_DD_DESSINS\Work Files\MM\instrumentation\Figure 1 et 2 (17-06-2020).dwg

PHASE 4 PHASE 3B
PHASE 3B PHASE 3A
PHASE 3A PHASE 2
PHASE 2 PHASE 1
CONTOUR DE SURFACE FINALE (GÉOMEMBRANE)
PHASE 3B
PHASE 3A
PHASE 2
PHASE 1
FOSSÉ DE TRANSFERT EXISTANT
HALDE À STÉRILES EXISTANTE
PR-14A PR-14B
PF-5A; PF-5B
PF-4A PF-4B
PR-13A PR-13B
PR-9A
PR-10A PR-10B
PF-3B PM-3A PR-7A PR-7B PF-3A PR-11A PR-12A PM-4A
PM-1B PM-1A
PR-6A
PR-2A PR-2B
PM-2A PM-2B
PR-8B PR-8A
PR-5B PR-5A
PR-3A PR-3B PR-3C
PR-4A PR-4B
PF-1A PF-1B
PR-1A PR-1B
PF-2A PF-2B
A B C D
1 : 5 000
50 0 50 100 150 200m

LÉGENDE:

EXISTANT		NOUVEAUX	
PR-X	PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS	PR-X	PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
PF-X	PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION (A : ARGILE ET B : SABLE)	PF-X	PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION (A : ARGILE ET B : SABLE)
PM-X	PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA MÈCHE DRAINANTE	PM-X	PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA MÈCHE DRAINANTE

CLIENT
Newmont ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ELEONORE

PIÉZOMÈTRES POUR LES PHASES 1, 2 ET 3

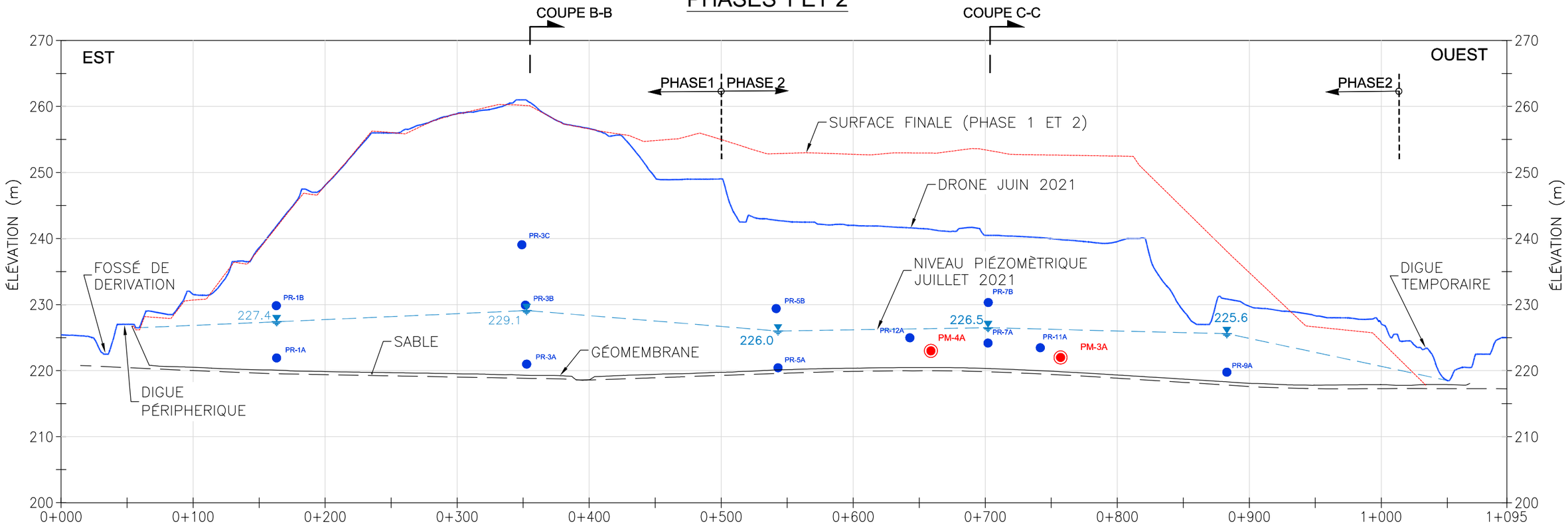
CONSULTANT
SNC·LAVALIN

Développement Minier Durable
Mines et Metallurgie
SNC LAVALIN INC.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-1	EPB

C:\Users\MUVIM\Desktop\ELEONORE MIRELLE\stratigraphi\Figure A-3 a A-5 SANS STRATIGRAPHI (13-10-2021).dwg

PHASES 1 ET 2



COUPE A-A

ÉCHELLE: H: 1:3000
V: 1:600

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION (A : ARGILE ET B : SABLE)
- PM-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA MÈCHE DRAINANTE

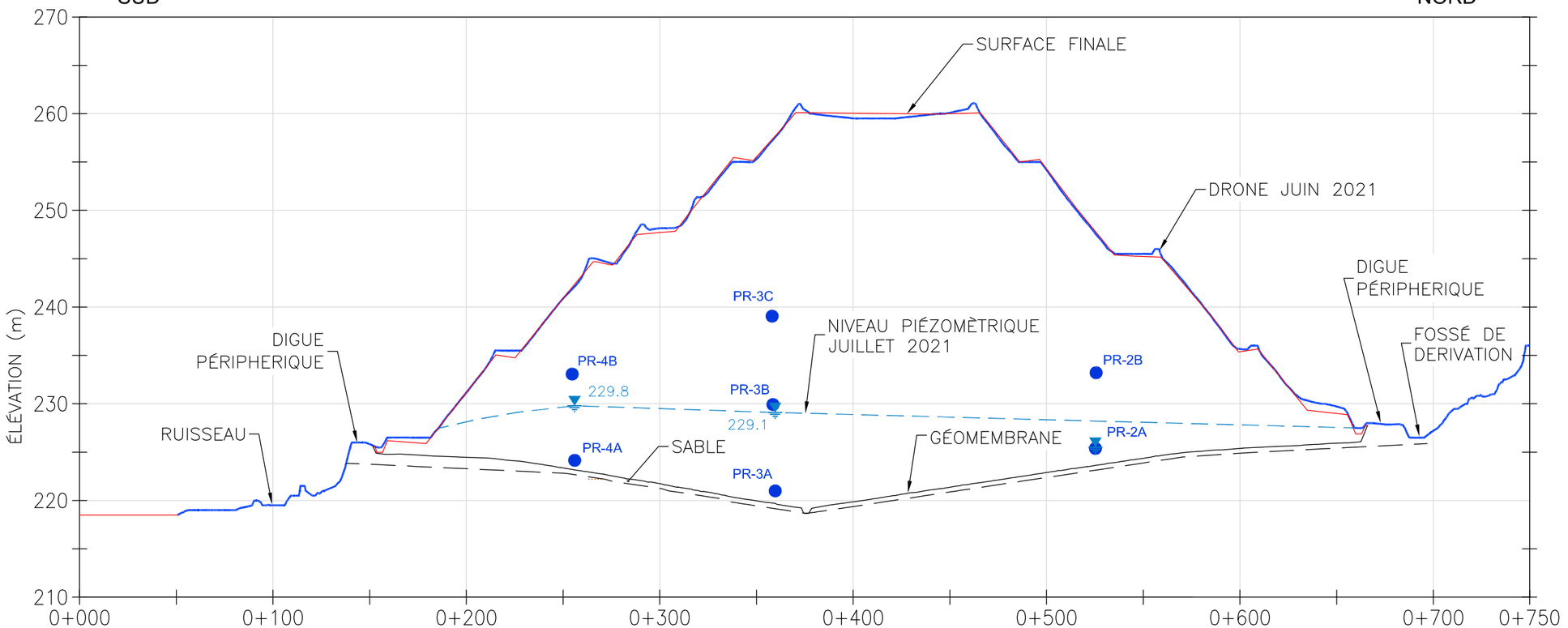
CLIENT: Newmont ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE
PROGRAMME D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE 2021
ET STRATIGRAPHIE
COUPE A-A

CONSULTANT
SNC·LAVALIN
Développement Minier Durable
Mines et Metallurgie
SNC LAVALIN INC.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-3	EPB

PHASE 1



COUPE B-B

ÉCHELLE: H: 1:2500
V: 1:500

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION (A : ARGILE ET B : SABLE)
- PM-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA MÈCHE DRAINANTE

CLIENT: Newmont ÉLÉONORE

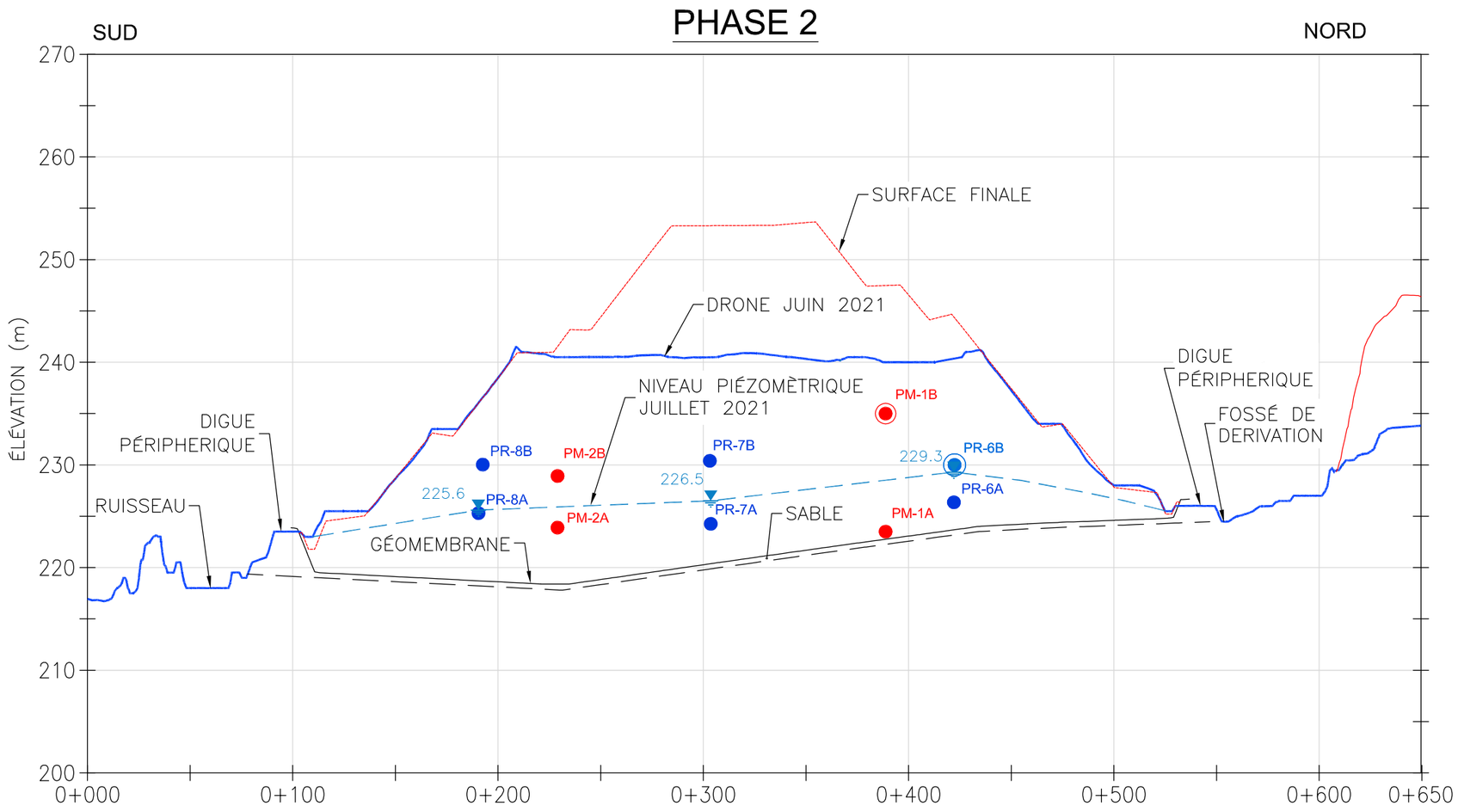
PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE
PROGRAMME D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE 2021
COUPE B-B

CONSULTANT
SNC·LAVALIN
Développement Minier Durable
Mines et Metallurgie
SNC LAVALIN INC.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-4	EPB

C:\Users\MUVIM\Desktop\ELEONORE MIKELLE\stratigraphi\Figure A-3 a A-5 SANS STRATIGRAPHI (13-10-2021).dwg

PHASE 2



COUPE C-C

ÉCHELLE: H: 1:2500
V: 1:500

LÉGENDE:

EXISTANT

- PR-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA PILE DE RÉSIDUS
- PF-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA FONDATION (A : ARGILE ET B : SABLE)
- PM-X — PIÉZOMÈTRE SITUÉ DANS LA MÈCHE DRAINANTE

CLIENT: Newmont ÉLÉONORE

PARC À RÉSIDUS MINIERS - PROJET ÉLÉONORE
PROGRAMME D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE 2021
COUPE C-C

CONSULTANT: SNC·LAVALIN

Développement Minier Durable
Mines et Metallurgie
SNC LAVALIN INC.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

ÉCHELLE	NUMÉRO	RÉV.
TELLE QU'INDIQUÉE	Figure A-5	EPB

C:\Users\MUVIM\Desktop\ELEONORE MIKELLE\stratigraphi\Figure A-5 a A-5 SANS STRATIGRAPHI (13-10-2021).dwg

Annexe B
Analyses de stabilité
Conditions actuelles
(Juillet 2021)

Figure B-1 : Niveau de résidus (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Est- Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-2 : Niveau de résidus (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Ouest- Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-3 : Niveau de résidus - Phase 1 (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Est- Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-4 : Niveau de résidus - Phase 1 (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-5 : Niveau de résidus - Phase 1 (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-6 : Niveau de résidus État existant - Phase 2 - Étape 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-7 : Niveau de résidus État existant - Phase 2 -Étape 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Sud - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-8 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-9: Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-10 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Sud - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Figure B-11: Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Sud - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

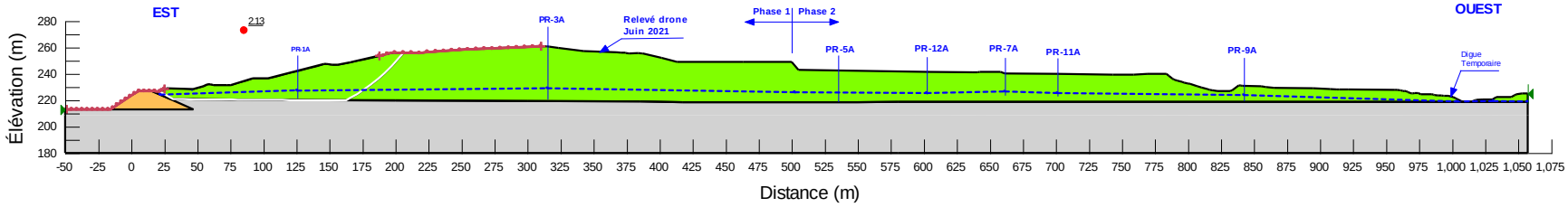


Figure B-1 : Niveau de résidus (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Est- Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

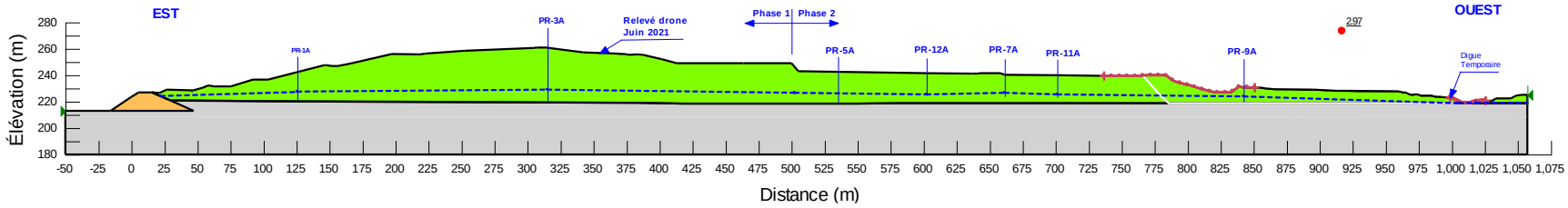


Figure B-2 : Niveau de résidus (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Ouest- Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

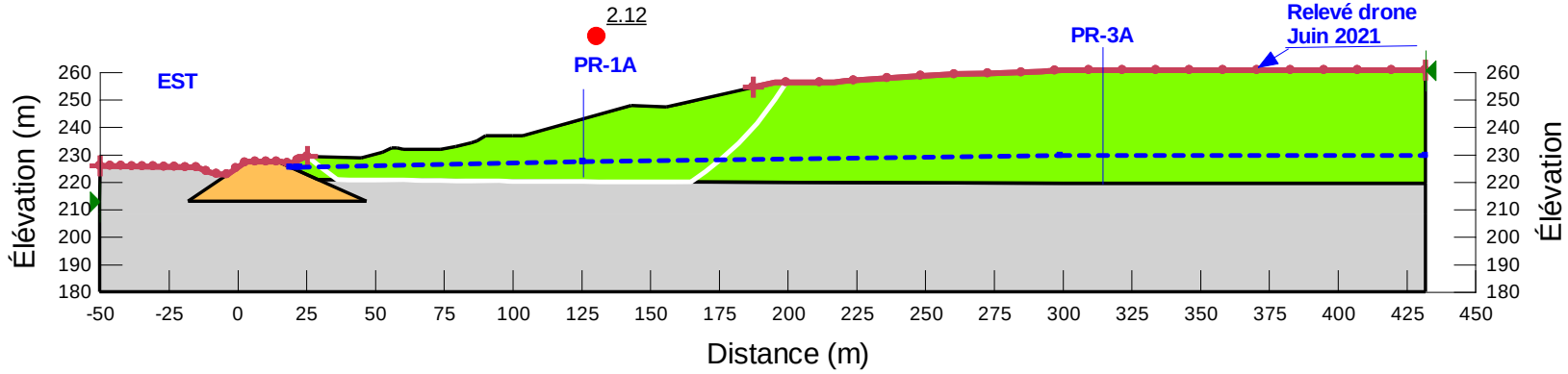


Figure B-3 : Niveau de résidus - Phase 1 (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Est- Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

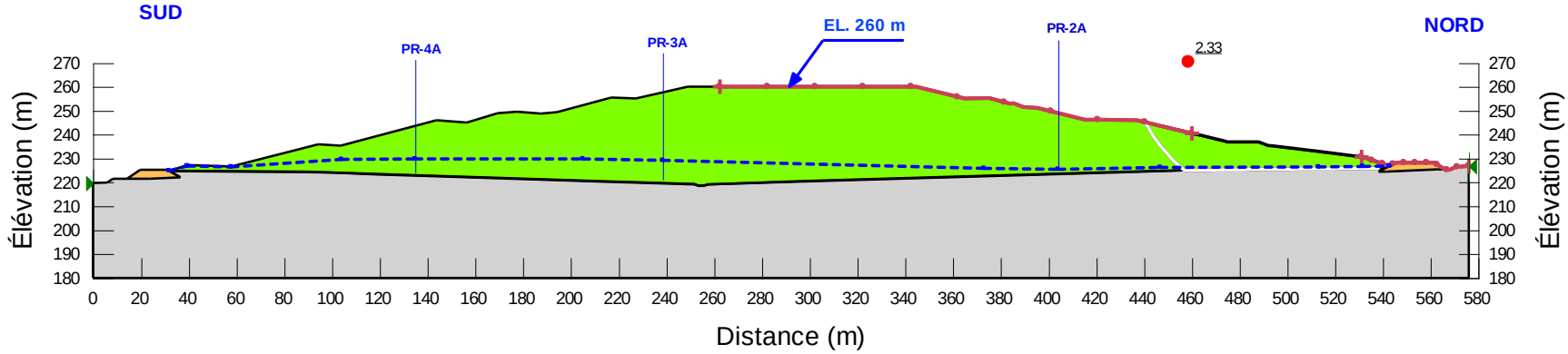


Figure B-4 : Niveau de résidus - Phase 1 (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

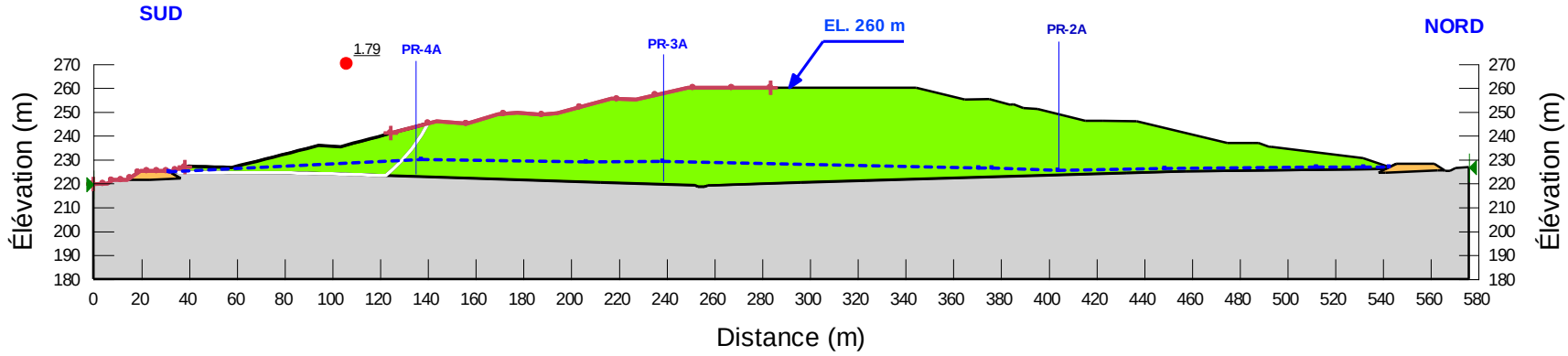


Figure B-5 : Niveau de résidus - Phase 1 (État existant) - Glissement sur géomembrane - Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

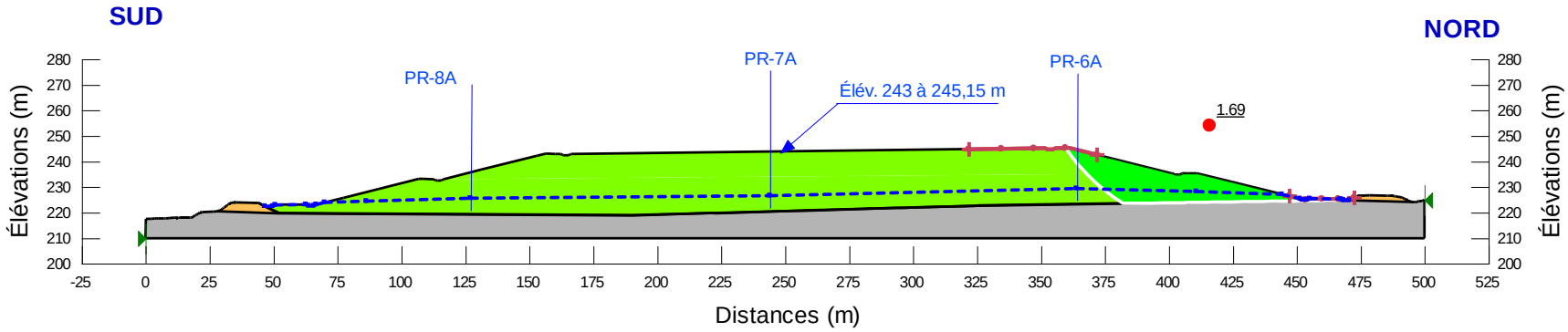


Figure B-6 : Niveau de résidus État existant - Phase 2 - Étape 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

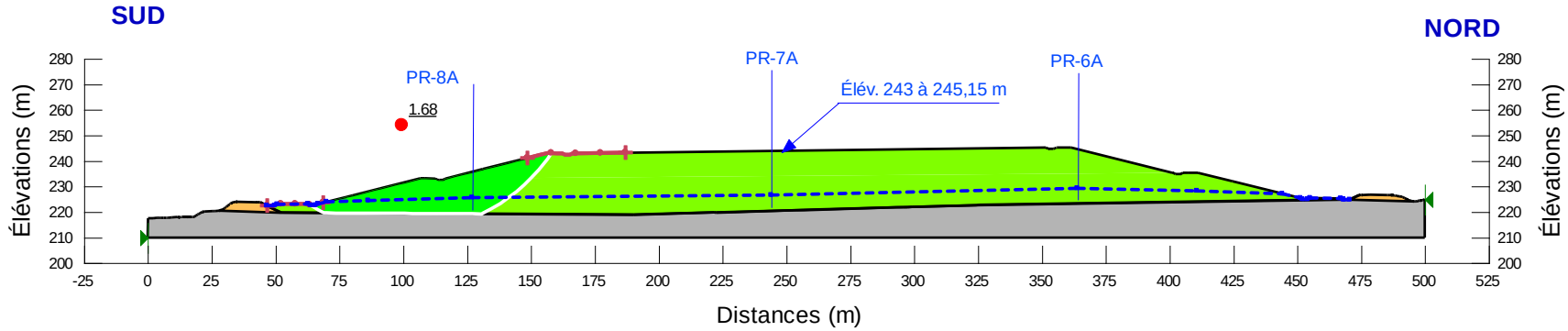


Figure B-7 : Niveau de résidus État existant - Phase 2 -Étape 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

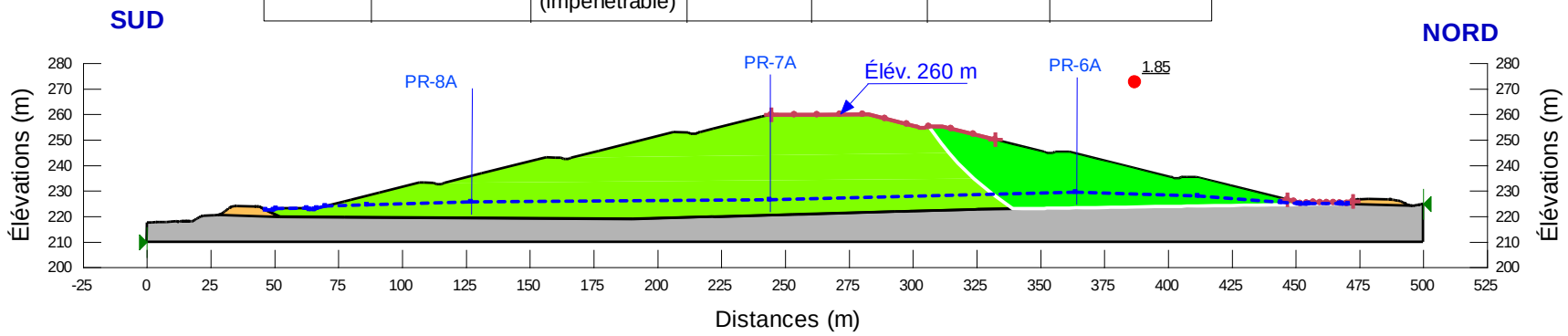


Figure B-8 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

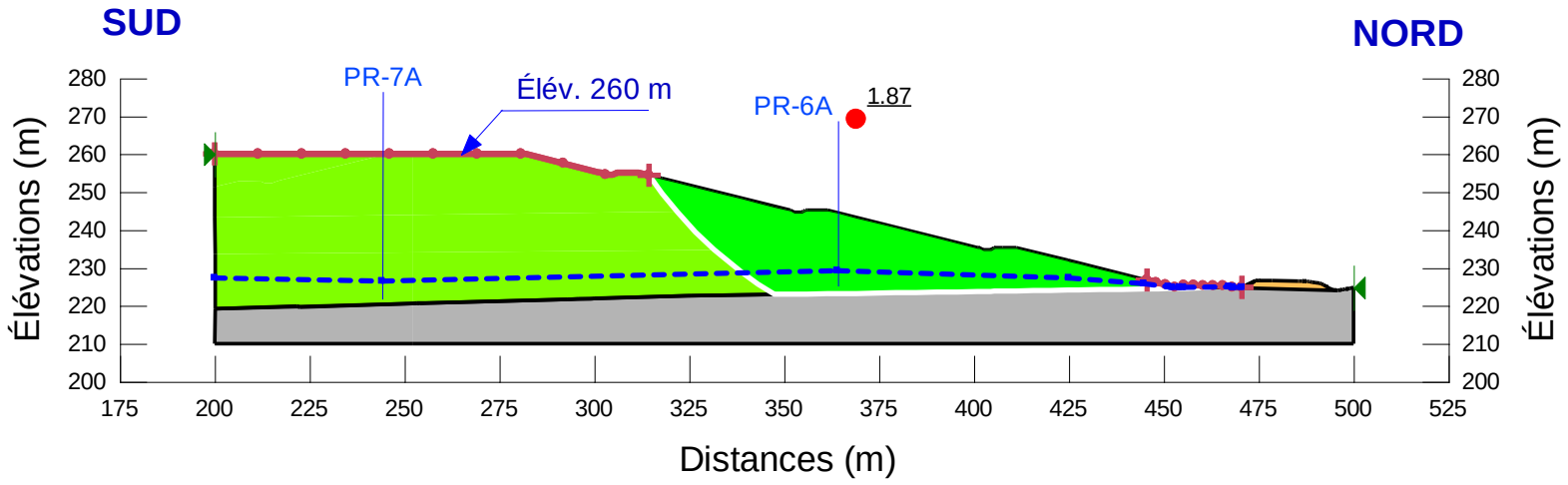


Figure B-9: Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

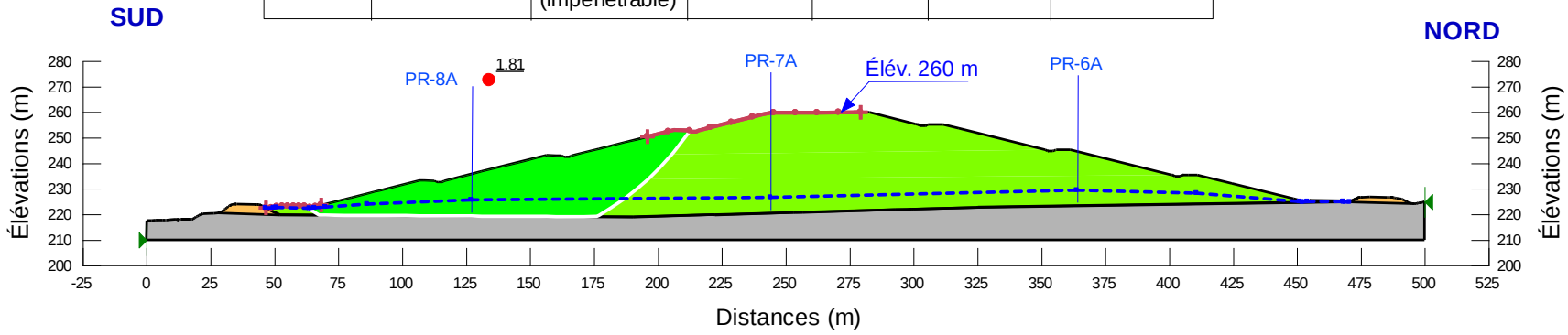


Figure B-10 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				1
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

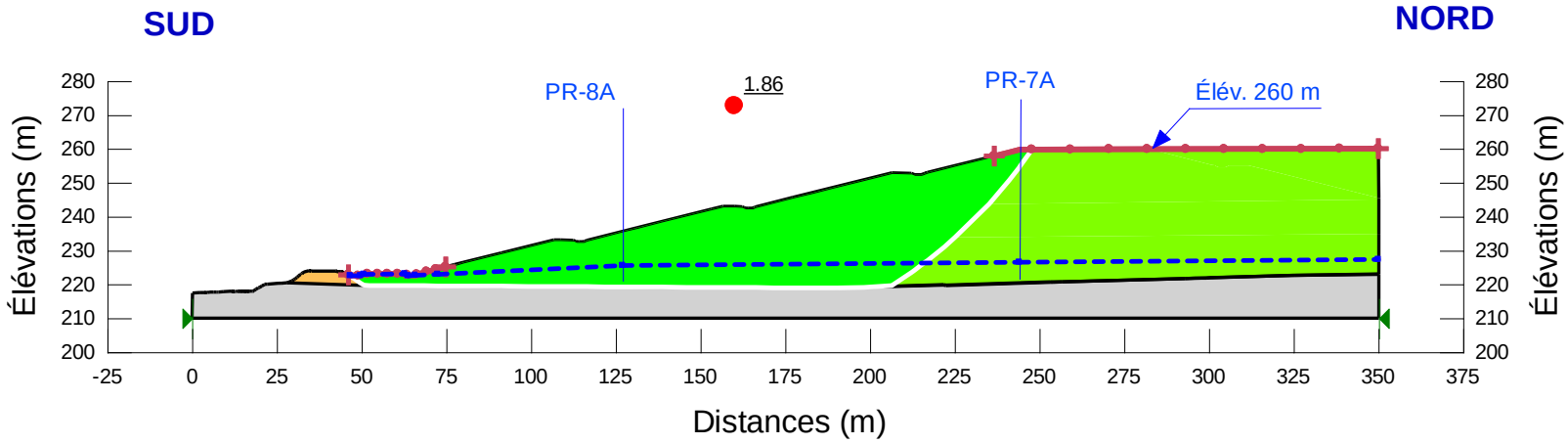


Figure B-11: Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau de la nappe mesurée 26 juillet 2021

Annexe C
Analyses de stabilité
Niveaux critiques FS=1,30
(Décembre 2018)

Figure C-1 : Niveau de résidus Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,3.

Figure C-2 : Niveau de résidus Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,3.

Figure C-3 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 1 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Figure C-4 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 1 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Figure C-5 : Niveau de résidus Étape 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Figure C-6 : Niveau de résidus Étape 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Figure C-7 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Figure C-8 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Figure C-9 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Figure C-10 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

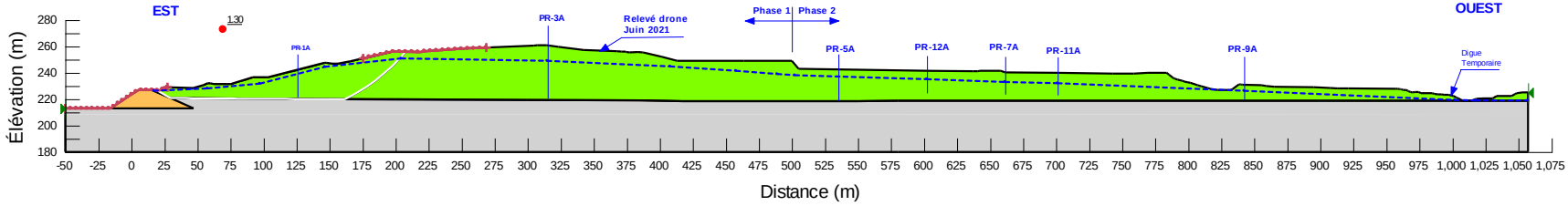


Figure C-1 : Niveau de résidus Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

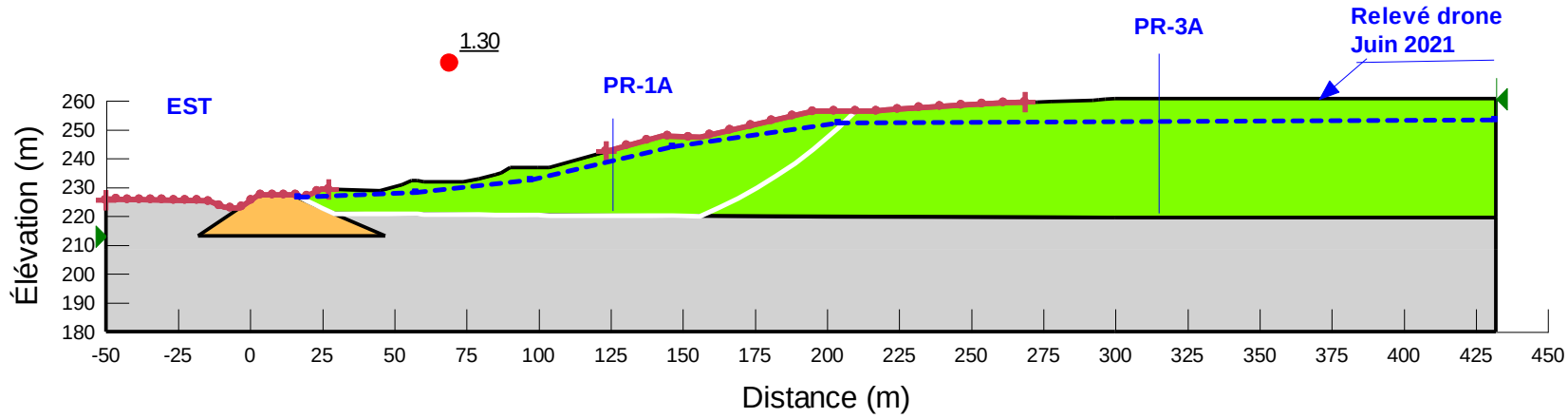


Figure C-2 : Niveau de résidus - Phase 1 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

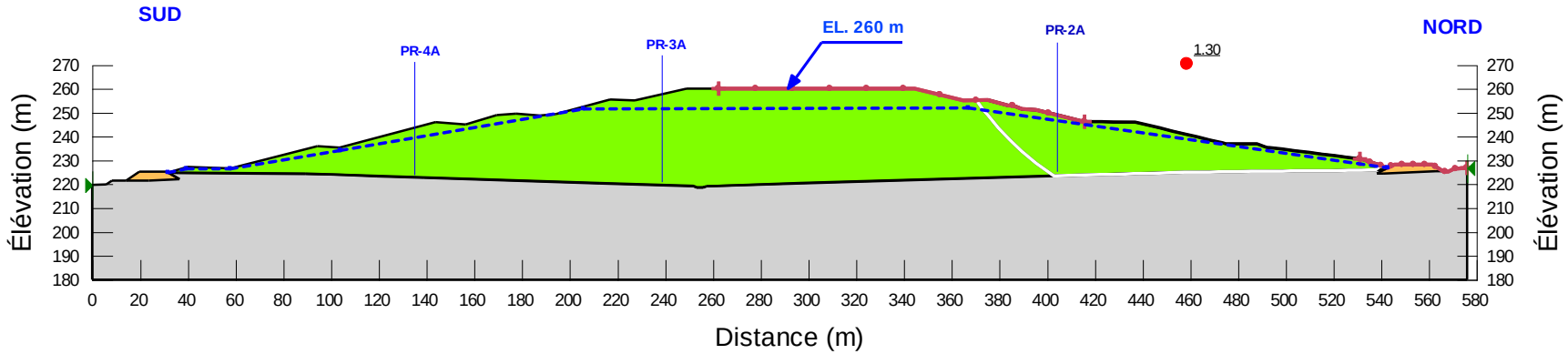


Figure C-3 : Niveau de résidus - Phase 1 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

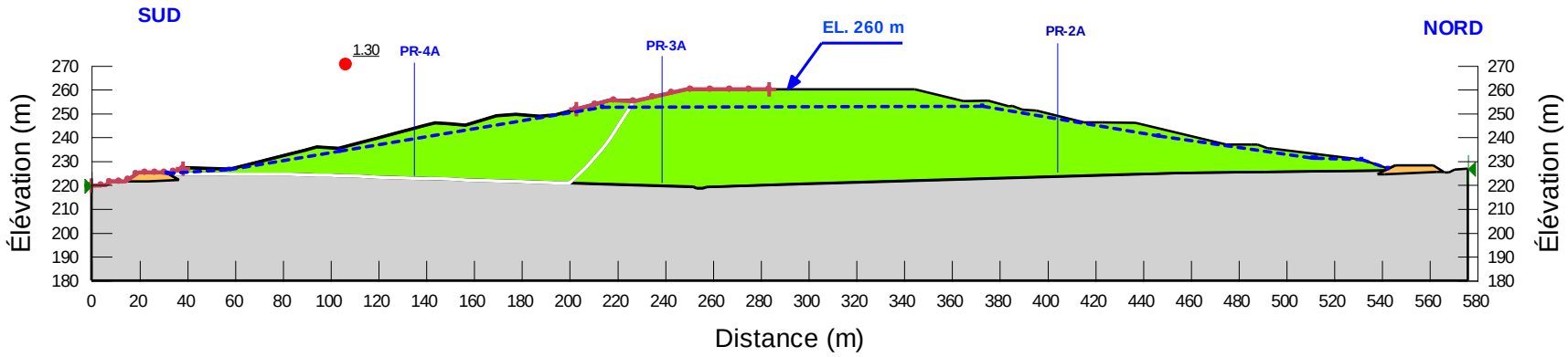


Figure C-4 : Niveau de résidus - Phase 1 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

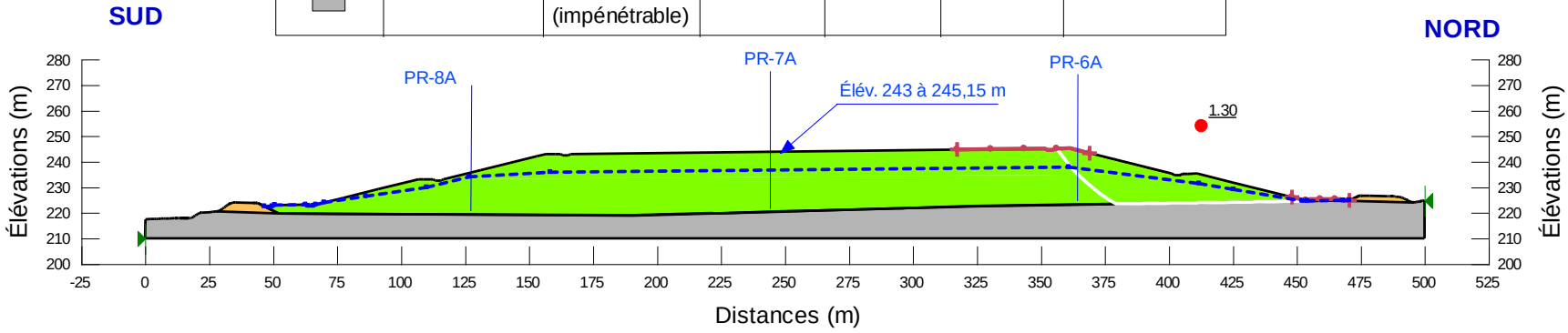


Figure C-5: Niveau de résidus - Phase 2 - Étape 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

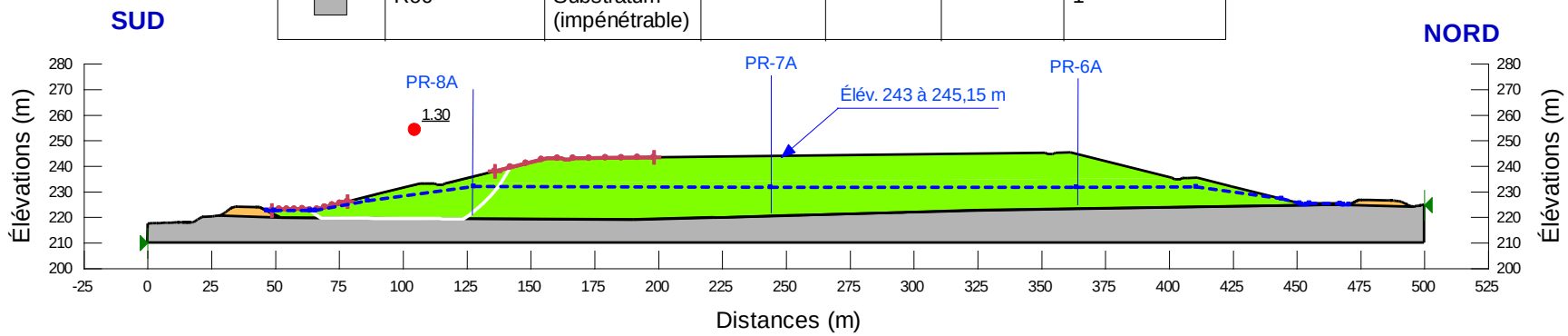


Figure C-6 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape 2 - Phase 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

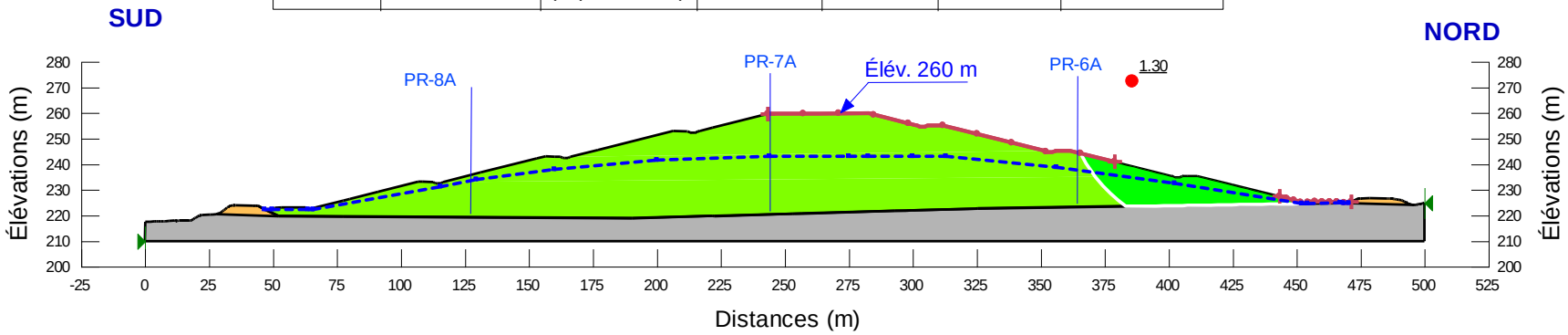


Figure C-7 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

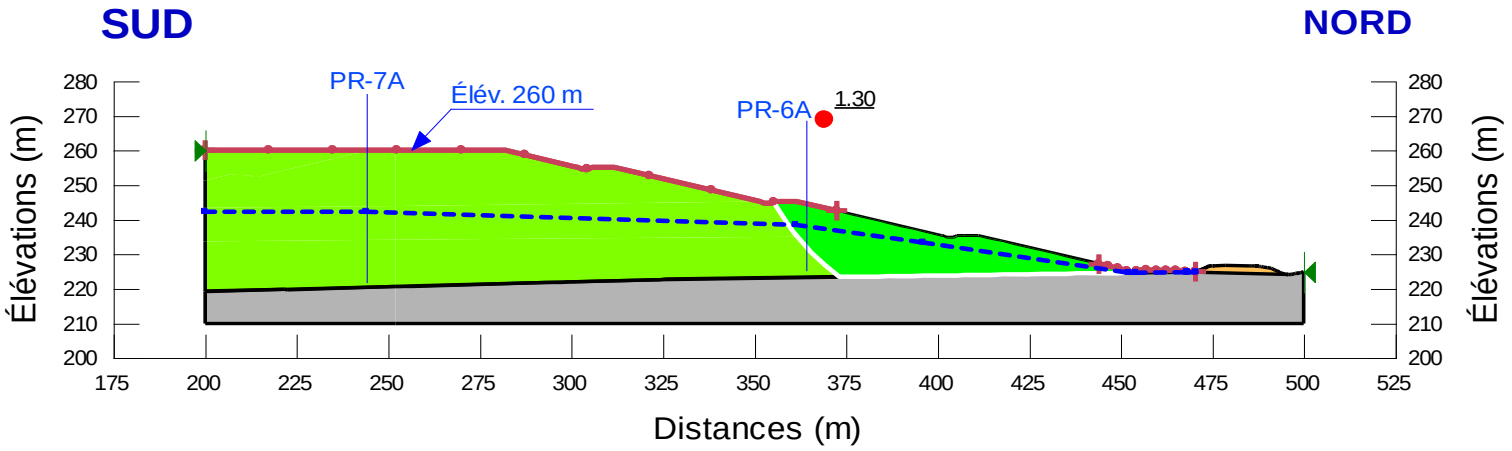


Figure C-8 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

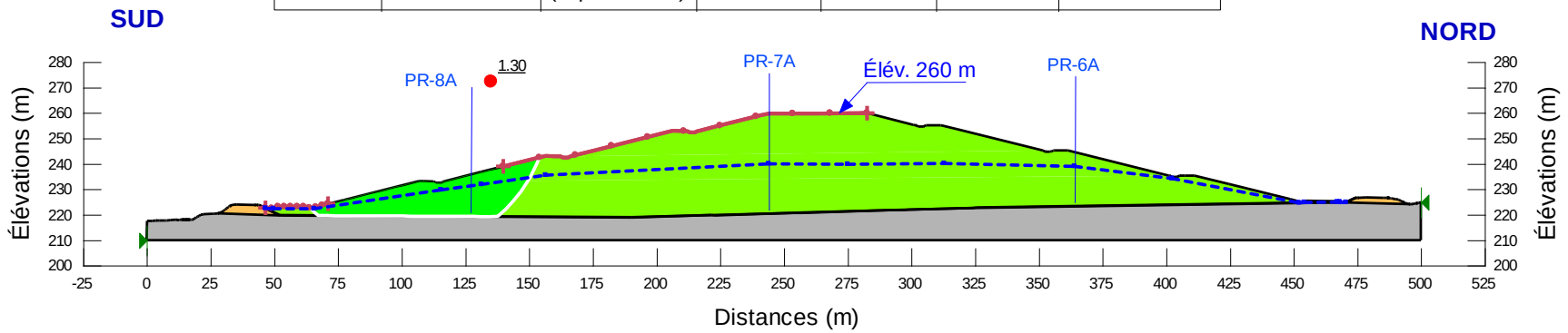


Figure C-9 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				1
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

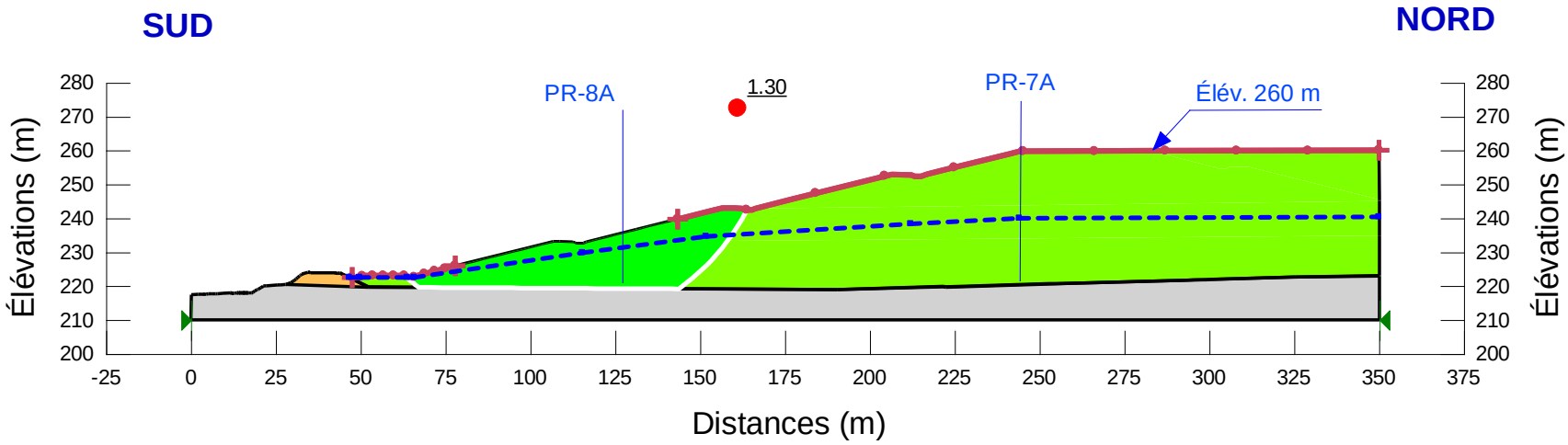


Figure C-10 : Niveau de résidus - Phase 2 - Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,3.

Annexe D
Analyses de stabilité
Niveaux critiques FS=1,50
(Juillet 2021)

Figure D-1 : Niveau de résidus Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,5.

Figure D-2 : Niveau de résidus Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,5.

Figure D-3 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 1 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Figure D-4 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 1 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Figure D-5 : Niveau de résidus Étape 2 - Phase 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Figure D-6 : Niveau de résidus Étape 2 - Phase 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Figure D-7 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Figure D-8 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Figure D-9 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Figure D-10 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

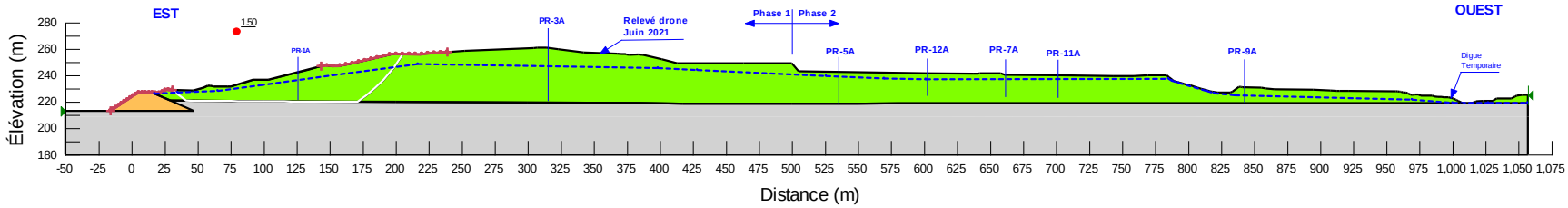


Figure D-1 : Niveau de résidus Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

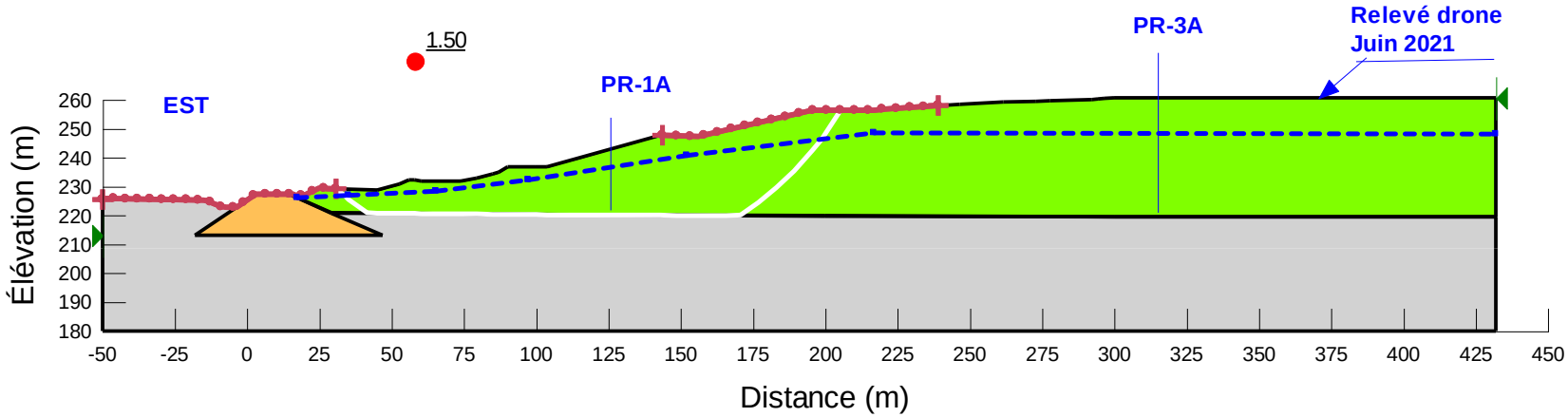


Figure D-2 : Niveau de résidus Étape finale (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Est - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

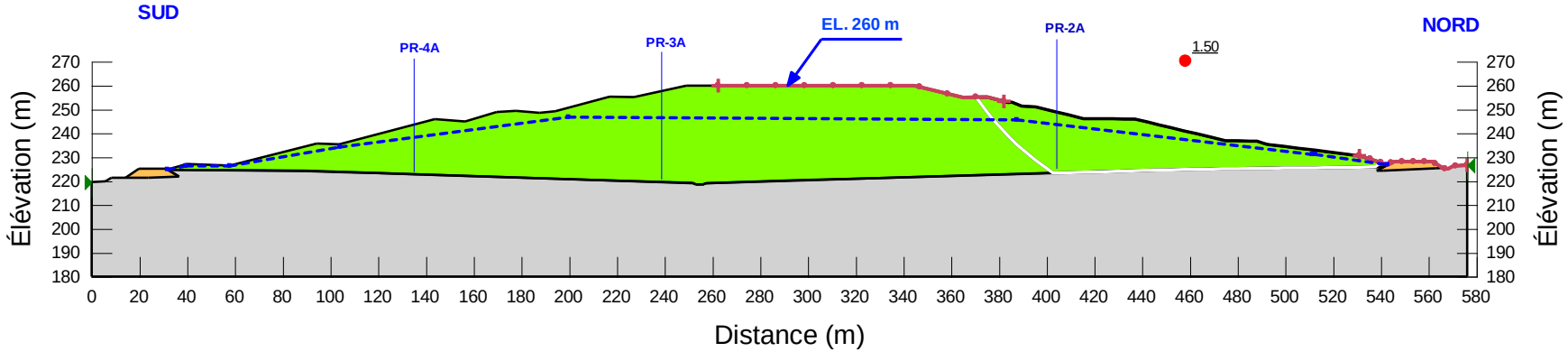


Figure D-3 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 1 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

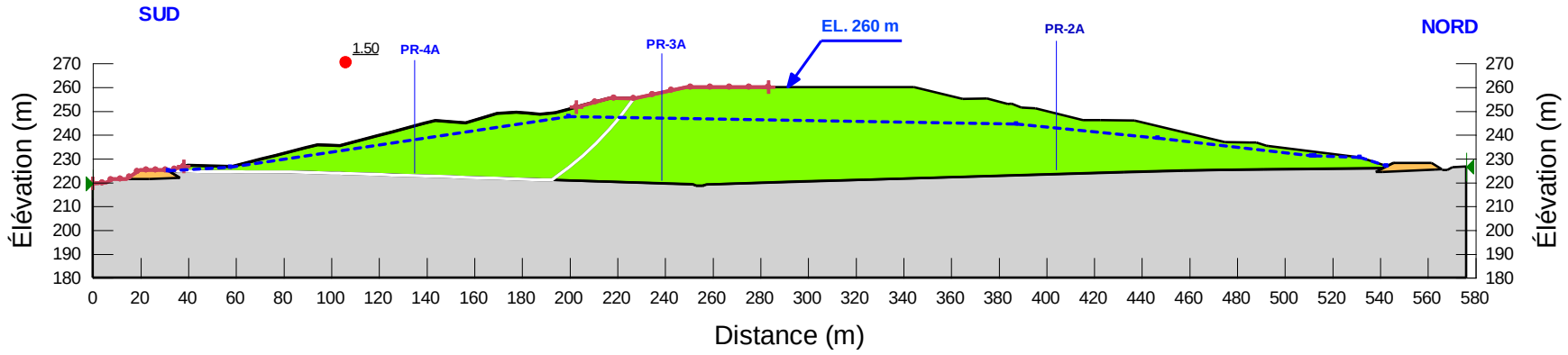


Figure D-4 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 1 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

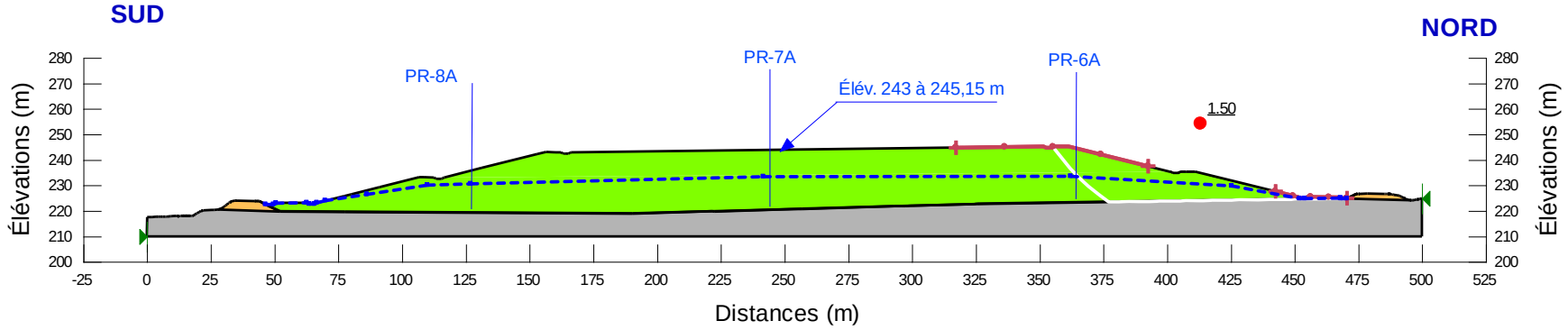


Figure D-5 : Niveau de résidus Étape 2 - Phase 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

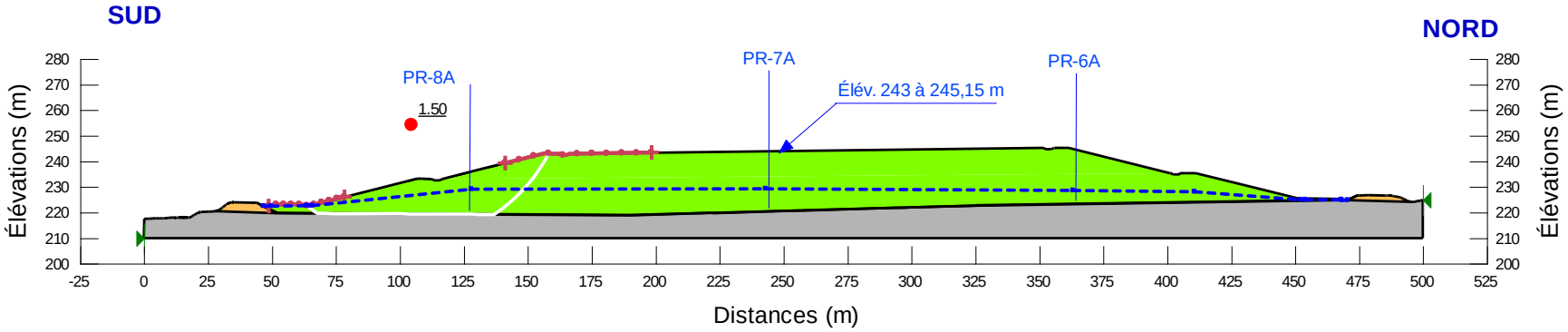


Figure D-6 : Niveau de résidus Étape 2 - Phase 2 (Élévation 243 à 245 m) - Glissement sur géomembrane
Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

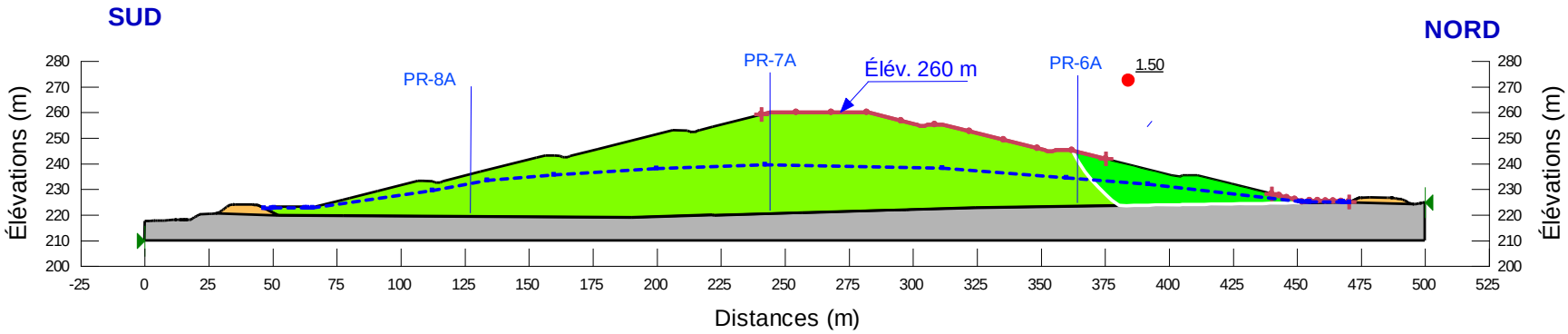


Figure D-7 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

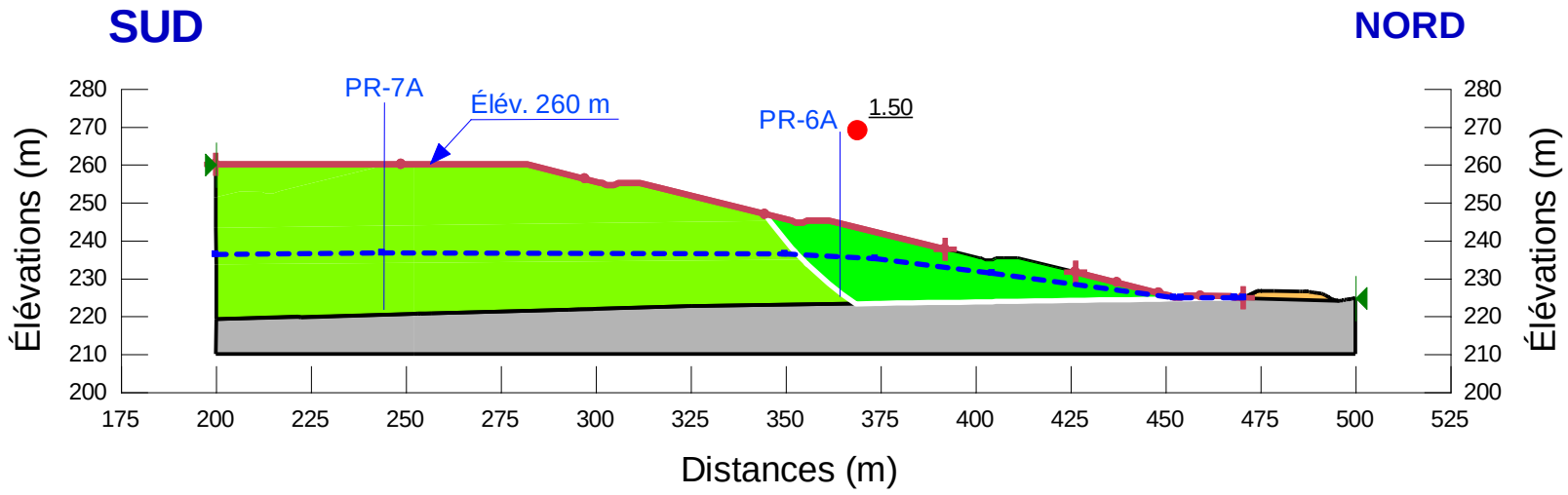


Figure D-8 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane Pente de déposition Nord - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1
	Roc	Substratum (impénétrable)				1

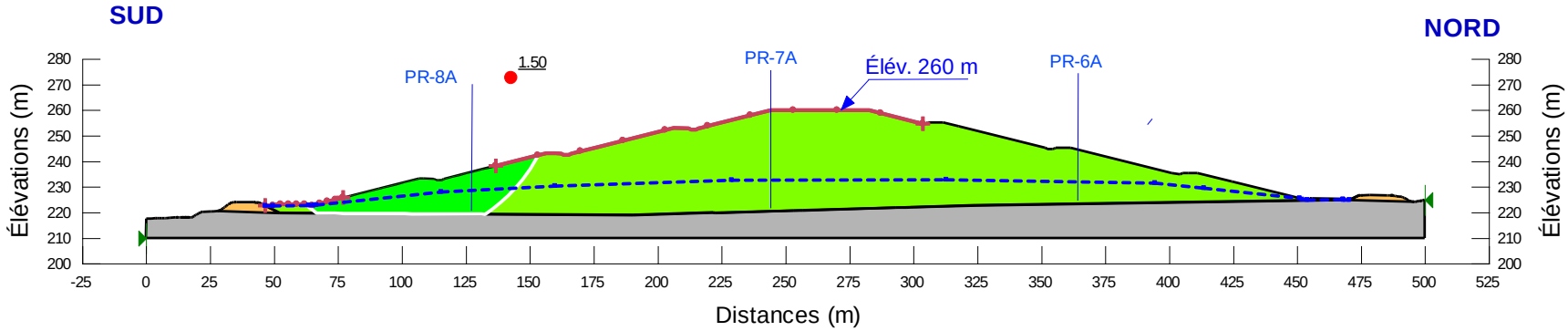


Figure D-9 : Niveau de résidus Étape finale Phase 2 - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Couleur	Nom	Modèle	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)	Ligne piézométrique
	Couche impénétrable	Substratum (impénétrable)				1
	Digue en enrochement	Mohr-Coulomb	21	0	38	1
	Géomembrane lisse	Mohr-Coulomb	0.1	0	15	1
	Résidus	Mohr-Coulomb	18	0	30	1

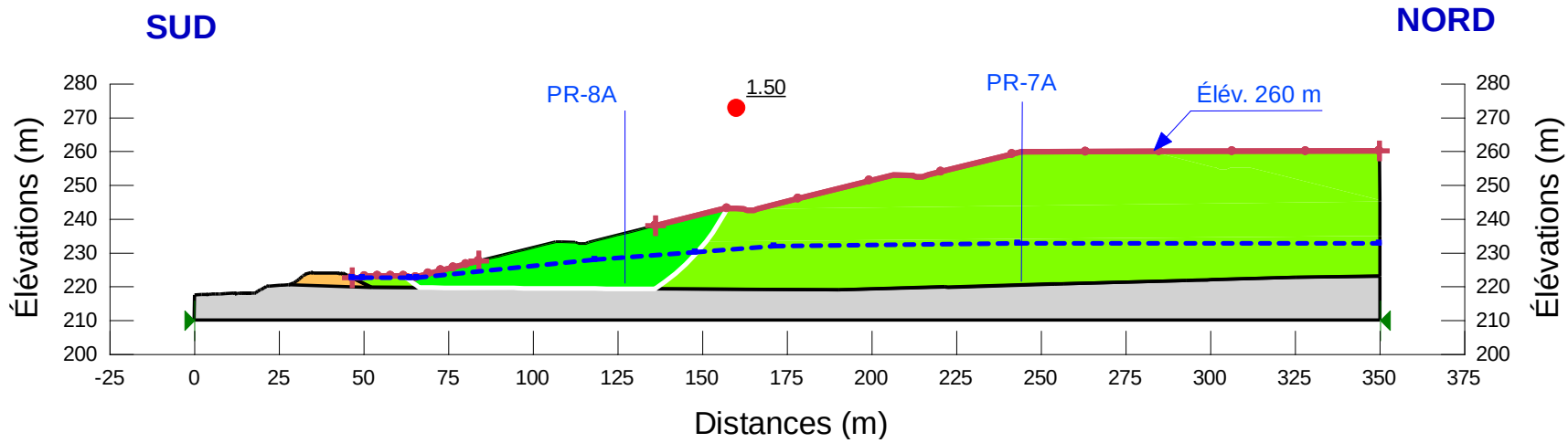
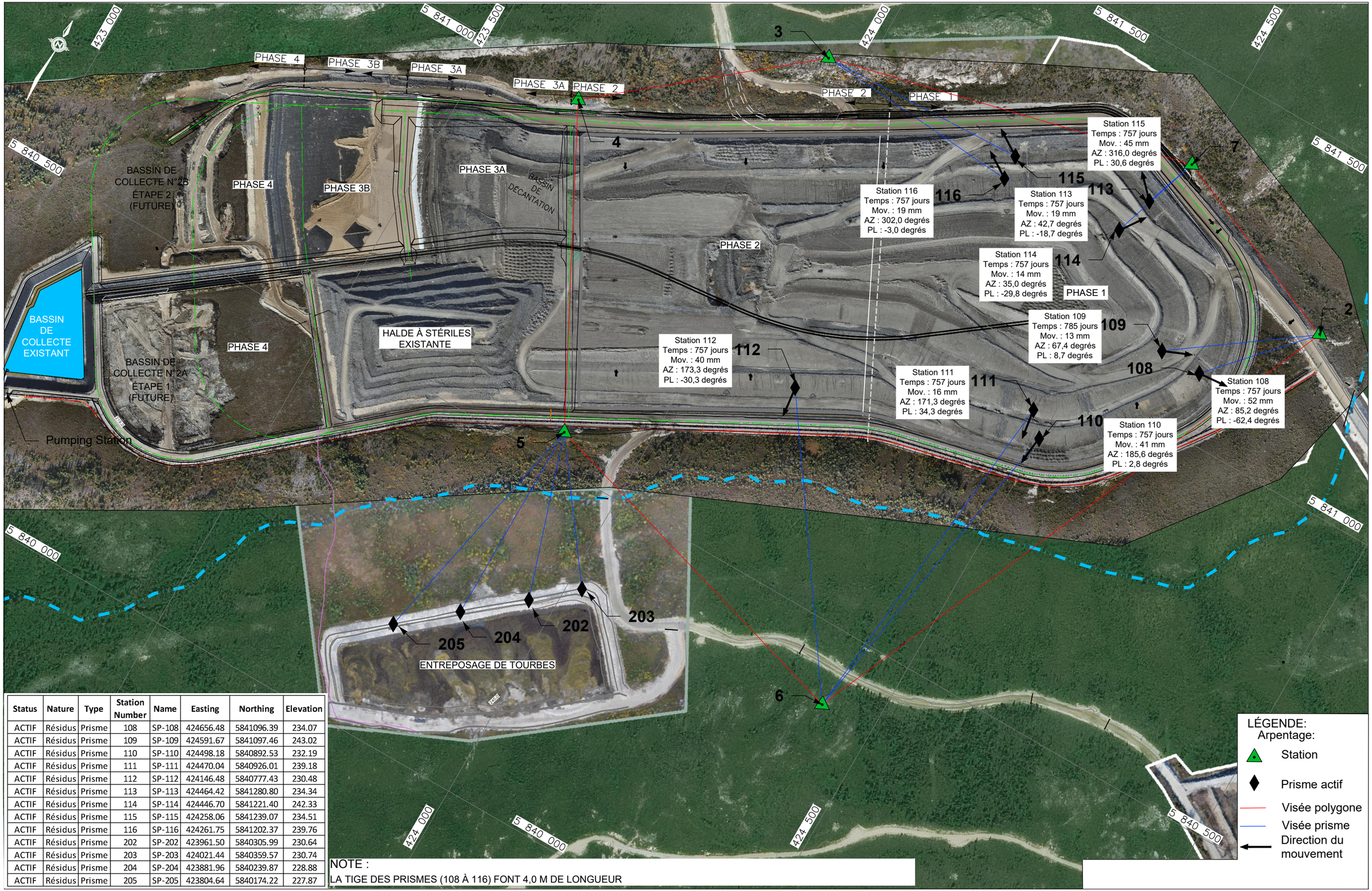


Figure D-10 : Niveau de résidus Étape finale - Phase 2 - Phase 2 (Élévation 260 m) - Glissement sur géomembrane Pente de déposition Sud - Niveau critique 1,5.

Annexe E
Plan de localisation des prismes

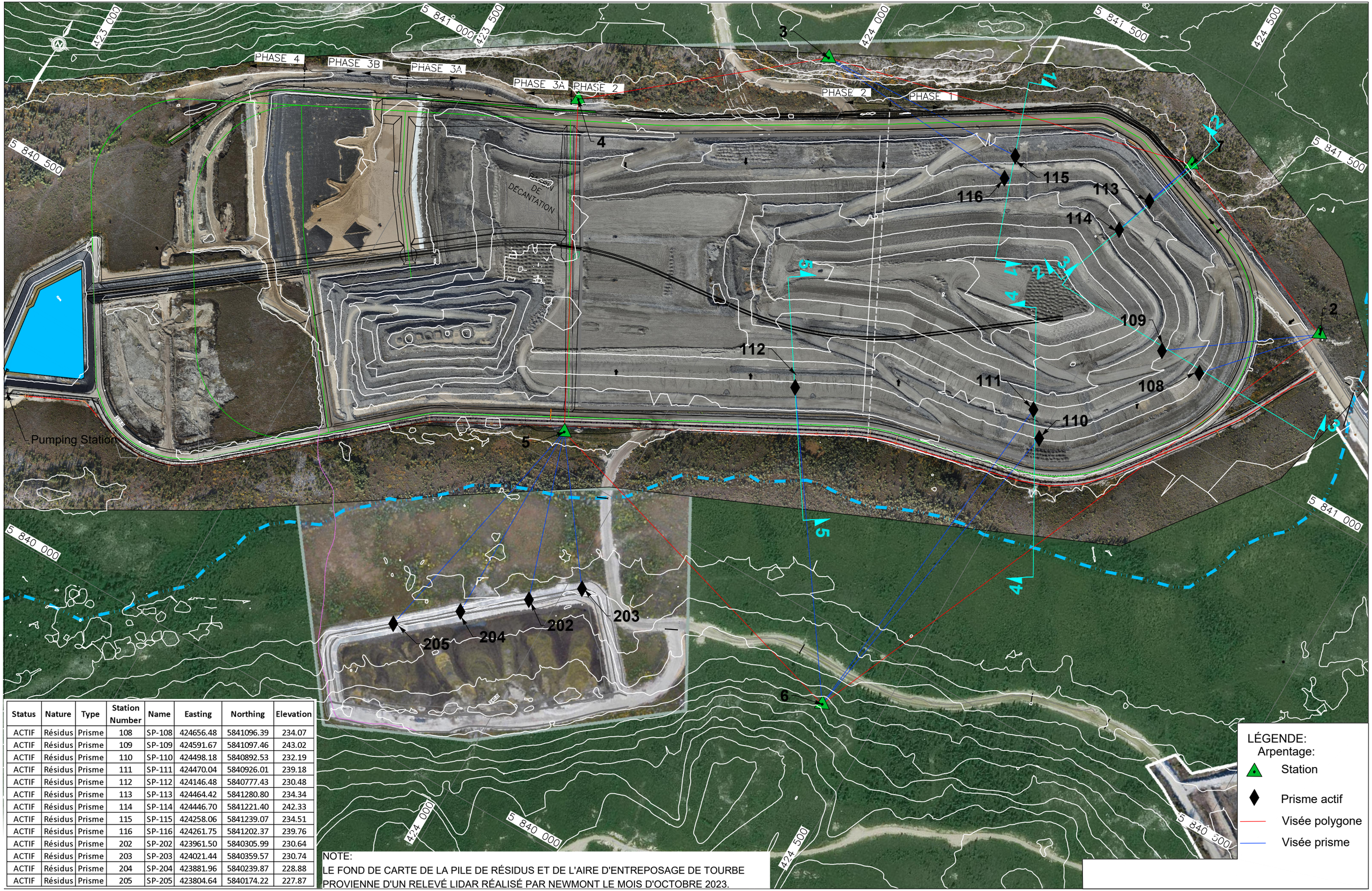
\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\ELEONORE MIREILLE\JANVIER 2022\Stations Prismes au Parc à Résidus JAN 2022 (12-06-2024)).dwg



Status	Nature	Type	Station Number	Name	Easting	Northing	Elevation
ACTIF	Résidus	Prisme	108	SP-108	424656.48	5841096.39	234.07
ACTIF	Résidus	Prisme	109	SP-109	424591.67	5841097.46	243.02
ACTIF	Résidus	Prisme	110	SP-110	424498.18	5840892.53	232.19
ACTIF	Résidus	Prisme	111	SP-111	424470.04	5840926.01	239.18
ACTIF	Résidus	Prisme	112	SP-112	424146.48	5840777.43	230.48
ACTIF	Résidus	Prisme	113	SP-113	424464.42	5841280.80	234.34
ACTIF	Résidus	Prisme	114	SP-114	424446.70	5841221.40	242.33
ACTIF	Résidus	Prisme	115	SP-115	424258.06	5841239.07	234.51
ACTIF	Résidus	Prisme	116	SP-116	424261.75	5841202.37	239.76
ACTIF	Résidus	Prisme	202	SP-202	423961.50	5840305.99	230.64
ACTIF	Résidus	Prisme	203	SP-203	424021.44	5840359.57	230.74
ACTIF	Résidus	Prisme	204	SP-204	423881.96	5840239.87	228.88
ACTIF	Résidus	Prisme	205	SP-205	423804.64	5840174.22	227.87

NOTE :
LA TIGE DES PRISMES (108 À 116) FONT 4,0 M DE LONGUEUR

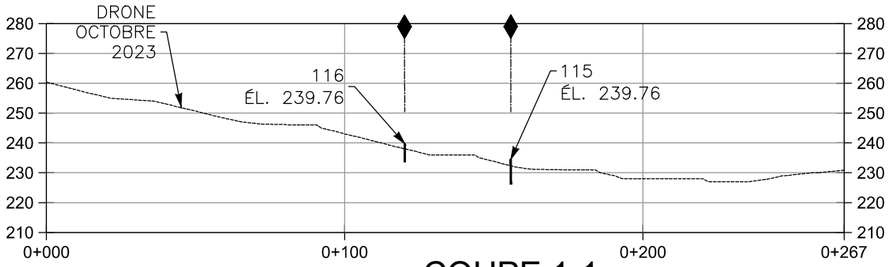
\\Indu01\public\proj\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\ELEONORE MIREILLE\JANVIER 2022\coupes – pour prisme (12-06-2024).dwg



Status	Nature	Type	Station Number	Name	Easting	Northing	Elevation
ACTIF	Résidus	Prisme	108	SP-108	424656.48	5841096.39	234.07
ACTIF	Résidus	Prisme	109	SP-109	424591.67	5841097.46	243.02
ACTIF	Résidus	Prisme	110	SP-110	424498.18	5840892.53	232.19
ACTIF	Résidus	Prisme	111	SP-111	424470.04	5840926.01	239.18
ACTIF	Résidus	Prisme	112	SP-112	424146.48	5840777.43	230.48
ACTIF	Résidus	Prisme	113	SP-113	424464.42	5841280.80	234.34
ACTIF	Résidus	Prisme	114	SP-114	424446.70	5841221.40	242.33
ACTIF	Résidus	Prisme	115	SP-115	424258.06	5841239.07	234.51
ACTIF	Résidus	Prisme	116	SP-116	424261.75	5841202.37	239.76
ACTIF	Résidus	Prisme	202	SP-202	423961.50	5840305.99	230.64
ACTIF	Résidus	Prisme	203	SP-203	424021.44	5840359.57	230.74
ACTIF	Résidus	Prisme	204	SP-204	423881.96	5840239.87	228.88
ACTIF	Résidus	Prisme	205	SP-205	423804.64	5840174.22	227.87

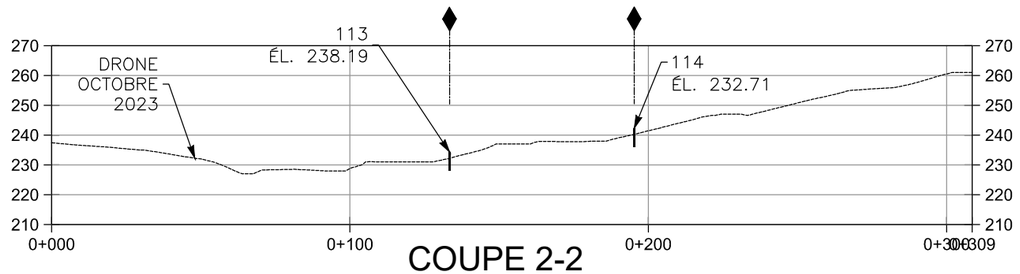
NOTE:
LE FOND DE CARTE DE LA PILE DE RÉSIDUS ET DE L'AIRE D'ENTREPOSAGE DE TOURBE PROVIENNE D'UN RELEVÉ LIDAR RÉALISÉ PAR NEWMONT LE MOIS D'OCTOBRE 2023.

LÉGENDE:
Arpentage:
- Station
- Prisme actif
- Visée polygone
- Visée prisme



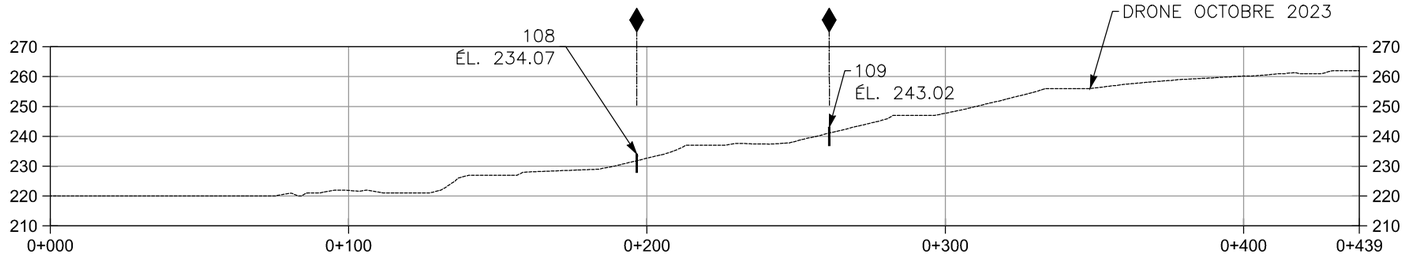
COUPE 1-1

Échelle 1:2000



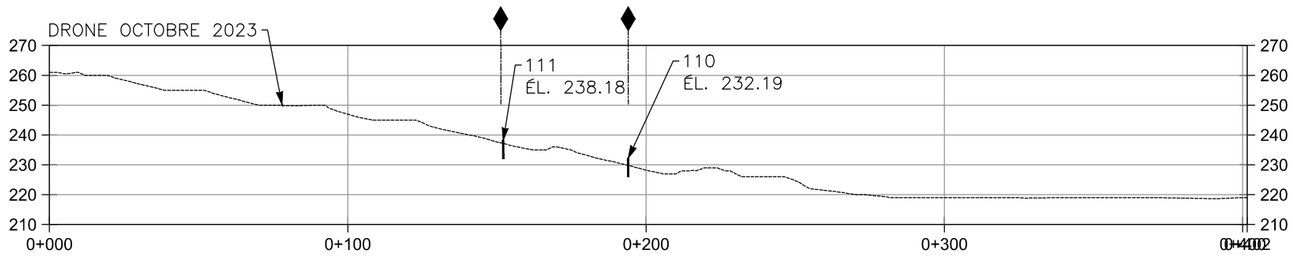
COUPE 2-2

Échelle 1:2000



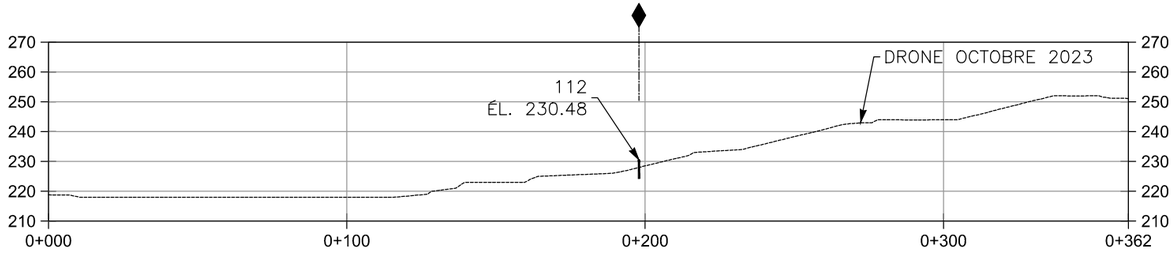
COUPE 3-3

Échelle 1:2000



COUPE 4-4

Échelle 1:2000



COUPE 5-5

Échelle 1:2000

LÉGENDE:
Arpentage:

Prisme actif

C-1 Rapports de référence pour l'évaluation des niveaux alertes pour les TARPs

C-1.3 Étude de gestion des eaux de surface du PAR Éléonore – Phase 3A et 4A

Titre du document : **ÉTUDE DE GESTION DES EAUX DE SURFACE DU PAR ÉLÉONORE PHASE 3A ET 4A**

Client : **NEWMONT GOLDCORP, MINE ÉLÉONORE**

Projet : **INGÉNIERIE POUR LES PHASES 3B ET 4A DU PAR**

Préparé par : Félix-Antoine Desrochers, ing.
#OIQ: 5071820

Révisé par : Anh-Long Nguyen, ing., MSc.
#OIQ: 122858

Approuvé par : Philip Gomes, ing.
#OIQ: 5052664

LISTE DES RÉVISIONS APPORTÉES AU DOCUMENT

Révision					Pages Révisées	Remarques
#	Prép.	Rév.	App.	Date		
PB	FAD	ALN	PG	2023-04-17	---	Émis pour commentaires du client
00	FAD	ALN	PG	2023-12-08	Toutes	Émis pour demande de CA

AVIS AU LECTEUR

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de SNC-Lavalin inc. (« SNC-Lavalin ») quant aux sujets qui y sont abordés. Son opinion a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Le document doit être interprété dans le contexte de la convention en date du 4 mars 2022 (la «Convention») intervenue entre SNC-Lavalin et Newmont (le « Client »), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques utilisées, des hypothèses de SNC-Lavalin ainsi que des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document n'a pour raison d'être que l'objectif défini dans la Convention et est au seul usage du Client, dont les recours sont limités à ceux prévus dans la Convention. Il doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

En préparant ses estimations, le cas échéant, SNC-Lavalin a suivi une méthode et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent, et est d'opinion qu'il y a une forte probabilité que les valeurs réelles seront compatibles aux estimations. Cependant, l'exactitude de ces estimations ne peut être garantie. À moins d'indication contraire expresse, SNC-Lavalin n'a pas contrevérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont le Client, les autres consultants, laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipements, etc.) et sur lesquelles est fondée son opinion. SNC-Lavalin n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Dans toute la mesure permise par les lois applicables, SNC-Lavalin décline en outre toute responsabilité envers le Client et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) de tout ou partie du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 Contexte 1

2.0 Objectifs du plan de gestion des eaux – phase 4A de déposition des résidus 1

3.0 Étude Hydrologique 2

4.0 Modélisation hydraulique PCSWMM 7
4.1 Sous-bassins versants 8
4.2 Fossés périphériques 9
4.3 Conduites d'amenées et surverse d'urgence 10
4.4 Bassin de collecte 10
4.5 Stations de pompage 12
4.6 Déversoir d'urgence 12

5.0 Critère de conception 13
5.1 Simulations supplémentaires crue été-automne 14

6.0 Résultats des simulations 15
6.1 Crue de la Directive 019 15
6.2 Crues maximales probables et dimensionnement du déversoir d'urgence 15
6.3 Simulations supplémentaires en crue été-automne 16
6.4 Activation de la surverse 17

7.0 Protection contre l'érosion 18
7.1 Protection au droit des infrastructures hydrauliques 18
7.2 Protection contre l'effet des vagues 19
7.3 Modification de la largeur de la surverse 19

8.0 Références 20

Liste de figures

Figure 2-1 : Vue en plan du PAR en conditions actuelles (2020) et projetées 2
Figure 3-1 : Hyétogramme de précipitations du scénario (D019-2012) 5
Figure 3-2 : Hyétogramme de précipitations du scénario (PMPea 72h) 6
Figure 3-3 : Hyétogrammes des précipitations des crues (CMPp no 1) et (CMPp no 2) 6
Figure 4-1 : Géométrie du modèle PCSWMM 7
Figure 4-2 : Géométrie type des fossés périphériques (section transversale) 9
Figure 4-3 : Géométrie schématique de la surverse d'urgence entre les fossés et le bassin de collecte 10
Figure 4-4 : Configuration du bassin de collecte agrandie 11
Figure 4-5 : Courbe d'emmagasinement du bassin de collecte agrandie 12
Figure 6-1 : Niveau d'eau dans le bassin de collecte agrandie lors du scénario D019-2012 15

Figure 6-2 : Niveau d'eau dans le bassin de collecte agrandie lors de scénarios de crue « été-automne » en considérant la station de pompage opérationnelle 16

Liste de tableaux

Tableau 3-1 : Courbes IDF d'été-automne 3
Tableau 3-2 : Courbes IDF printanières 3
Tableau 3-3 : Pluies maximales probables 4
Tableau 3-4 : Couverts de neige au sol statistiques 4
Tableau 4-1 : Caractéristiques des sous-bassins versants du modèle PCSWMM 8
Tableau 4-2 : Paramètres généraux utilisés pour les calculs hydrologiques dans PCSWMM 9
Tableau 4-3 : Niveaux d'opérations du bassin de collecte agrandie 11
Tableau 5-1 : Revanches minimales requises dans le bassin de collecte 13
Tableau 6-1 : Revanche min. calculée dans le bassin de collecte agrandie selon la largeur du déversoir d'urgence 16
Tableau 6-2 : Débit max. calculé au droit de la surverse selon différentes récurrences de crue 17
Tableau 7-1 : Caractéristiques, débits et vitesse max. calculés au droit des infrastructures hydrauliques 18
Tableau 7-2 : Enrochements de protection recommandés aux droits des infrastructures hydrauliques 18
Tableau 7-3 : Enrochement de protection recommandé pour les talus internes du bassin de collecte 19
Tableau 7-4 : Caractéristiques, débits et vitesse max. et dimensionnement de l'enrochement de protection proposées au droit de la surverse d'urgence en fonction de la largeur proposée 19

1.0 Contexte

La mine Éléonore, propriété de Newmont, est située sur le territoire de la Baie James et est actuellement en exploitation depuis octobre 2014. Un parc à résidus miniers (PAR) d'une superficie d'environ 80 ha à terme est prévu et divisé en quatre (4) phases de développement restaurées dès que la capacité maximale de chaque phase est atteinte. Chacune d'elles est conçue pour contenir des résidus filtrés placés par bouteur. Actuellement, la phase 1 a atteint sa capacité maximale et la déposition de résidus filtrés à l'intérieur de l'empreinte de la phase 2 est presque atteinte. La déposition de résidus est réalisée également dans la phase 3A depuis 2021.

Durant les dernières années d'exploitation, le bilan des stériles et résidus a changé dû aux modifications apportées aux plans et méthodes de minage, à la diminution du volume de remblai utilisé sous terre et à l'utilisation et l'entreposage des stériles miniers dans le PAR. Par conséquent, les volumes de résidus et stériles à entreposer au PAR ont augmenté. Cette augmentation nécessite de devancer l'échéancier de construction des phases 3B et 4A du PAR et exige également une évaluation des options d'expansion du PAR (phase 5). Dans ce contexte, une expansion du bassin de collecte est requise (au sud) pour gérer la quantité d'eau de ruissellement supplémentaire générée par les nouvelles phases 3B et 4A qui seront construites, car la phase 1 n'a toujours pas été restaurée comme prévu dans la conception initiale du PAR. Une mise à niveau des ouvrages de gestion de l'eau, notamment les bassins de collecte, a été analysée afin de pouvoir gérer toutes les eaux de ruissellement des différentes phases de développement du PAR.

2.0 Objectifs du plan de gestion des eaux – phase 4A de déposition des résidus

La section qui suit présente les études hydrologiques et hydrauliques réalisées, afin de valider la conception des infrastructures de collecte et d'évacuation des eaux de surface du PAR lors de l'atteinte de la phase 4A du plan de déposition du site. L'objectif est de s'assurer que la conception des infrastructures de gestion des eaux de surface du PAR respecte de manière cohérente les recommandations applicables de la Directive 019 (MDDEP, 2012) et de l'Association canadiennes des barrages (ACB, 2019). La **Figure 2-1** présente le site en conditions actuelles (Google Earth, 2020) et la géométrie projetée lorsque la phase de déposition 4A sera complétée. C'est cette dernière géométrie qui a été considérée pour développer le modèle hydraulique du site.

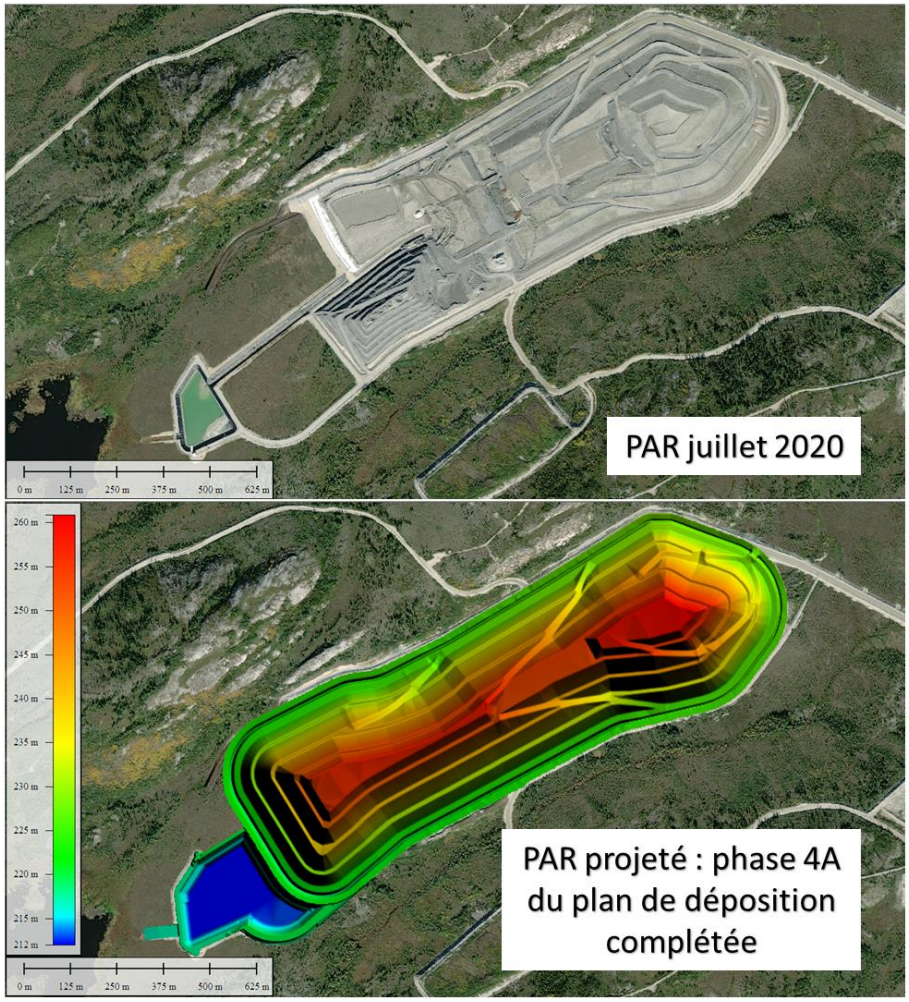


Figure 2-1 : Vue en plan du PAR en conditions actuelles (2020) et projetées

3.0 Étude Hydrologique

Le **Tableau 3-1** et le **Tableau 3-2** présentent les données de précipitation « Intensité-Durée-Fréquence » (IDF) considérées dans le cadre du projet pour les pluies d'été-automne et de printemps. Le **Tableau 3-3** présente les lames d'eau correspondantes à la pluie maximale probable (PMP). Le **Tableau 3-4** présente quant à lui l'épaisseur du couvert de neige considéré pour les différentes récurrences. Ces données ont été utilisées pour développer les hyétogrammes de fonte des neiges et de précipitation des scénarios météorologiques simulés dans le cadre des analyses. Ces données sont tirées de la note technique « Note Technique - Hydrologie » produite par SNC-Lavalin en 2019 (SNC-Lavalin, 2019).

Lors de la réalisation de l'étude actuelle, une validation des calculs effectués pour produire les courbes IDF de l'étude 2019 (SNC-Lavalin, 2019) a été effectuée en tenant compte des données météorologiques disponibles jusqu'en 2021. Ces calculs ont démontré que l'ajout des données météorologiques les plus récentes influençait peu les courbes IDF produites et que les courbes produites en 2019 étaient suffisamment conservatrices, car les effets possibles des changements climatiques y ont été intégrés (SNC-Lavalin, 2019). Conséquemment, une remise à jour des courbes IDF n'a pas été jugée requise et les données produites dans le cadre de l'étude 2019 (SNC-Lavalin, 2019) ont été utilisées.

Tableau 3-1 : Courbes IDF d'été-automne

Durée de la pluie	Précipitation statistique adoptée [mm] pour différentes périodes de retour								
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	25 ans	50 ans	100 ans	1000 ans	2000 ans
5 min	5.7	10.3	14.0	18.2	19.6	24.6	28.5	39.1	42.3
10 min	7.4	13.1	18.2	24.3	26.4	34.1	40.7	55.9	60.5
15 min	8.7	15.5	22.2	31.0	34.2	46.7	59.3	81.9	88.8
30 min	11.4	20.5	29.5	41.6	46.0	63.4	80.5	111.8	121.3
1 h	14.8	25.0	34.4	46.2	50.5	66.3	83.2	114.4	123.8
2 h	20.4	31.7	41.2	52.4	56.2	69.7	86.3	116.6	125.7
6 h	29.0	44.5	57.4	72.6	77.8	96.3	110.9	148.8	160.2
12 h	36.3	53.6	66.7	81.1	85.6	101.5	111.6	147.0	157.6
24 h	42.6	61.8	75.5	90.0	94.4	109.6	118.1	154.0	164.8
48 h	49.4	66.0	78.2	90.2	95.5	109.9	123.9	158.0	168.0
72 h	56.6	74.3	85.0	96.0	100.0	115.0	126.0	160.0	169.0

Tableau 3-2 : Courbes IDF printanières

Durée de la pluie	Précipitation statistique adoptée [mm] pour différentes périodes de retour								
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	25 ans	50 ans	100 ans	1000 ans	2000 ans
5 min	4.3	7.6	10.2	13.2	14.2	17.7	20.4	27.7	29.9
10 min	5.6	9.7	13.3	17.6	19.1	24.5	29.2	39.6	42.8
15 min	6.6	11.4	16.2	22.5	24.7	33.6	42.4	58.1	62.8
30 min	8.6	15.1	21.5	30.2	33.2	45.6	57.6	79.3	85.8
1 h	11.2	18.4	25.1	33.5	36.5	47.7	59.5	81.1	87.6
2 h	15.4	23.4	30.0	37.9	40.6	50.1	61.8	82.7	89.0
6 h	21.9	32.8	41.9	52.6	56.2	69.2	79.4	105.5	113.4
12 h	27.4	39.5	48.6	58.7	61.9	72.9	79.9	104.2	111.5
24 h	32.2	45.5	55.0	65.2	68.2	78.8	84.5	109.2	116.6
48 h	34.0	48.0	57.1	65.9	69.9	80.5	90.9	117.4	125.4
72 h	35.3	48.5	58.2	67.6	71.8	83.1	94.2	122.7	131.3

Tableau 3-3 : Pluies maximales probables

Durée	Lame d'eau de pluie [mm]	
	PMP d'été-automne	PMP de printemps
5 min	22.3	6.9
10 min	44.7	13.8
15 min	67.0	20.7
30 min	134.1	41.5
1 h	223.5	69.1
2 h	231.9	71.7
6 h	297.8	92.1
12 h	307.4	130.1
24 h	320.1	170.0
48 h	332.9	221.2
72 h	355.3	223.7

Tableau 3-4 : Couverts de neige au sol statistiques

T [an]	Couvert de neige [cm]	Couvert de neige [mm-eq-eau]
2	57	172
5	75	224
10	86	259
20	98	293
50	112	336
100	123	369
EMP(1)	183	550

(1) L'enneigement maximum probable (EMP) n'a pas de récurrence lui étant associée

Au total, quatre (4) scénarios météorologiques ont été simulés dans le cadre de cette étude, soit :

- Crue de la Directive 019 2012 (D019-2012) : Fonte du couvert de neige 100 ans (369 mm) en 30 jours, suivi d'une pluie de printemps 1000 ans 24h (109,2 mm) applicable pour des résidus miniers ni acidogènes, ni cyanurés, ni radioactifs ou à risque élevé, comme c'est le cas pour la mine Éléonore. De plus, une revanche minimale de 1 m doit être respectée pour tout évènement inférieur à la crue de projet et un déversoir doit être aménagé pour pouvoir évacuer, de façon sécuritaire, une crue maximale probable, tout en évitant que l'intégrité de l'ouvrage de rétention soit affectée;
- Pluie maximale probable d'été-automne 72 h (355,3 mm) (PMPea 72h);
- Crue maximale probable de printemps no 1 (CMPp no 1) : Fonte rapide du couvert de neige 100 ans (369 mm) en 13 jours suivi d'une PMP de printemps de 72h (223,7 mm);
- Pluie maximale probable de printemps no 2 (CMPp no 2) : Fonte rapide du couvert de neige maximale probable (550 mm) en 13 jours suivie d'une pluie 100 ans de printemps de 72h (94,2 mm).

La **Figure 3-1** présente l'hyétogramme considéré pour réaliser la simulation de la crue D019-2012, la **Figure 3-2** présente l'hyétogramme considéré pour réaliser la simulation de la PMPea 72h et la **Figure 3-3** présente les hyétogrammes considérés pour réaliser les simulations des crues CMPp no 1 et CMPp no 2. Les hyétogrammes de précipitations ont été élaborés en suivant la méthode symétrique, c'est-à-dire à partir des données des tables IDF avec une pointe des précipitations centrée au milieu de l'évènement de pluie.

Pour la crue de la Directive 019 (D019-2012), la fonte du couvert de neige a été répartie sur les 30 jours de fonte en considérant un volume de fonte deux (2) fois plus élevé lors des cinq (5) derniers jours de la fonte :

- 25 premiers jours de fonte : 1/35 x épaisseur totale du couvert de neige par jour de fonte;
- 5 derniers jours de fonte : 2/35 x épaisseur totale du couvert de neige par jour de fonte.

Pour les crues CMPp no1 et CMPp no2, la fonte rapide du couvert de neige a été répartie sur treize (13) jours de fonte en considérant un volume de fonte constant sur toute la durée des évènements :

- Fonte : 1/13 x épaisseur totale du couvert de neige par jour de fonte.

Pour tous les scénarios avec fonte de neige (D019-2012, CMPp no 1 et CMPp no 2), les évènements de précipitation ont été combinés au volume de fonte considéré à la fin des crues. Soit lors du 30e jour de fonte pour le scénario D019-2012 et lors des 11e, 12e et 13e jours de fonte pour les scénarios CMPp no 1 et CMPp no 2.

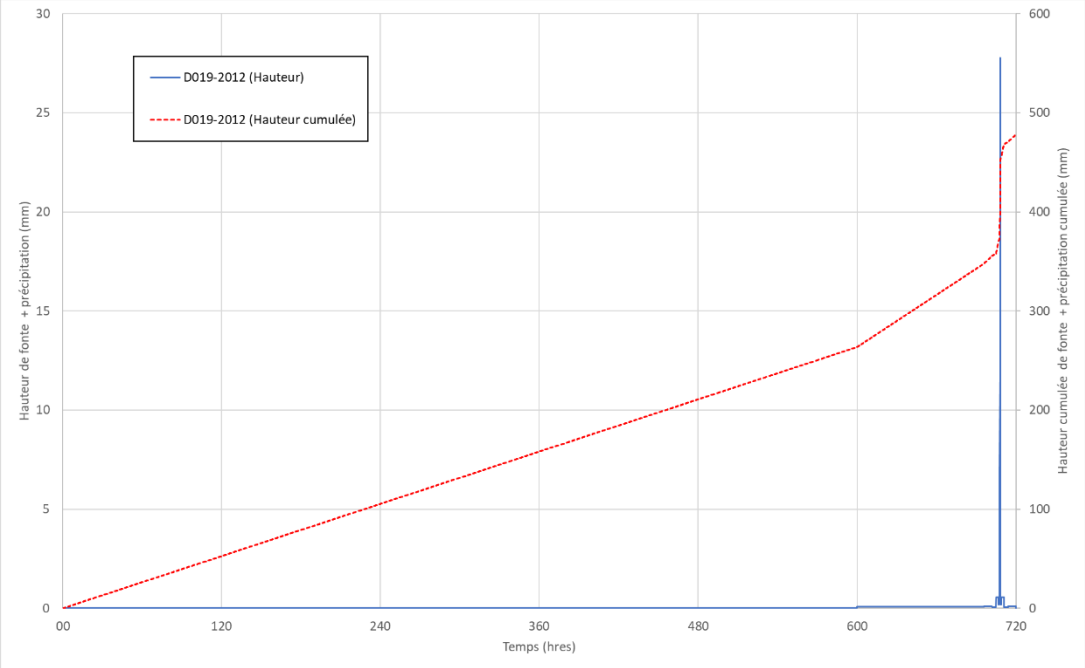


Figure 3-1 : Hyétogramme de précipitations du scénario (D019-2012)

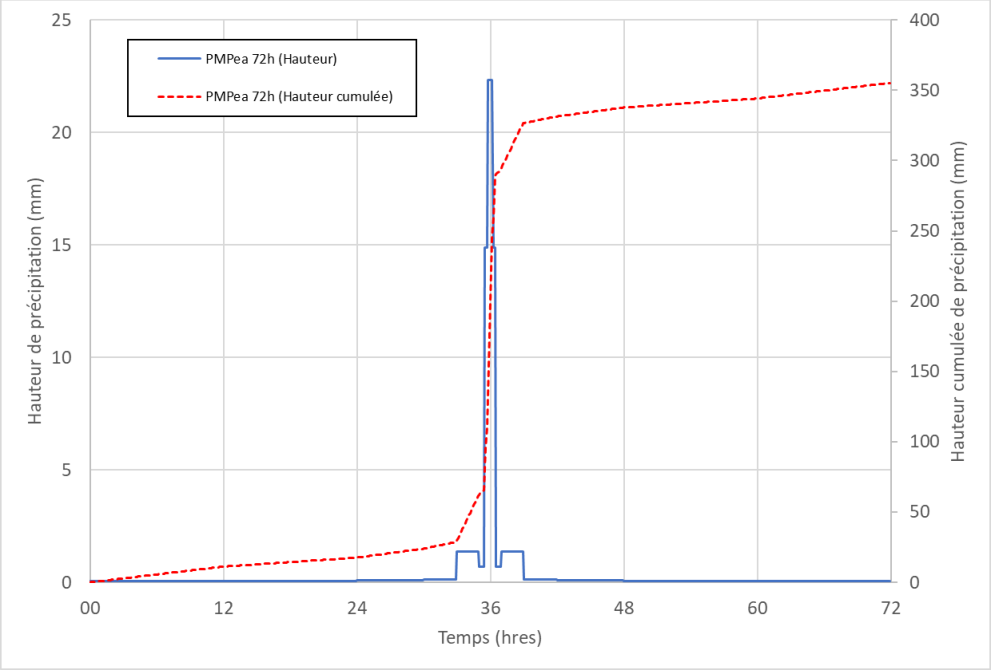


Figure 3-2 : Hyétogramme de précipitations du scénario (PMPea 72h)

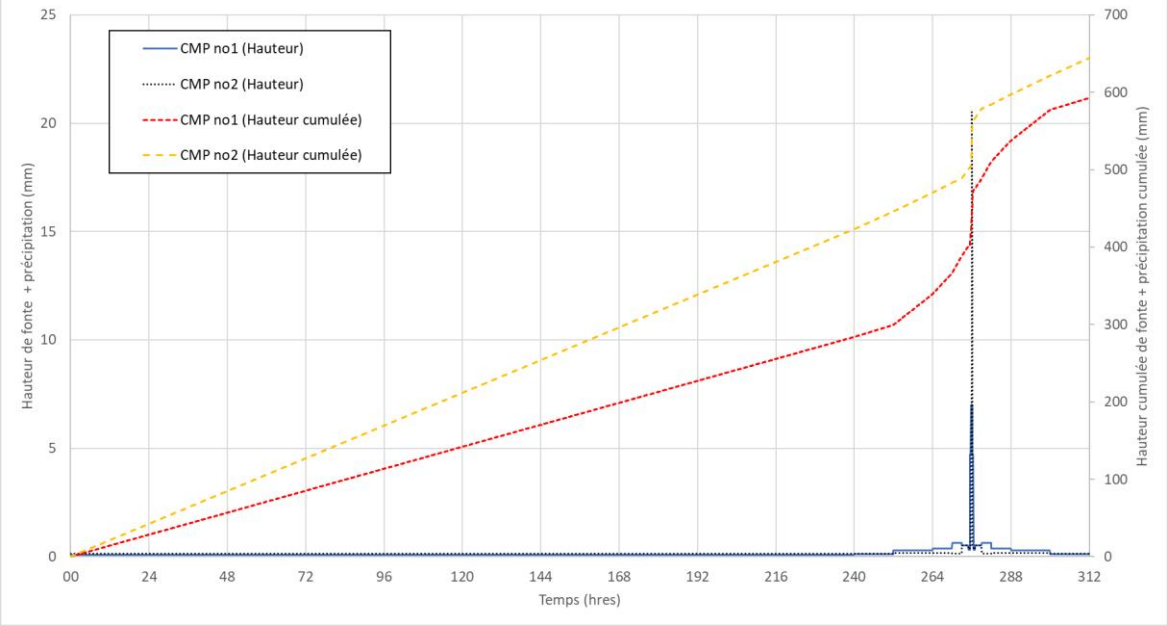


Figure 3-3 : Hyétogrammes des précipitations des crues (CMPp no 1) et (CMPp no 2)

4.0 Modélisation hydraulique PCSWMM

Le logiciel PCSWMM 2022 Professional 2D (SWMM5 v.5.1.015) a été utilisé pour modéliser le système d'écoulement d'eau du PAR Éléonore pour les différents scénarios météorologiques. La **Figure 4-1** présente la géométrie du modèle PCSWMM développé dans le cadre de cette étude.

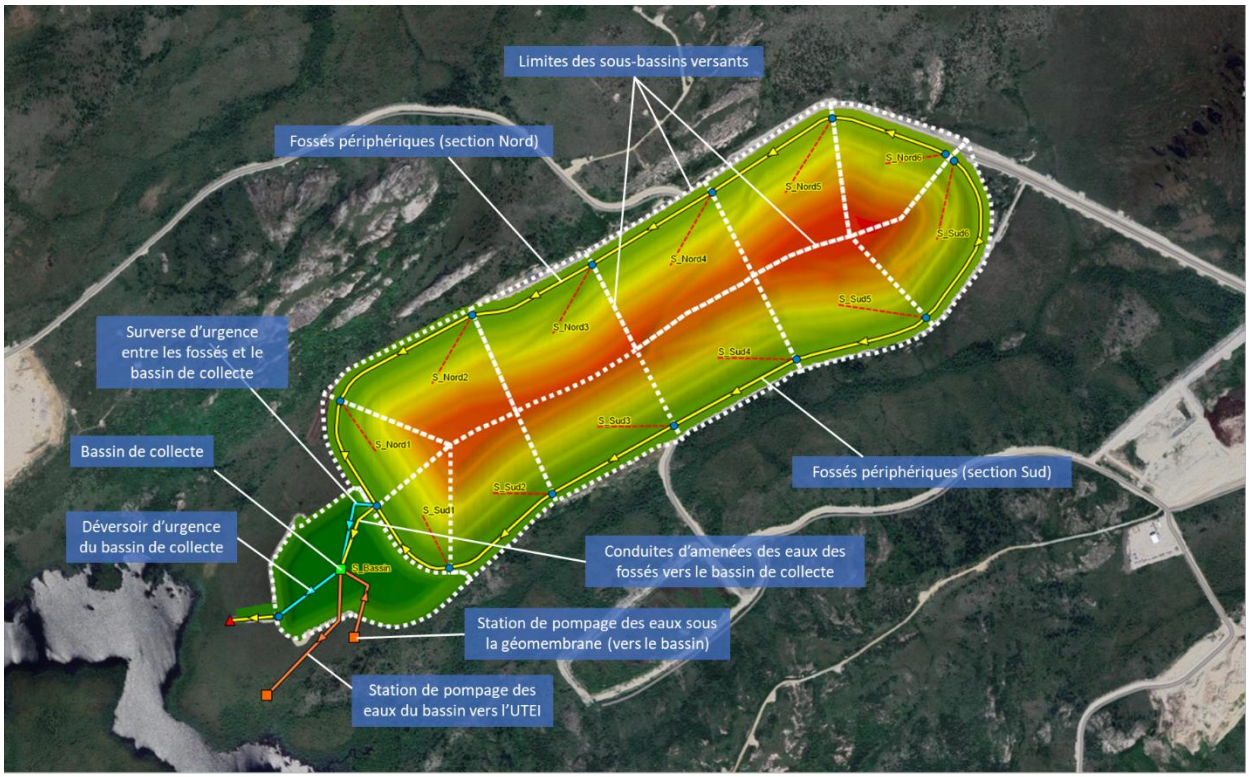


Figure 4-1 : Géométrie du modèle PCSWMM

Comme on peut le voir sur la **Figure 4-1**, le modèle divise le site en treize (13) sous-bassins versants et intègre les fossés périphériques de collecte des eaux nord et sud qui ceinturent le PAR. Le modèle intègre le bassin de collecte agrandie vers l'Est pour augmenter sa capacité d'emmagasinement. En opération normale, les eaux recueillies par les fossés sont acheminées vers le bassin de collecte par deux (2) conduites d'amenées de 900 mm de diamètre (phase 4A complété). Une surverse d'urgence est également aménagée entre les fossés et le bassin de collecte pour permettre le transfert des eaux lors d'évènement extrême. Le modèle intègre également la station de pompage qui amène les eaux pompées sous la géomembrane du PAR vers le bassin de collecte ainsi que la station de pompage qui amène les eaux du bassin de collecte vers l'usine de traitement des eaux industrielles (UTEI). Finalement, le modèle intègre le déversoir d'urgence du bassin de collecte qui permet l'évacuation contrôlée des eaux du bassin vers l'environnement lors des évènements de crues extrêmes (PMPea et CMPp no 1 et CMP no 2). Les sections qui suivent présentent plus en détail les différents éléments du modèle mentionné ci-dessus.

4.1 Sous-bassins versants

Le **Tableau 4-1** et le **Tableau 4-2** résument les caractéristiques et les paramètres hydrauliques utilisés pour chacun des sous-bassins considérés dans le modèle. La localisation des sous-bassins est spécifiée sur la **Figure 4-1.**

De façon conservatrice, on considère également que les sols sont saturés d'eau lors des scénarios météorologiques simulés et que l'infiltration sur les sous-bassins est nulle. Conséquemment, les paramètres d'infiltration du modèle sont fixés à zéro (0).

Tableau 4-1 : Caractéristiques des sous-bassins versants du modèle PCSWMM

#	Sous-bassin-versant dans PCSWMM	Superficie (ha)	Longueur d'écoulement (m)	Pente moyenne(%)	Pourcent. d'aire imperméable (%)	Caractérisation du territoire
1	S_Nord1	3,8	256,2	18,2	10	PAR recouvert (1)
2	S_Nord2	7,2	271,4	15,7	10	PAR recouvert (1)
3	S_Nord3	7,7	234,1	15,4	10	PAR recouvert (1)
4	S_Nord4	7,6	225,6	14,2	10	PAR recouvert (1)
5	S_Nord5	7,6	268,3	14,5	10	PAR recouvert (1)
6	S_Nord6	5,5	264,8	15,0	10	PAR recouvert (1)
7	S_Sud1	3,1	265,6	17,9	10	PAR recouvert (1)
8	S_Sud2	5,9	270,9	16,8	10	PAR recouvert (1)
9	S_Sud3	6,8	195,1	17,1	10	PAR recouvert (1)
10	S_Sud4	7,5	185,3	14,6	10	PAR recouvert (1)
11	S_Sud5	7,4	237,8	14,9	10	PAR recouvert (1)
12	S_Sud6	6,6	289,2	14,9	10	PAR recouvert (1)
13	S_Bassin	8,5	15,0	10,8	95	Bassin de collecte

Tableau 4-2 : Paramètres généraux utilisés pour les calculs hydrologiques dans PCSWMM

Paramètre	Valeur utilisée pour les BV "PAR recouvert"	Valeur utilisée pour le BV "Bassin de collecte"	Description
N Imperv	0,05 (1)	0,025 (2)	n de Manning pour les surfaces imperméables
N Perm	0,13 (3)	0,05 (1)	n de Manning pour les surfaces perméables
Stock. Surf. Imp. (ds) (mm)	1,27(4)	0 (6)	Hauteur de stockage des dépressions sur les surfaces imperméables
Stock. Surf. Per. (ds) (mm)	2,54(5)	0 (6)	Hauteur de stockage des dépressions sur les surfaces perméables

Note 1 : Tableau A.6 : "Manning's n - Overland Flow" pour une Surface "Fallow soils (no residue)" (EPA, 2015)
Note 2 : Tableau A.8 : "Manning's n - Open Channels" pour une Surface "Earth, straight and uniform" (EPA, 2015)
Note 3 : Tableau A.6 : "Manning's n - Overland Flow" pour une Surface "Range (natural)" (EPA, 2015)
Note 4 : Tableau A.5 : "Depression Storage" pour une surface imperméable ("Impervious surfaces") (EPA, 2015)
Note 5 : Tableau A.5 : "Depression Storage" pour une surface gazonnée ("Lawns") (EPA, 2015)
Note 6 : Pas de « ds » dans les bassins de collecte, car on considère que l'eau tombe directement dans les bassins

4.2 Fossés périphériques

Les eaux de ruissellement des sous-bassins du PAR Éléonore sont recueillies par les fossés périphériques qui les amènent vers les bassins de collecte localisés au sud-ouest. Les sections nord et sud des fossés présentent des pentes longitudinales de 0,5 % entre leur point amont et l'entrée du canal d'amenée vers le bassin de collecte. La section nord s'étend sur 1 843 m de longueur, tandis que la section sud s'étend sur 1 890 m de longueur. Comme présenté sur la **Figure 4-2**, le lit des fossés est posé à 3 m de largeur avec des pentes latérales de 2,5H :1V sur 2,0 m à 2,5 m de profond. Une profondeur de 2,0 m est suffisante pour la majorité du parcours des fossés, cependant, les 300 derniers mètres aval des fossés nord et sud doivent être rehaussés à 2,5 m. Ces dimensions ont été déterminées afin de laisser en tout temps une revanche de 0,3 m entre le niveau d'eau maximal atteint dans les fossés et le haut de leurs talus. Les sections nord et sud se rejoignent au point amont des deux (2) conduites d'amenées acheminant l'eau vers le bassin de collecte situé à 217,0 m d'élévation.

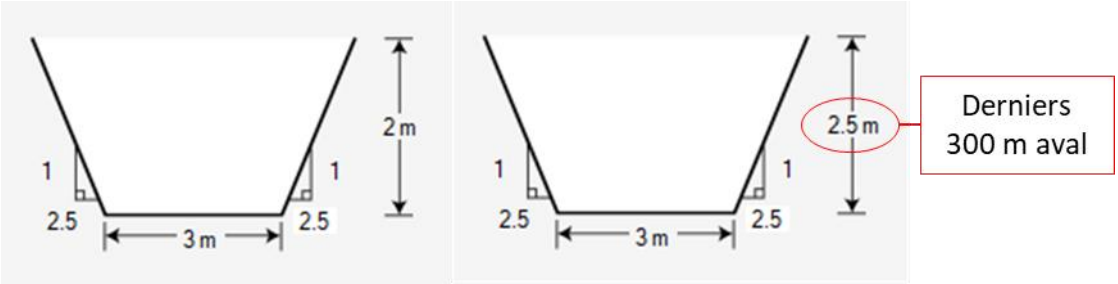


Figure 4-2 : Géométrie type des fossés périphériques (section transversale)

4.3 Conduites d'amenées et surverse d'urgence

Les eaux en provenance des fossés périphériques sont acheminées vers le bassin de collecte via deux (2) conduites d'amenées de 900 mm de diamètre et de 30 m de longueur présentant une pente d'écoulement de 0,5 %. Les radiers amont et aval des deux (2) conduites sont situés respectivement à 217,0 m et 216,85 m d'élévation. Comme ces deux (2) conduites ne sont pas en mesure d'acheminer les débits de pointes générés dans les fossés lors des évènements extrêmes (D019_2012, PMPea, CMPp no 1 et CMP no 2), une surverse d'urgence de 50 m de longueur sur 20,0 m de largeur a été ajoutée au droit de la digue entre les fossés et le bassin de collecte afin de permettre le transfert des eaux sans débordement lors de ces évènements. La **Figure 4-3** présente un schéma de la surverse intégrée dans le modèle PCSWMM. Il s'agit d'un seuil de type « roadway » dont le coefficient de décharge, qui fluctue autour de 1,47 (SI), est calculé automatiquement dans PCSWMM en fonction de la largeur du seuil et de la tête d'eau amont à différent incrément de largeur du seuil selon la méthode HDS-5 du FHWA (2012). Le seuil de la surverse est posé à 218,5 m d'élévation, soit 1,5 m en dessous de la crête de la digue situé à 220,0 d'élévation.

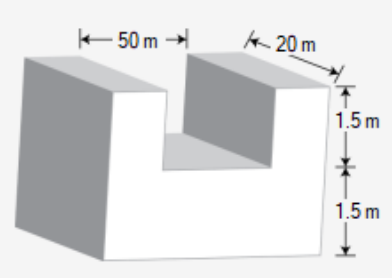


Figure 4-3 : Géométrie schématique de la surverse d'urgence entre les fossés et le bassin de collecte

4.4 Bassin de collecte

Afin d'assurer la gestion des eaux de surface du site, le bassin de collecte existant est agrandi vers l'Est afin d'augmenter sa capacité d'emmagasinement. La **Figure 4-4** illustre la configuration prévue du bassin de collecte agrandie. Comme présenté à la section précédente, l'eau de ruissellement du PAR recueilli par les fossés de collecte sera acheminée vers le bassin via les deux (2) conduites d'amenées ou la surverse entre les fossés et le bassin de collecte. Les eaux seront emmagasinées dans le bassin puis vidangées par pompage vers l'usine de traitement des eaux industrielles (UTEI). Le bassin va également recueillir les eaux pompées sous la géomembrane. Les spécificités des deux (2) systèmes de pompage sont présentées à la **Section 4.5**. La **Figure 4-5** présente la courbe d'emmagasinement du bassin de collecte agrandie. Le **Tableau 4-3** présente quant à lui les différents niveaux d'opérations du bassin.

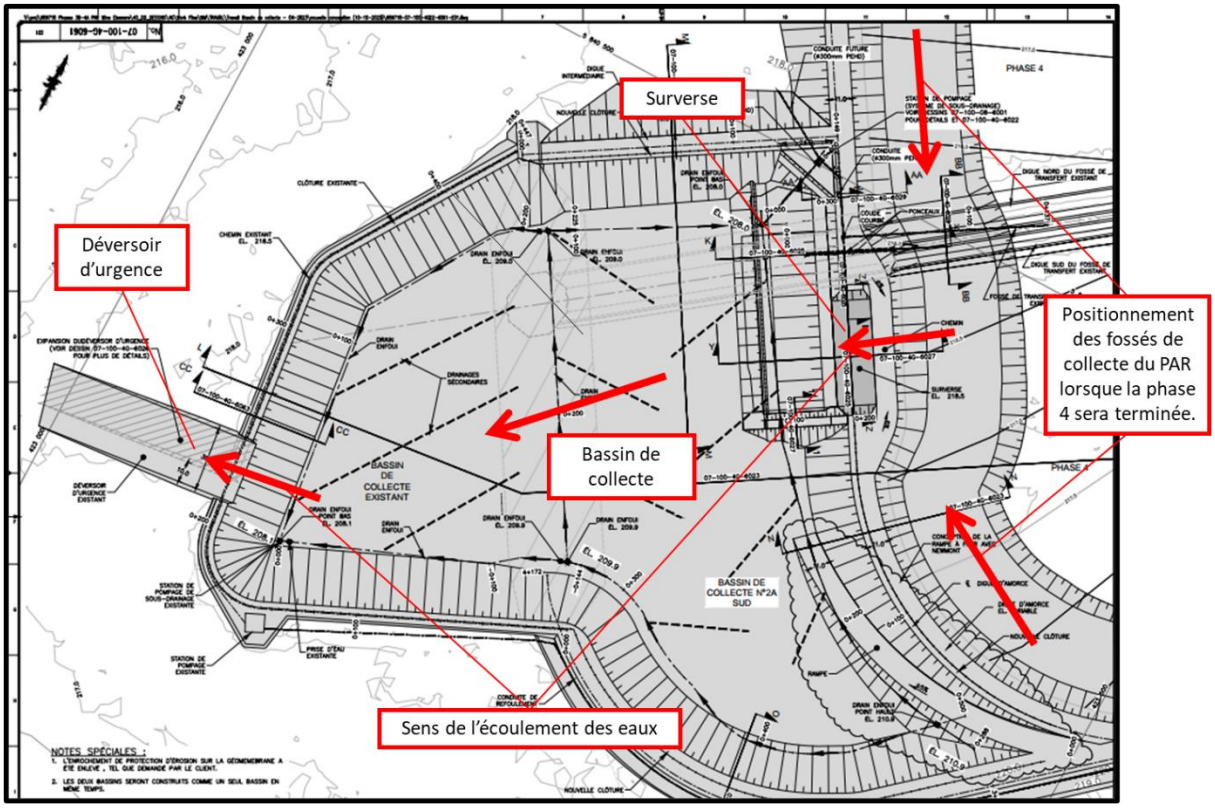


Figure 4-4 : Configuration du bassin de collecte agrandie

Tableau 4-3 : Niveaux d'opérations du bassin de collecte agrandie

Niveaux d'opérations	Niveau (m)
Niveau d'opération minimum (m)	213,5
Niveau d'opération normal (m)	214,0
Niveau d'opération maximum (m)	214,0
Niveau d'opération maximum en conditions hivernales (m)	214,0

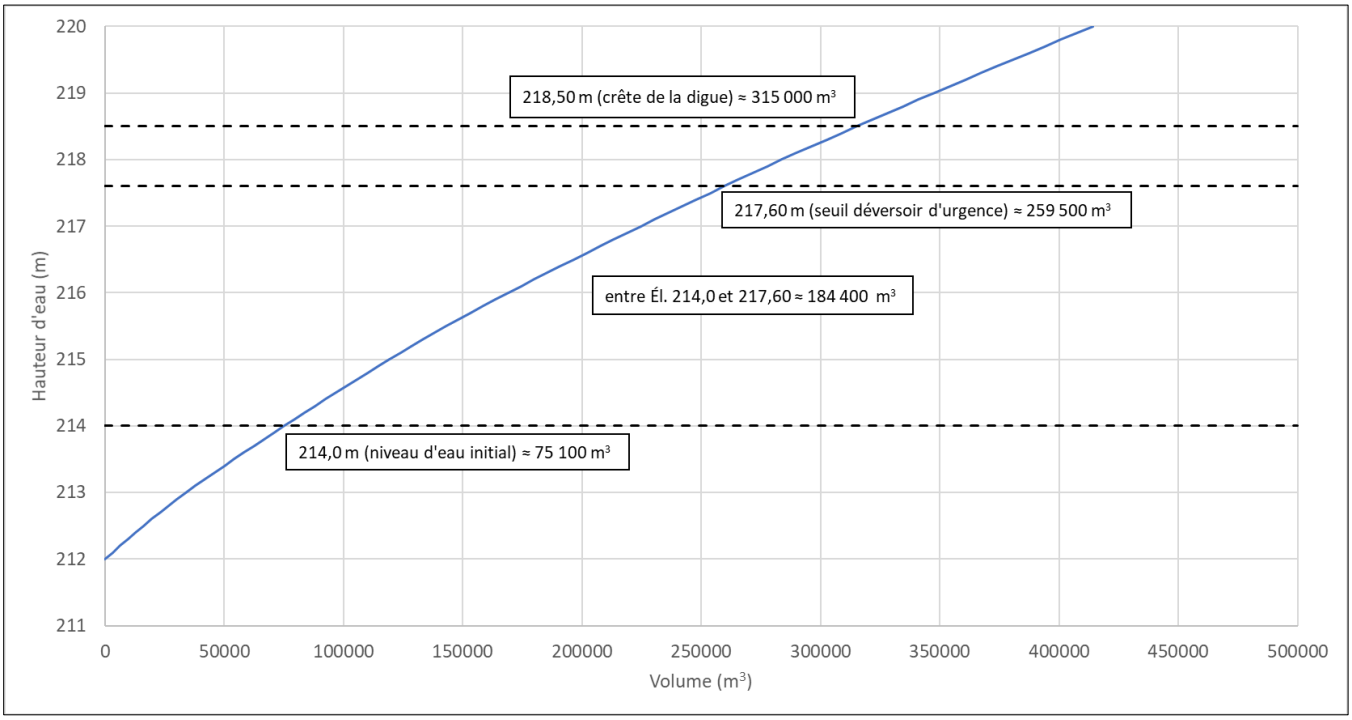


Figure 4-5 : Courbe d'emmagasinement du bassin de collecte agrandie

4.5 Stations de pompage

Le modèle intègre également la station de pompage qui amène les eaux pompées sous la géomembrane du PAR vers le bassin de collecte ainsi que la station de pompage qui amène les eaux du bassin vers l'UTEI.

Un débit constant de 28 m^3/h (0,008 m^3/s) est pompé sous la géomembrane du site vers le bassin existant, ce qui représente le débit de pompage le plus élevé mesuré à la station (SNC-Lavalin, 2022). Dans le cadre des simulations, on considère qu'un débit équivalent sera pompé sous la géomembrane vers le bassin de collecte agrandie.

Un débit de 380 m^3/h (0,106 m^3/s) est quant à lui pompé du bassin de collecte agrandie vers la station de l'UTEI lors de la simulation des scénarios s'étendant sur une période de plus de trois (3) jours, soient lors des scénarios D019-2012, CMPp no 1 et CMP no 2. Pour le scénario PMPea qui s'étend sur une durée de trois (3) jours, on considère que la station de pompage vers l'UTEI n'est pas fonctionnelle et que le débit pompé vers l'UTEI est nul.

4.6 Déversoir d'urgence

Le modèle intègre finalement le déversoir d'urgence du bassin de collecte agrandie. Le seuil du déversoir est situé à 217,60 m d'élévation. Le déversoir est représenté dans le modèle PCSWMM par un déversoir de type trapézoïdal présentant des pentes latérales de 2H :1V. Un coefficient de décharge de 1,66 $m^{0.5}/s$ (3,0 $pi^{0.5}/s$) est utilisé. Il s'agit du coefficient de décharge recommandé par l'USACE (2022) pour les écoulements au-dessus des remblais d'approche de routes surélevées, ce qui s'apparente à l'approche de la pente du bassin de collecte en amont du déversoir d'urgence. La largeur de la base du déversoir a été dimensionnée à 30 m afin de maintenir la revanche minimale requise dans le bassin de collecte.

5.0 Critère de conception

Les critères de conception considérés lors des simulations sont les suivants :

- Les bassins doivent être en mesure d'emmagasiner la crue de la Directive 019 (D019-2012) simulée tout en maintenant la revanche minimale requise de 1,0 m par rapport à la crête des digues des bassins de collecte;
- Le déversoir d'urgence doit permettre l'évacuation adéquate des eaux lors des trois (3) scénarios de CMP simulés (PMPea, CMPp no 1 et CMPp no 2) afin de maintenir les revanches minimales requises;
- Le système de collecte des eaux de ruissellement doit être en mesure d'acheminer adéquatement les eaux vers les bassins (pas de débordement en amont).

Les niveaux d'eau initiaux dans les bassins considérés lors des simulations sont les suivants :

- Conditions printanières (D019-2012, CMPp no1 et CMPp no 2) : 214,0 m;
- Conditions été-automne (PMPea) : 214,0 m.

Les règles d'opération des stations de pompage considérées lors des simulations sont les suivantes :

- Conditions printanières (D019-2012, CMPp no1 et CMPp no 2) :
  - Débit pompé du bassin BE vers l'UTEI : 380 m^3/h (0,106 m^3/s) en tout temps;
  - Débit pompé sous la géomembrane du site vers le bassin BE : 28 m^3/h (0,008 m^3/s) en tout temps.
- Conditions été-automne (PMPea) :
  - Débit pompé du bassin BE vers l'UTEI : nul (station considérée non fonctionnelle);
  - Débit pompé sous la géomembrane du site vers le bassin BE : 28 m^3/h (0,008 m^3/s) en tout temps.

Le **Tableau 5-1** présente les revanches minimales requises pour le scénario de D019 et les scénarios de CMP selon les recommandations applicables.

Tableau 5-1 : Revanches minimales requises dans le bassin de collecte

	Bassin existant (BE)
Élévation min. de la crête des digues (m)	218,50
Lors du scénario de la Directive 019	
Revanche min. requise lors du scénario de la D019 (m)	1,00
Niveau d'eau maximal correspondant (m)	217,50
Lors des scénarios de crues maximales probables (CMP)	
Revanche min. requise selon l'ACB lors des CMP* (m)	0,70
Niveau d'eau maximal correspondant (m)	217,80
Revanche min. requise retenue pour la conception lors des CMP** (m)	0,30
Niveau d'eau maximal correspondant (m)	218,20

* Calculées selon la méthodologie proposée par l'ACB (2013) en fonction de la remontée des vagues et de la seiche de vent.
** Revanche min. jugée acceptable selon la topographie aval du site et le niveau de conséquence en cas de rupture de la digue.

Comme on peut le voir sur le **Tableau 5-1**, une revanche minimale de 0,30 m a été retenue comme critère de conception du bassin de collecte lors des scénarios de crues maximales probables (CMP). Cette revanche est inférieure à celle de 0,70 m calculée selon la méthodologie de l'ACB. Elle est toutefois considérée acceptable si l'on prend en considération la topographie aval du site et le niveau de conséquence en cas de rupture de la digue. En effet, l'élévation du terrain naturel au pied aval de la digue du bassin est située à 217,60 m d'élévation, soit la même élévation que le seuil du déversoir d'urgence du bassin. La crête de la digue, située à 218,50 m d'élévation, est donc située à seulement 0,90 m au-dessus du terrain naturel à son pied aval. En cas de rupture de la digue, le volume d'eau déversé vers l'environnement par la brèche ne dépasserait pas le volume d'eau évacué par le déversoir d'urgence lors d'un scénario sans rupture de la digue. Vu le niveau de conséquence très faible en cas de bris de la digue du bassin de collecte, il est jugé acceptable d'utiliser une revanche minimale en deçà de celle recommandée par l'ACB.

5.1 Simulations supplémentaires crue été-automne

À des fins de référence, une série de simulations supplémentaires avec les scénarios de crue « été-automne » de récurrence 1 :100 ans 24h (118,1 mm), 1 :1000 ans 24h (154,0 mm) et PMPea 72h (355,3 mm) a été réalisée en considérant la station de pompage opérationnelle. Dans le cadre de ces simulations, les règles d'opération des stations de pompage considérées lors des simulations sont les suivantes :

- Conditions été-automne :
  - Débit pompé du bassin BE vers l'UTEI : 380 m^3/h (0,106 m^3/s) en tout temps;
  - Débit pompé sous la géomembrane du site vers le bassin BE : 28 m^3/h (0,008 m^3/s) en tout temps.

Mise à part cette exception, l'ensemble des critères de conception présentés à la **section 5.0** ont été considérés dans le cadre de ces simulations. Les résultats de ces simulations sont présentés à la **section 6.3**.

6.0 Résultats des simulations

6.1 Crue de la Directive 019

Les résultats des simulations démontrent que les bassins sont en mesure d'emmagasiner la crue de la Directive 019 (fonte du couvert de neige 100 ans (369 mm) en 30 jours, suivie d'une pluie de printemps 1000 ans 24h (109,2 mm)). Comme présenté sur la **Figure 6-1**, le niveau d'eau dans les bassins de collecte agrandie atteint une élévation maximale de 217,21 m. Conséquemment, la revanche minimale requise de 1,0 m lors du scénario D019-2012 est respectée.

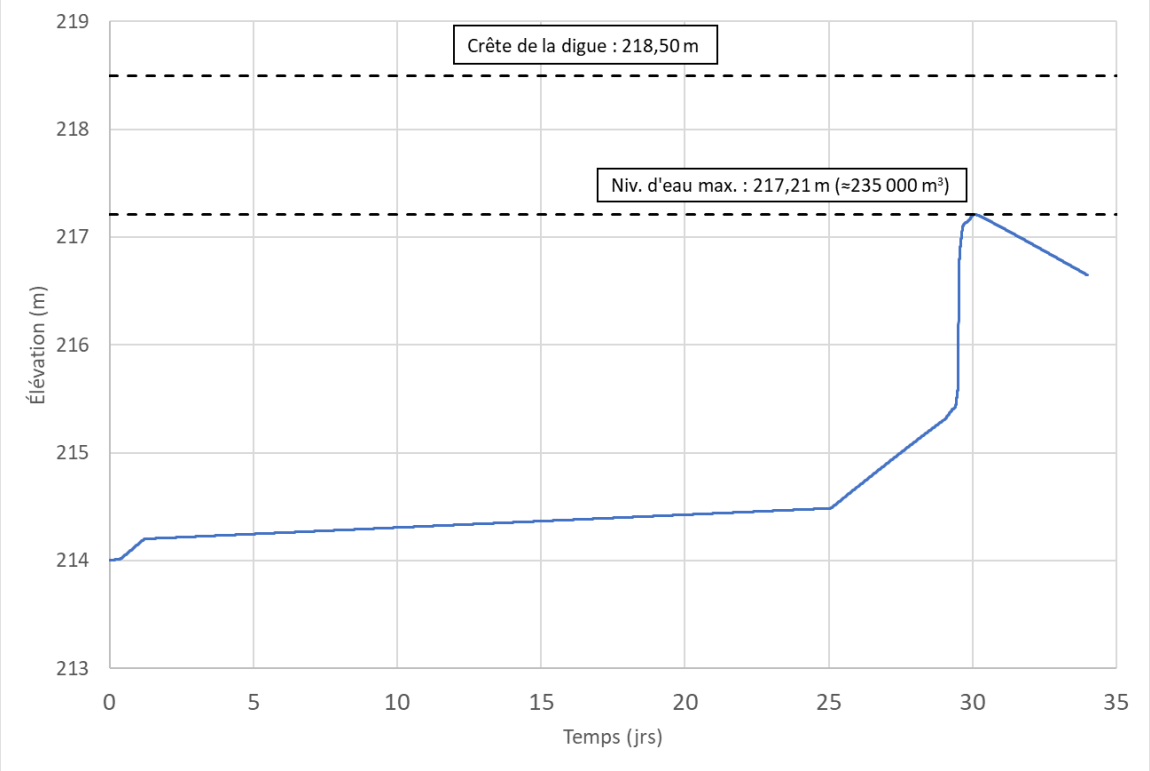


Figure 6-1 : Niveau d'eau dans le bassin de collecte agrandie lors du scénario D019-2012

6.2 Crues maximales probables et dimensionnement du déversoir d'urgence

À la suite des simulations des trois (3) scénarios de crues maximales probables, soient la PMPea, la CMPp no1 et la CMPp no2, il a été constaté que c'est le scénario PMPea qui génère les niveaux d'eau les plus critiques dans le bassin de collecte agrandie. C'est donc ce scénario qui a dirigé le dimensionnement du déversoir d'urgence.

En considérant que le seuil du déversoir d'urgence est situé à 217,60 m d'élévation et que le niveau d'eau initial dans le bassin est posé à 214,0 m lors du scénario PMPea, un déversoir de 230 m de largeur devrait être aménagé afin de respecter une revanche minimale de 0,70 m dans le bassin. Un déversoir de 30 m de largeur permet quant à lui être de maintenir une revanche minimale de 0,42 m, soit une revanche respectant le critère de revanche minimale de 0,30 m retenue pour la conception. Le **Tableau 6-1** résume ces résultats.

Tableau 6-1 : Revanche min. calculée dans le bassin de collecte agrandie selon la largeur du déversoir d'urgence

Scénario simulé	Largeur du déversoir d'urgence (m)	Niv. d'eau max. bassin (m)	Crête de la digue (m)	Revanche min. correspondante (m)
PMPea	230	217,80	218,50	0,70
PMPea	30	218,07	218,50	0,42

6.3 Simulations supplémentaires en crue été-automne

Comme mentionné à la **section 5.1**, à des fins de référence, une série de simulations supplémentaires avec les scénarios de crue « été-automne » de récurrence 1 :100 ans 24h (118,1 mm), 1 :1000 ans 24h (154,0 mm) et PMPea 72h (355,3 mm) a été réalisée en considérant la station de pompage opérationnelle. La **Figure 6-2** présente les niveaux d'eau calculés dans le bassin de collecte lors de ces simulations.

À noter qu'un déversoir d'urgence de 30 m de largeur a été considéré dans le cadre de ces simulations. En comparaison avec les résultats présentés à la **section 6.2** par rapport à la PMPea, on remarque que le niveau d'eau maximal atteint lors de cet évènement est de 218,02 m d'élévation, soit une réduction de 0,05 m par rapport au résultat de la simulation sans pompage du bassin vers l'UTEI. Au regard de ces résultats, on en conclu que l'incidence du pompage sur le niveau d'eau dans le bassin de collecte est faible lors du passage de la PMPea.

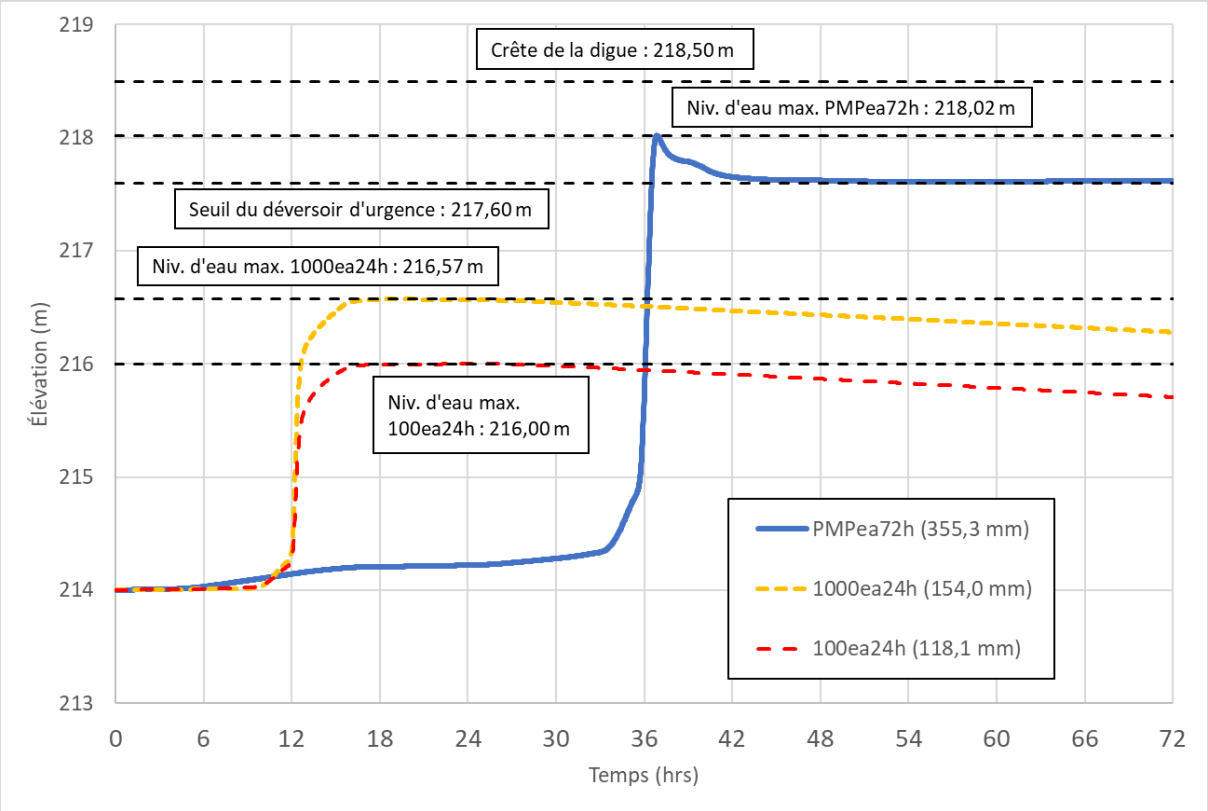


Figure 6-2 : Niveau d'eau dans le bassin de collecte agrandie lors de scénarios de crue « été-automne » en considérant la station de pompage opérationnelle

6.4 Activation de la surverse

Une dernière série de simulation a été réalisée afin d'évaluer la crue minimale générant un écoulement par la surverse entre les fossés de collecte et le bassin de collecte agrandie. Le **Tableau 6-2** détaille les résultats des simulations effectuées. On peut voir qu'une crue 1 :2 ans 24h génère déjà un débit d'écoulement très faible par la surverse. Le débit repris par la surverse augmente ensuite progressivement selon l'intensité de la crue simulée.

Tableau 6-2 : Débit max. calculé au droit de la surverse selon différentes récurrences de crue

Crue simulée	Surverse activée? (oui/non)	Débit max. (m^3/s)	Él. du seuil de la surverse (m)	Él. max. du niv. d'eau à l'amont de la surverse (m)	Hauteur d'eau max. à l'amont de la surverse (m)
2 ans été-automne 24h (42,6 mm)	Oui	0,01	218,50	218,503	0,003
5 ans été-automne 24h (61,8 mm)	Oui	4,14		218,64	0,14
10 ans été-automne 24h (75,5 mm)	Oui	7,96		218,71	0,21
20 ans été-automne 24h (90,0 mm)	Oui	13,42		218,80	0,30
25 ans été-automne 24h (94,4 mm)	Oui	15,49		218,82	0,32
50 ans été-automne 24h (109,6 mm)	Oui	24,01		218,93	0,43
100 ans été-automne 24h (118,1 mm)	Oui	33,24		219,04	0,54
1000 ans été-automne 24h (154,0 mm)	Oui	51,34		219,22	0,72
Crue de la D019 (478,2 mm en 30 jours)	Oui	32,59		219,03	0,53
PMPea 72h (355,3 mm)	Oui	52,33		219,23	0,73

7.0 Protection contre l'érosion

7.1 Protection au droit des infrastructures hydrauliques

Des mesures de protection contre l'érosion devront être mises en place aux droits des infrastructures de gestion des eaux du site. Le **Tableau 7-1** présente les caractéristiques des infrastructures hydrauliques considérées et les débits et vitesses maximums calculés lors des simulations. Ces résultats sont tirés du scénario PMPea qui génère les débits et les vitesses d'écoulement les plus critique. Sur la base de ces résultats, la méthodologie proposée par Mishra (1998) a été suivie pour dimensionner l'enrochement de protection nécessaire aux droits des infrastructures considérées. Le **Tableau 7-2** présente les dimensions calculées.

Tableau 7-1 : Caractéristiques, débits et vitesse max. calculés au droit des infrastructures hydrauliques

Infrastructure	Largeur/ Diamètre (m)	Pente aval max. (m/m)	Pente aval max. (V :H))	Débit max. (m^3/s)	Vitesse max. (m/s)
Fossés de collecte (Nord et Sud)	3,0	0,006 m	1 :173	28,847	1,81
Extrémités avales des conduites d'amenées des eaux des fossés vers le bassin de collecte (géom. 1)	0,9 x 2	0,167	1 :6	3,728	3,00
Extrémités avales des conduites d'amenées des eaux des fossés vers le bassin de collecte (géom. 2)	0,9 x 2	0,25	1 :4	4,052	3,24
Surverse des fossés vers le bassin de collecte (géom. 1)	50	0,167	1 :6	52,328	1,05
Surverse des fossés vers le bassin de collecte (géom. 2)	30	0,25	1 :4	51,918	1,73
Déversoir d'urgence	30	0,333	1 :3	15,92	2,09

Comme on peut le voir sur le **Tableau 7-1**, deux (2) géométries de surverse ont été analysées, soit une géométrie considérant une surverse de 50 m de largeur avec une pente aval de 1V :6H (géom. 1), et une géométrie considérant une surverse de 30 m de largeur avec une pente aval de 1V :4H (géom. 2). Tel que présenté sur le **Tableau 7-2**, la géométrie considérée influence l'enrochement de protection nécessaire.

Tableau 7-2 : Enrochements de protection recommandés aux droits des infrastructures hydrauliques

Infrastructure	Calibre (mm)	D50 (mm)	Épaisseur (mm)
Fossé de collecte (Nord et Sud)	0-200	100	300
Extrémités avales des conduites d'amenées des eaux des fossés vers le bassin de collecte (géom. 1)	300-400	350	1400
Extrémités avales des conduites d'amenées des eaux des fossés vers le bassin de collecte (géom. 2)	400-500	450	1800
Surverse des fossés vers le bassin de collecte (géom. 1)	300-400	350	1400
Surverse des fossés vers le bassin de collecte (géom. 2)	550-650	600	2400
Déversoir d'urgence	300-400	350	1400

7.2 Protection contre l'effet des vagues

Afin de protéger les talus internes du bassin de collecte agrandie contre l'effet érosif des vagues, il est recommandé de poser un enrochement de protection de calibre 170-250 mm avec un D_{50} de 230 mm sur un minimum de 430 mm d'épaisseur. Le **Tableau 7-3** détaille ces dimensions. Cet enrochement a été déterminé en suivant la méthodologie proposée par le SEBJ (1997). Une épaisseur minimale associée à un enrochement comportant suffisamment de vide permettra une dissipation efficace de l'énergie des vagues.

Tableau 7-3 : Enrochement de protection recommandé pour les talus internes du bassin de collecte

Infrastructure	Calibre (mm)	D50 (mm)	Épaisseur (mm)
Talus interne du bassin de collecte agrandie	170-250	230	430

7.3 Modification de la largeur de la surverse

Une analyse supplémentaire a été réalisé afin d'évaluer l'incidence de la largeur de la surverse d'urgence (voir **section 4.3**) sur le dimensionnement de l'enrochement de protection nécessaire. Le **Tableau 7-4** résume la géométrie des trois largeurs considérées dans le cadre de l'analyse et présente les débits et les vitesses maximales calculées lors des simulations avec le modèle PCSWMM. Ces résultats sont tirés du scénario PMPea qui génère les débits et les vitesses d'écoulement les plus critique. À noter que, dans le cadre de cette analyse, seule la largeur de la surverse a été modifiée, tous les autres éléments du modèle étant inchangés. Sur la base de ces résultats, la méthodologie proposée par Mishra (1998) a été suivie pour dimensionner l'enrochement de protection nécessaire aux droits des infrastructures considérées. Les dimensions calculées sont également présentées au **Tableau 7-4**.

Tableau 7-4 : Caractéristiques, débits et vitesse max. et dimensionnement de l'enrochement de protection proposées au droit de la surverse d'urgence en fonction de la largeur proposée

Infrastructure	Largeur (m)	Pente aval max. (m/m)	Pente aval max. (V :H))	Débit max. (m^3/s)	Vitesse max. (m/s)	Rip Rap proposé	
						D50 (mm)	Épaisseur (mm)
Surverse des fossés vers le bassin de collecte.	50	0,167	1 :6	52,32	1,63	350	1400
	100			52,65	0,90	225	900
	150			52,81	0,62	200	800

8.0 Références

ACB (2013) : Association canadienne des barrages, Recommandations de sécurité des barrages, 2013.

ACB (2019) : Association canadienne des barrages, Application des recommandations sur la sécurité des barrages aux barrages miniers, 2019.

EPA (2015): United States Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Revised September 2015 (réf. EPA/600/R-14/413b).

EPA (2016): United States Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model Reference Manual Volume 1 – Hydrology (Revised). Revised January 2016 (réf. EPA/600/R-15/162A).

FHWA (2012) : U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Hydraulic Design Series Number 5 (HDS-5), Hydraulic Design of Highway Culverts Third Edition, avril 2012

MDDEP (2012) : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Directive 019 sur l'industrie minière, mars 2012.

SEBJ (1997) : Société d'énergie de la Baie James, Guide pratique – Dimensionnement du riprap, juin 1997.

SNC-Lavalin (2019) : Note technique – Hydrologie, décembre 2019 (réf. 664660-1000-4HER-0004).

SNC-Lavalin (2022) : Note technique – Mise à jour de l'étude du système de sous-drainage du bassin de collecte du PAR, juin 2022 (réf. 689781-7000-49ER-0001).

SNC-Lavalin (2023) : Dessin « Parc à résidus miniers – travaux phase 3B et 4A Bassin de collecte 2A Sud Vue en plan », nov. 2023 (réf. 689718-07-100-4GD2-6061-E01).

USACE (2022) : US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, juillet 2022.

Annexe C

Blast assessment on Existing TSF – Éléonore Phase 5A

AtkinsRéalis	TECHNICAL NOTE Blast Assessment on Existing TSF		
	Document No.:	**Rev.**	**Date:**
	699802-2100-4GER-0001	00	September 6, 2024

Title of document: **Blast Assessment on Existing TSF – Éléonore Phase 5A**

Client: **NEWMONT CORPORATION – MINE ÉLÉONORE**

Project: **DETAILED ENGINEERING FOR PHASE 5 OF THE ÉLÉONORE MINE TAILINGS FACILITY**

Prepared under ICS[1] by: Kasra Majdani, Ph.D.

Kasra Majdani

Prepared by: Amir Hossein Zamani, Eng., M.Sc.A.
#OIQ: 5021566

Prepared by: Yassir Marrah, Eng., M.A.Sc
#OIQ: 6042790 (Section 1 - 4.1)

Prepared by: Ali Reza Zafarani, CEP, Ph.D.
#OIQ: 6055632

Revised by: Amir Hossein Zamani, Eng., M.Sc.A.
#OIQ: 5021566

Approved by: Genevieve Marchand, Eng., M.Sc., PMP
#OIQ: 127590

[1] *ICS: Immediate control and supervision by an engineer, as specified by the Ordre des ingénieurs du Québec to oversee the contribution of non-engineers or candidates to the engineering profession (CEP) to the performance of activities reserved to engineers.*

Notice to Reader

This report has been prepared and the work referred to in this report has been undertaken by AtkinsRéalis Canada Inc. (AtkinsRéalis), for the exclusive use of Newmont, who has been party to the development of the scope of work and understands its limitations. The methodology, findings, conclusions and recommendations in this report are based solely upon the scope of work and subject to the time and budgetary considerations described in the proposal and/or contract pursuant to which this report was issued. Any use, reliance on, or decision made by a third party based on this report is the sole responsibility of such third party. AtkinsRéalis accepts no liability or responsibility for any damages that may be suffered or incurred by any third party as a result of the use of, reliance on, or any decision made based on this report.

The findings, conclusions and recommendations in this report (i) have been developed in a manner consistent with the level of skill normally exercised by professionals currently practicing under similar conditions in the area, and (ii) reflect AtkinsRéalis' best judgment based on information available at the time of preparation of this report. No other warranties, either expressed or implied, are made with respect to the professional services provided to Newmont or the findings, conclusions and recommendations contained in this report. The findings and conclusions contained in this report are valid only as of the date of this report and may be based, in part, upon information provided by others. If any of the information is inaccurate, new information is discovered or project parameters change, modifications to this report may be necessary.

This report must be read as a whole, as sections taken out of context may be misleading. If discrepancies occur between the preliminary (draft) and final version of this report, it is the final version that takes precedence. Nothing in this report is intended to constitute or provide a legal opinion.

The contents of this report are confidential and proprietary. Other than by Newmont, copying or distribution of this report or use of or reliance on the information contained herein, in whole or in part, is not permitted without the express written permission of Newmont and AtkinsRéalis.

List of Revisions

#	Prep.	Rev.	App.	Date	Pages	Remarks
PB	KM//YM/ARZ	AHZ	GM	2024-07-12	All	Issue for client's comments
00	KM//YM/ARZ	AHZ	GM	2024-09-06	All	Version Finale

Table of contents

1. Introduction 1

1.1 Context 2

1.2 Study Objectives 2

2. Regulatory Framework 2

2.1 Directive 019 3

2.2 U.S. Guidelines and Standards 4

2.3 Other Guidelines and Standards 4

3. Available Information 4

3.1 Existing Infrastructure 5

3.2 Blasting History 5

4. Methodology and Blasting Criteria 5

4.1 Empirical Models 7

4.1.1 Peak Particle Velocity (PPV) 7

4.1.2 Pore Water Pressure Ratio 8

4.2 Numerical Model 8

4.2.1 Methodology 8

4.2.2 Model Geometry and Selection of Critical Cross-Sections 9

4.2.3 Model Control Points 11

4.2.4 Blast Loads 11

4.2.5 Material Properties and Constitutive Models 16

4.3 Results 17

4.3.1 Empirical Results 17

4.3.2 Numerical Assessment of Blasting 19

5. Conclusions and Recommendations 39

6. Limitations of Numerical Analysis 40

7. References 41

List of Tables

Table 2-1: Maximum allowed velocity based on ground vibration frequencies (in cases where homes are located less than 1 km from the mine) 3

Table 2-2: Maximum allowable PPV (OSMRE, 1987) 4

Table 2-3: PPV limit criteria applied in practice (Bouchard et al., 2015) 4

Table 4-1: Input sinusoidal loads for Section C-C 13

Table 4-2: Input sinusoidal loads for Section A-A 13

Table 4-3: Summary of the recorded blast loads at Éléonore mine site 15

Table 4-4: Hydro-geotechnical material properties used for dynamic FLAC analyses (AtkinsRéalis, 2024) 16

Table 4-5: Maximum PPV response of the northside dike after sinusoidal loads on Section C-C 19

Table 4-6: Maximum PPV response of the northside dike after sinusoidal loads on Section A-A 20

Table 4-7: Summary of the maximum values of the FLAC analyses for Sections C-C and A-A; max shear strain, horizontal and vertical displacements, and ru 38

List of Figures

Figure 1-1. Location of Phase 5 at the north side of the existing TSF 1

Figure 2-1: Safe level of blasting for houses using a combination of particle velocity and frequency (from Siskind et al., 1980 and MERN, 2016) 3

Figure 4-1: Methodology Flowchart used for defining the allowed maximum PPV 6

Figure 4-2: Éléonore plan view of the analyzed Sections C-C and A-A and blast point 10

Figure 4-3: Geometry of the analyzed sections in FLAC - Section C-C 10

Figure 4-4: Geometry of the analyzed sections in FLAC – Section A-A 10

Figure 4-5: Location of the control points, a) Section C-C Section C-C where DN_1, TN_1, and CN_1 record the parameters in the tailings, clay, and at the top of the dike on the north side; b) Section A-A where DE_1, TE_1, and CE_1 record the parameters in the tailings, clay, and at the top of the dike on the east side 11

Figure 4-6: Generated sinusoidal loads used in the FLAC analyses for Section C-C, a) PPV = 9 mm/s and f = 4 Hz, b) PPV = 2 mm/s and f = 9 Hz, c) PPV = 5 mm/s and f = 15 Hz, and d) PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz 12

Figure 4-7: Generated sinusoidal loads used in the FLAC analyses for Section A-A, a) PPV = 9 mm/s and f = 4 Hz, b) PPV = 2 mm/s and f = 9 Hz, c) PPV = 5 mm/s and f = 15 Hz, and d) PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz 13

Figure 4-8: Éléonore recorded blast load through geophone on 22 January, 2024 at 15:59:50 14

Figure 4-9: Recorded blast load at Carriere C02 on May 23, 2024 at 16:30:22 15

Figure 4-10: PPV-f correlations for different distances of blasting points 18

Figure 4-11: Estimated PPR by empirical equations for a) the blast at 50 m from the TSF, and b) the blast at 100 m from the TSF 19

Figure 4-12: Maximum PPV response of the northside dike for Section C-C after sinusoidal loading and compliance with the guidelines 20

Figure 4-13: Maximum PPV response of the northside dike for Section A-A after sinusoidal loading and compliance with the guidelines 21

Figure 4-14: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, maximum shear strain; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and f = 20 Hz 22

Figure 4-15: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, horizontal displacement; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and f = 20 Hz 23

Figure 4-16: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, vertical displacement; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and f = 20 Hz 24

Figure 4-17: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, ru; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and f = 20 Hz 25

Figure 4-18: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, ru response of the control point in the tailings, a) Section C-C, and b) Section A-A 26

Figure 4-19: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, PPV response of the control point in the dike, a) Section C-C, and b) Section A-A 26

Figure 4-20: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, stress-strain of the control point in the clay layer, a) Section C-C, and b) Section A-A 27

Figure 4-21: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, maximum shear strain; a) Section C-C, b) Section A-A 28

Figure 4-22: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, horizontal displacement; a) Section C-C, b) Section A-A 29

Figure 4-23: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, vertical displacement; a) Section C-C, b) Section A-A 30

Figure 4-24: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, ru; a) Section C-C, b) Section A-A 31

Figure 4-25: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, ru response of the control point in the tailings, a) Section C-C, and b) Section A-A 32

Figure 4-26: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, PPV response of the control point in the dike, a) Section C-C, and b) Section A-A 32

Figure 4-27: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, stress-strain of the control point in the clay layer, a) Section C-C, and b) Section A-A 33

Figure 4-28: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, maximum shear strain; a) Section C-C, b) Section A-A 34

Figure 4-29: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, horizontal displacement; a) Section C-C, b) Section A-A 35

Figure 4-30: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, vertical displacement; a) Section C-C, b) Section A-A 36

Figure 4-31: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, ru; a) Section C-C, b) Section A-A 37

List of Appendices

Appendix A. Recorded Blast Data Received from Éléonore Mine Site and plan view of the allowed PPVs on the geophones

1. Introduction

Since 2014, Newmont Corporation (Newmont) has been operating the Éléonore mine gold deposit located along the Opinaca Reservoir, in the James Bay Territory of Eeyou Istchee, approximately 800 km north of the city of Montréal. The Éléonore mine comprises a multitude of infrastructure including an underground gold mine, a water treatment plant, a waste rock pile, a tailings management facility (TMF), a collection pond, access roads, an airstrip, and a camp.

At the beginning of the operation in 2014, it was planned to build the TSF in four (4) deposition phases. Phases 1, 2, 3A and 3B have already been built, while phase 4A of the TSF as well as the expansion of the collection pond are under construction. The TSF, including phase 4A, is projected to reach its ultimate capacity by the end of 2026. Therefore, a phase 5A expansion is planned to store tailings until the end of operations in 2033. **Figure 1-1** shows the location of the expansion phase 5 of the existing TSF.

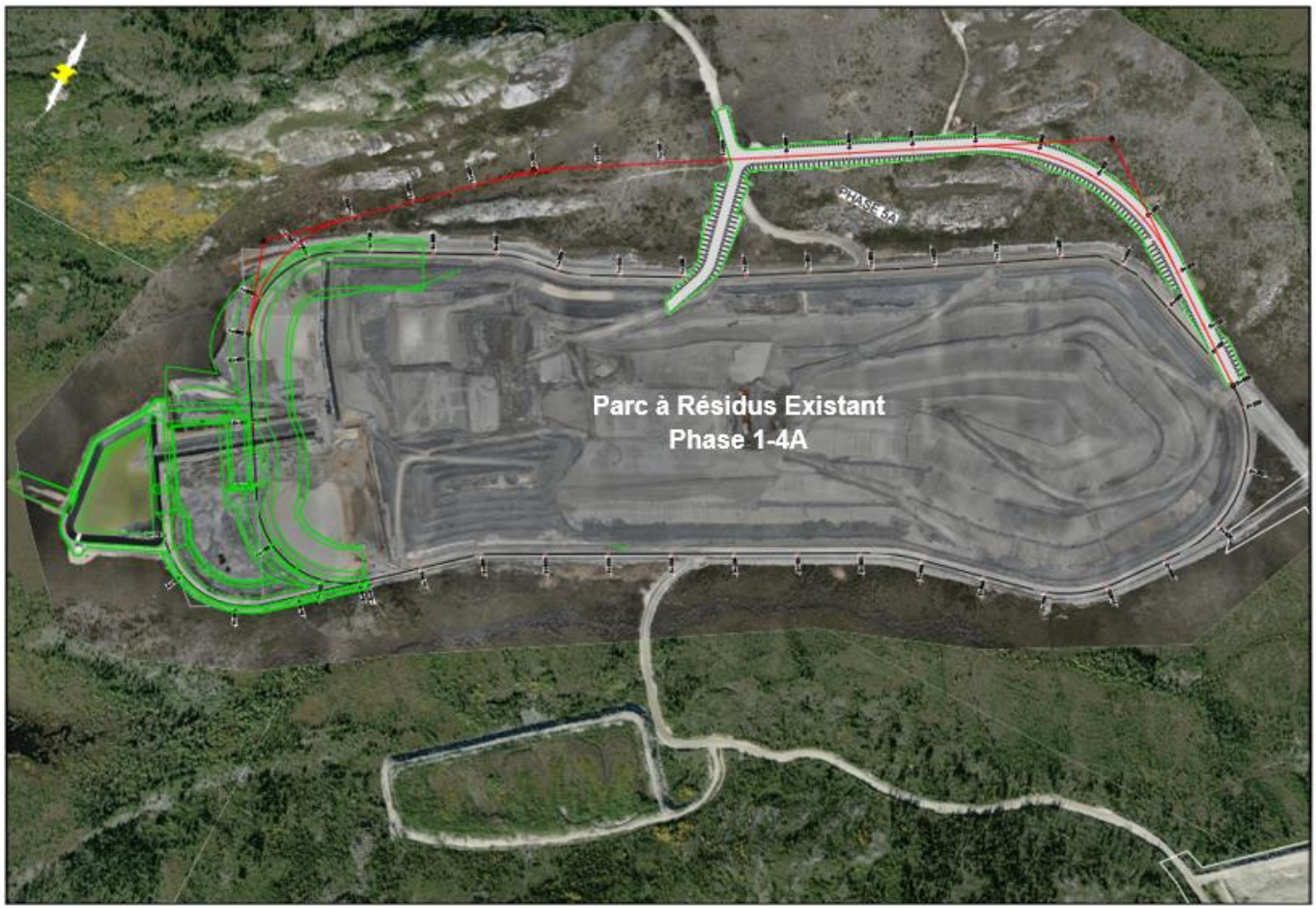


Figure 1-1. Location of Phase 5A at the north side of the existing TSF

1.1 Context

The selected area for phase 5A of the TSF expansion is geographically located in the north-east of the existing TSF. The footprint of the projected expansion includes significant rock walls, which will require excavation for the construction of the new phase of the TSF. The proposed expansion location is bordered by the existing TSF and its peripheral dike on the south and by significant rock walls on the north. Furthermore, the foundation of the existing TSF, adjacent to the projected blast area, consists of a sensitive clay deposit alongside existing till and bedrock.

The excavation of the rock walls will be completed through blasting and will be adjacent to the TSF, its peripheral dike and the clay foundation. Therefore, it is necessary to carry out a blast impact analysis for the proposed blasting activities to define site-specific criteria to control the effect of the projected blasting activities on the adjacent infrastructures and soil deposits.

1.2 Study Objectives

The study presented in the following technical note aims to assess the impact of blast loading on the stability and the integrity of the TSF and its adjacent infrastructure and to provide site-specific criteria to control the proposed blast activities required for the construction of phase 5A expansion of the Éléonore mine TSF.

The main objective of this study is to assess the stability of selected sections of the TSF under blast loadings. The stress-deformation analyses are based on 2D numerical simulations (FLAC). The primary objectives of performing stress-deformation analysis include:

- An investigation of the credible sliding surfaces under the blast loadings.
- Evaluating the maximum horizontal and vertical displacements.
- Assessing the volume of liquified material
- Investigating the magnitude of strength loss due to the cyclic softening in foundation clay.
- Propose ground control points (geophones) to monitor blasting activities during the construction process.

2. Regulatory Framework

A particular attention is given to the peak particle velocity (PPV) parameter to determine control criteria for blasting. The peak particle velocity is defined as the maximum recorded particle velocity during a vibration event. The PPV is primarily controlled by blast loads which depend on the amount of energy released and the distance from the blast. Therefore, it provides a relevant criterion to control the blast activities. A comprehensive review of the applicable codes and standards, related to the control of blast activities and vibrations, in Canada and worldwide was conducted

to determine the maximum allowable vibrations resulting from blast activities. The following sections present a summary of the codes and standards review.

2.1 Directive 019

Directive 019 (MERN, 2016) requires the operator of an active mine (including the period of development work for the mining deposit) to set up a self-monitoring system and keep, in a special register for at least two years, all data on blasting operations (vibration speeds, ground vibration frequencies, air pressures, blasting patterns).

In addition, Directive 019 provides values for the allowed maximum peak particle velocity (PPV) of the blast operation depending on the vibration frequencies. The proposed values also depend on the location of the blast activities from the impact point. **Table 2-1** provides the values for the maximum allowable ground peak particle velocity (PPV) and their corresponding frequencies for impact points located less than 1 kilometre from the blast activities. These ranges are also plotted in **Figure 2-1** (red line).

Table 2-1: Maximum allowed velocity based on ground vibration frequencies (in cases where homes are located less than 1 km from the mine)

Frequency of ground vibration (Hertz)	Maximum allowed velocity (mm/s)
Frequency ≤ 15	12.7
15 < Frequency ≤ 20	19.0
20 < Frequency ≤ 25	23.0
Frequency > 25	25.0

Note:
This table is a direct translation of table 2.6 in Directive 019 (MERN, 2016).

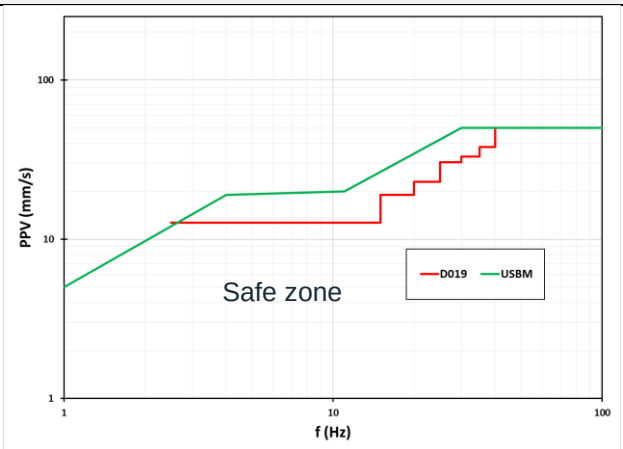


Figure 2-1: Safe level of blasting for houses using a combination of particle velocity and frequency (from Siskind et al., 1980 and MERN, 2016)

2.2 U.S. Guidelines and Standards

The United States Bureau of Mines (USBM) provides the maximum allowed particle velocity (PPV) for different frequencies. The provided PPV values are for drywall. The provided limits are plotted above in **Figure 2-1** (green line). Moreover, the Office of Surface Mining, Reclamation and Enforcement (OSMRE) provides maximum values of the peak particle velocity for different distances between the impact points and the blast activities. **Table 2-2** summarizes the proposed peak particle limits provided by the OSMRE.

Table 2-2: Maximum allowable PPV (OSMRE, 1987)

Distance from the blast (m)	Maximum allowable peak particle velocity
0-90	31.25
90-1500	25
> 1500	18.75

2.3 Other Guidelines and Standards

Other conservative PPV limits used in practice are also summarized in **Table 2-3**.

Table 2-3: PPV limit criteria applied in practice (Bouchard et al., 2015)

PPV limit (mm/s)	Soil	Reference
25	Clay	Johansen et al. (2013)
25	Saturated loose sands or silts	Charlie (1985)
50	Other soils	Charlie (1985)

3. Available Information

The following sections present the available information related to the level of the geotechnical context in the vicinity of the proposed blasting area and a general overview of the instrumentation, the existing infrastructure, and the history of blast activities around the TSF.

3.1 Existing Infrastructure

Several infrastructures are located near the proposed phase 5A of the TSF expansion, for instance, the existing TSF and its peripheral dike, access roads, electrical lines, ditches and water pipes. **Figure A-3** enclosed in **Appendix A** illustrates the proposed location of phase 5A expansion of the TSF and the adjacent infrastructures. The blasting was performed under controlled conditions to avoid deformation in the adjacent structures.

3.2 Blasting History

Blast activities were conducted in the west section of the Éléonore mine TSF site for the construction of the collection basin expansion as part of the TSF phase 3B, and 4A expansion project. The blast completed for the expansion of the existing collection basin is adjacent to an important clay horizon underlying the excavation area. Furthermore, other infrastructures are also located near the blast area such as the existing TSF and its peripheral dike and the existing collection basin.

4. Methodology and Blasting Criteria

The ground response to blast waves is described in terms of amplitude and frequency. Amplitude is relevant to the amount of the movement a ground particle experiences in response to the passing blast energy. It is common practice to measure blast vibration amplitude as particle velocity or the speed at which a particle vibrates. The units of particle velocity are generally given as mm/sec (millimetres per second) or in/sec (inches per second). **Figure 4-1** displays the developed approach for determining the allowable PPV ground response during the proposed blasting in the phase 5 expansion of the Éléonore mine TSF.

The adapted methodology comprises four main stages. The first stage deals with the establishment of preliminary allowable peak ground particle velocity response based on the applicable regulation and standards. In this stage, a comprehensive review of regulations and standards is conducted to determine vibrations thresholds in terms of the PPV. **Section 2** presents a summary of the PPV response thresholds provided in the regulations.

The second stage involves the calibration of the empirical equations, presented in **Section 4.1** using recorded blast data from the site and the estimation of the PPV for different blast loads. At this stage, a preliminary maximum allowable PPV is determined based on the empirical equations provided in the literature.

In the third stage of this study, numerical modelling and simulations of the effect of blast loading on the existing TSF structure are conducted. This step consists of definition of the geometry of the model, establish of the static initial condition, and application pf the blasting loading to the bedrock. Dynamic liquefaction analyses during blasting were performed using PM4Sand model for tailings and PM4Silt model for clay material. A blast load sensitivity analysis is completed to determine the maximum allowable PPV ground response at which the safety and the integrity of the existing TSF infrastructures is not jeopardized.

The following sections describe in detail the methodology used in blast assessment analyses.

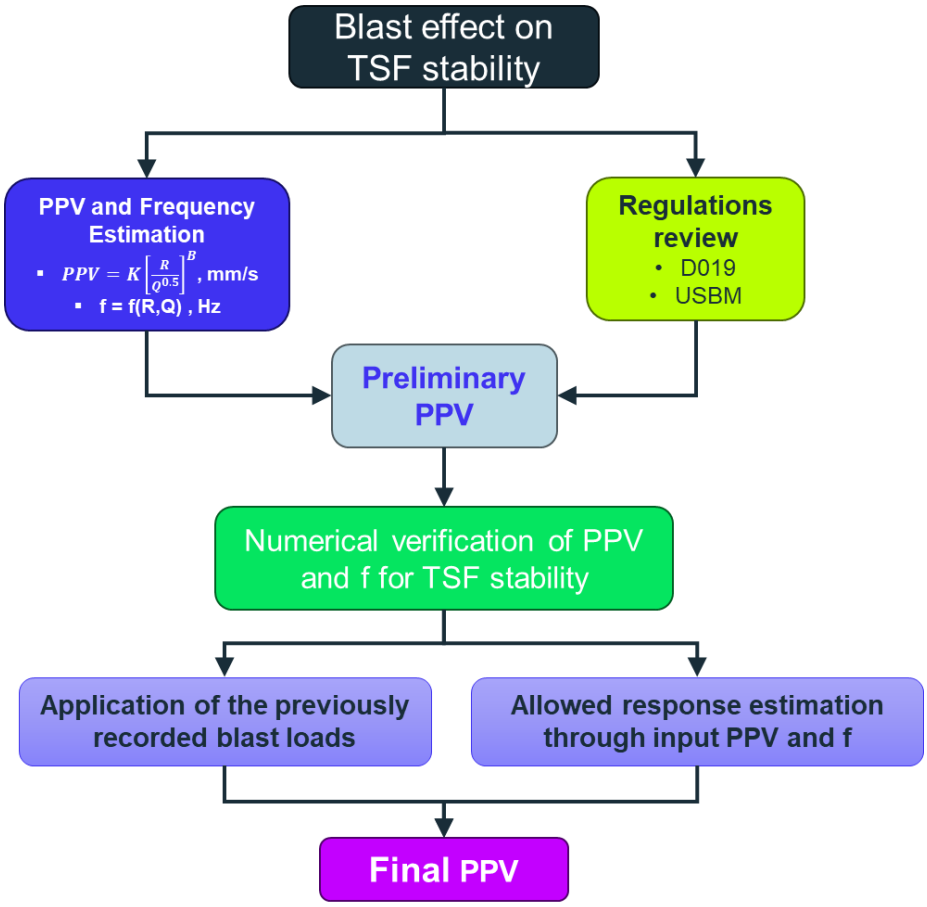


Figure 4-1: Methodology Flowchart used for defining the allowed maximum PPV

4.1 Empirical Models

4.1.1 Peak Particle Velocity (PPV)

The estimation of the peak particle velocity is established by several authors in literature. Devine (1966) provides a general formulation to compute the ground peak particle velocity based on site specific parameters and the blast load. The site parameters k and β are determined from the field data using regression techniques. The general formulation for the PPV estimation is presented below:

Equation 1

$$PPV = k\,\frac{M^{\frac{\beta}{2}}}{R^{\beta}}$$

Where:

R (m)	Blast-point/target distance
β	Site parameter
k mm/s	Site parameter
M (Kg)	Explosive mass per delay (kg)

The PPV can also be estimated based on the vibration frequency using the equation introduced by Ricker (1977) below:

Equation 2

$$PPV = \frac{e^{\frac{-\pi}{QV} f R}}{R^{\frac{1}{2}}}$$

Q	Seismic quality factor
V (m/s)	Seismic phase velocity
f	Vibration frequency

The frequency of the ground response can also be calculated by reversing the formulation above.

Equation 3

$$f = \frac{QV}{\pi R} ln \left(\frac{R^{\beta-1/2}}{kM^{\beta/2}}\right)$$

4.1.2 Pore Water Pressure Ratio

Several empirical relations have been developed to predict pore pressure ratio (PPR) as a function of explosive mass, distance, PPV, initial stress and relative density (Dr). PPR is defined as the peak residual pore pressure increase just after the passage of the stress wave. The proposed formulations are developed from previous field explosive tests and laboratory high-intensity compressive wave tests conducted on saturated sands. Veyera (1985) proposed an empirical equation to estimate the pore pressure ratio for one dimensional strain induced by a planar stress wave for saturated Poudre Valley sand. The proposed equation is presented below:

Equation 4

$$PPR = 6.7(\text{PPV})^{0.33}(\sigma_0')^{-0.31}\ (D_r)^{-0.18}$$

Where:

σ_0' (kPa)	Initial effective stress
D_r (%)	Relative density

4.2 Numerical Model

4.2.1 Methodology

In 2024, AtkinsRéalis completed a seismic performance and stability evaluation of Éléonore mine TSF (AtkinsRéalis, 2024) in which dynamic material properties, material constitutive models and the geometry of the existing TSF are established. The developed FLAC model in the before-mentioned study, including the material properties and constitutive models, as well as the model geometry, was adopted in the present study to assess the blast effect on the existing TSF and the adjacent structures.

The numerical simulations of the blast effect on the existing TSF and the adjacent structures were conducted using version 8.10.490 of the FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continua) software program by the Itasca Consulting Group (Itasca, 2019) and were conducted in plane strain mode. A dynamic load, representing the blast loading, is applied to the geometry of the model as a vibration velocity. Then, the maximum response on selected control points is computed.

The numerical simulation procedure consisted of the following:

- Prior to each simulation phase, the displacements of the model are set to zero to avoid any displacement in the beginning of the phases.
- Free field condition as a boundary condition is applied to the model to simulate semi-infinite spaces on the sides of the model.
- Application of 0.01 (1%) Rayleigh stiffness damping at a frequency of 50 Hz to all materials (except bedrock) respectively to provide minimal damping at very low shear strains where shear modulus reduction curves may not be effective.
- Initial values of soil parameters at specific locations in the model, such as the effective vertical stress, cyclic stress ratio, CSR (initial static shear stress ratio) and pore water pressure are calculated.
- The blast load (time history of horizontal velocities) is applied at the bottom of the model.
- The applied blast loadings consist of harmonic sinusoidal loadings (different PPV and frequency), and recorded blast vibrations in the existing geophones on 2024-01-22 at 3:59:50 PM, and the record blast from station S1 located near the rock quarry C-02. The latest was uncontrolled blasting inducing higher blast loads conducted for the excavation of the rock.
- Execution of the dynamic analysis:
  - During the dynamic analysis, key parameters (e.g., horizontal velocities, and horizontal and vertical displacements, stresses and pore water pressure) were calculated and recorded as time histories during blasting.
  - A shear strain of 1.0% or greater is usually assumed for seismic softening indication in the silty clay and a r_u value of 0.7 or greater indicate liquefaction in the tailings. However, as a conservative assumption due
  - to the short duration of the blast loadings, a limit of r_u of 0.1 is considered in this study to avoid any generation of excess pore water pressure.

4.2.2 Model Geometry and Selection of Critical Cross-Sections

The TSF geometry provided in the seismic performance and stability evaluation of the Éléonore mine TSF (AtkinsRéalis, 2024) is used in the present study. Two cross-sections were selected for the evaluation of the blast effect on the existing TSF and the adjacent structures. **Figure 4-2** presents a plan view of the TSF and the localization of the two sections selected. These sections represent the east-west and the north-south cross-sections as presented in **Figure 4-3**Error! Reference source not found. and **Figure 4-4**. Section C-C includes the closest point to the projected blast activities in the north side of the existing TSF. This section includes the peripheral dike of the existing TSF and the mine tailings. Section A-A represents a critical condition in terms of the thickness of the clay layer below the existing TSF. The analysis of this section allowed the assessment of the projected blasting on the clay foundation of the existing TSF.

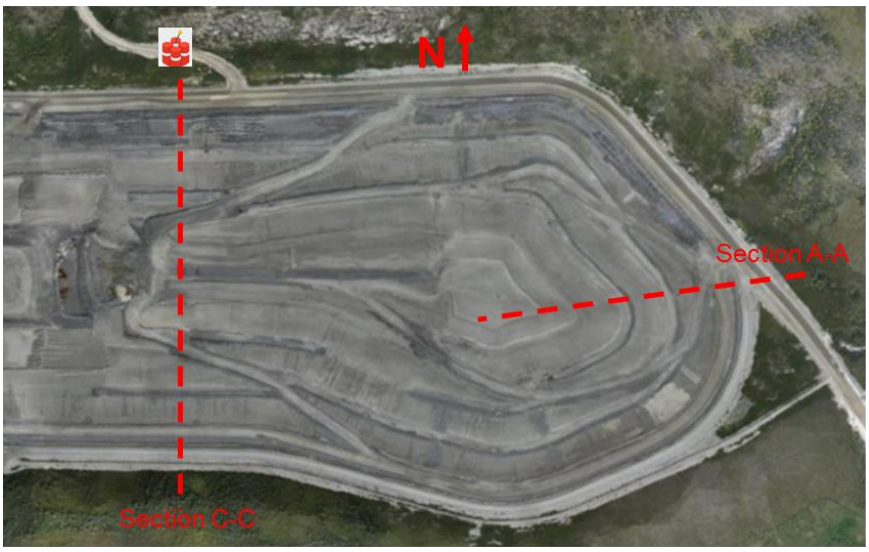


Figure 4-2: Éléonore plan view of the analyzed Sections C-C and A-A and blast point

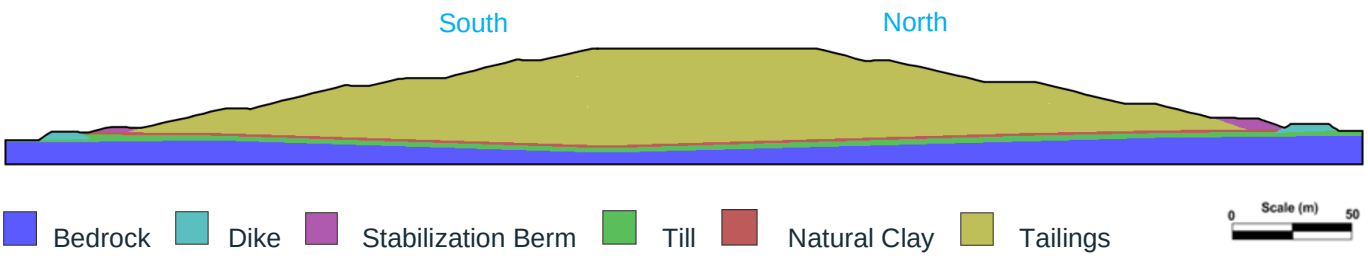


Figure 4-3: Geometry of the analyzed sections in FLAC - Section C-C

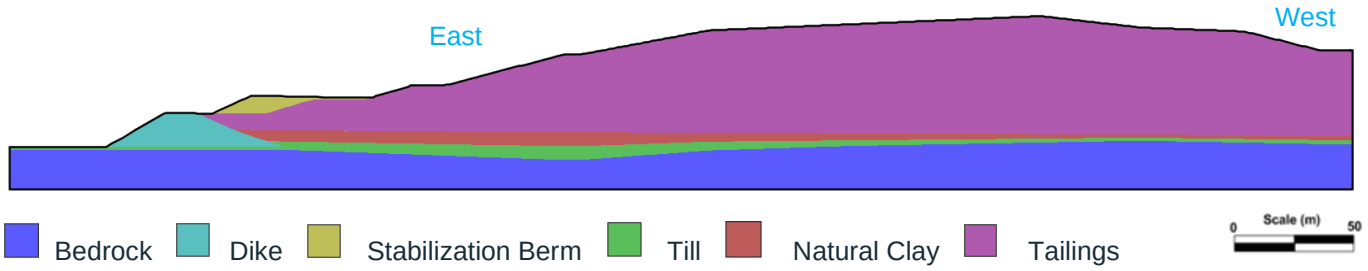
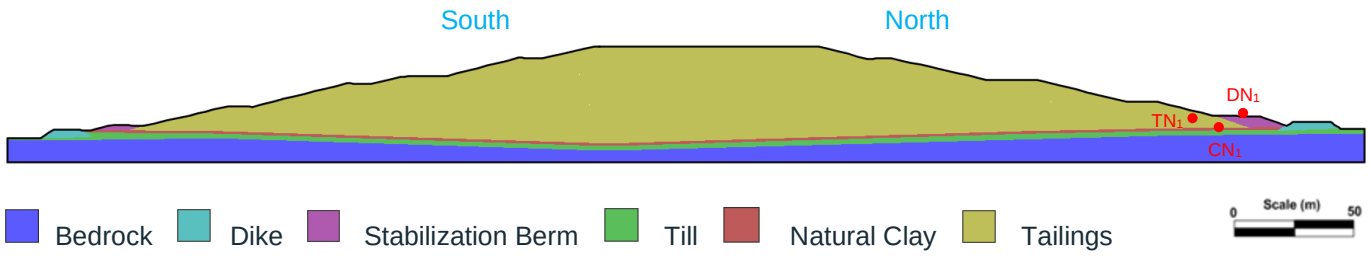


Figure 4-4: Geometry of the analyzed sections in FLAC – Section A-A

4.2.3 Model Control Points

Few control points have been selected in order to define and to check stress-strain in sensitive clay layer, r_u in tailings and PPV on the top surface of the dikes, where the geophones can be installed. These control points are shown in **Figure 4-5** for both sections. In the caption of the figure, information is provided regarding which control point records which parameter.

a)



b)

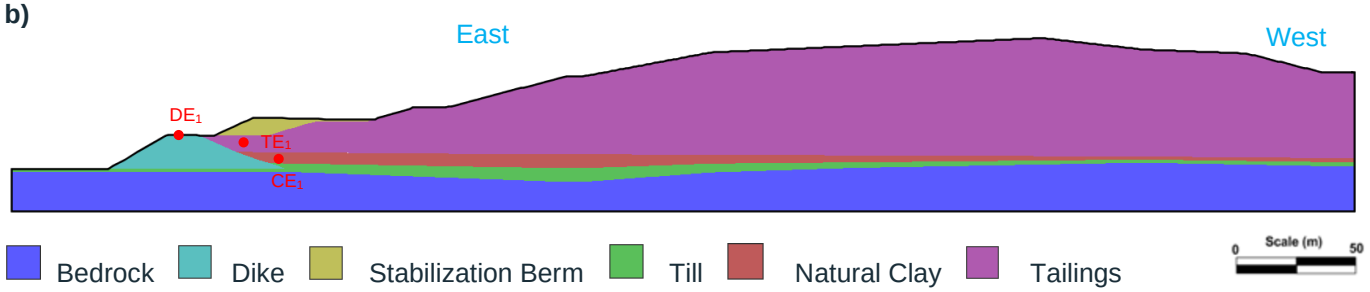


Figure 4-5: Location of the control points, a) Section C-C Section C-C where DN_1, TN_1, and CN_1 record the parameters in the tailings, clay, and at the top of the dike on the north side; b) Section A-A where DE_1, TE_1, and CE_1 record the parameters in the tailings, clay, and at the top of the dike on the east side.

4.2.4 Blast Loads

Different blast loads are applied to the entirety of the bedrock layer beneath the existing TSF. The following sections present the blast loads that are used for the FLAC dynamic analysis. The loads are of mainly two types; the harmonic sinusoidal loads that are generated with different frequencies, and 2 different recorded blast loads.

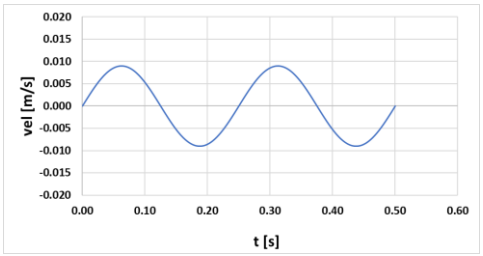
4.2.4.1 Sinusoidal Loads

In the first simulations, sinusoidal loads were generated for different blast frequencies considering different distances between the projected blasting and the TSF. The developed sinusoidal loads were applied to the entirety of the bedrock layer beneath the TSF with a blast duration of 0.5 seconds. The site response in terms of the peak particle velocity (PPV) at the defined control points was assessed in each iteration. The sinusoidal loads were adjusted until the PPV response of the model at all control points was within the range accepted by the guidelines.

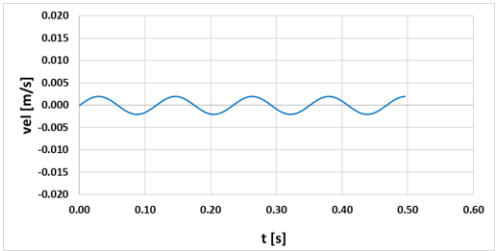
Figure 4-6 and **Figure 4-7** represent the 4 sinusoidal loads used for Sections C-C and A-A, respectively. Moreover, these loads as well as the loads used for Section A-A are summarized in **Table 4-1** and

Table 4-2 respectively.

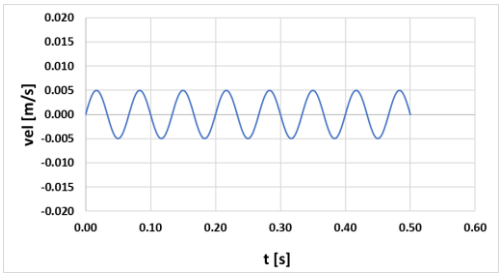
a)



b)



c)



d)

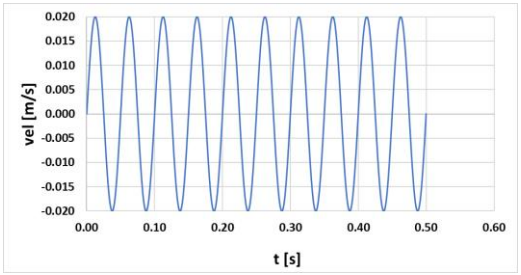
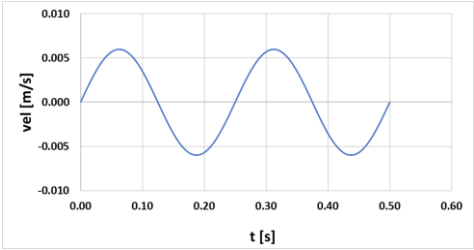
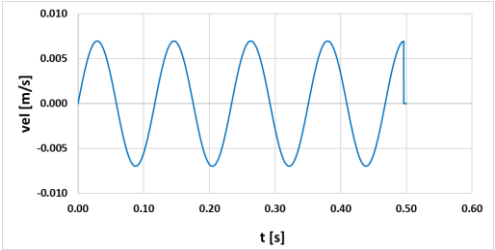


Figure 4-6: Generated sinusoidal loads used in the FLAC analyses for Section C-C, a) PPV = 9 mm/s and f = 4 Hz, b) PPV = 2 mm/s and f = 9 Hz, c) PPV = 5 mm/s and f = 15 Hz, and d) PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz

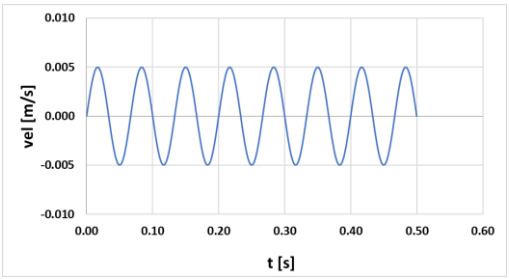
a)



b)



c)



d)

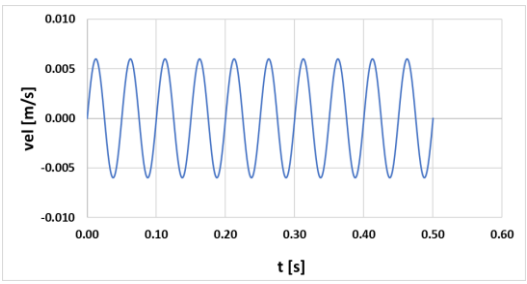


Figure 4-7: Generated sinusoidal loads used in the FLAC analyses for Section A-A, a) PPV = 9 mm/s and f = 4 Hz, b) PPV = 2 mm/s and f = 9 Hz, c) PPV = 5 mm/s and f = 15 Hz, and d) PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz

Table 4-1: Input sinusoidal loads for Section C-C

Input loads			
Load	**f (Hz)**	**PPV (mm/s)**	**Duration (s)**
Sin_1	4	9	0.5
Sin_2	9	2	0.5
Sin_3	15	5	0.5
Sin_4	20	20	0.5

Table 4-2: Input sinusoidal loads for Section A-A

Input loads			
Load	**f (Hz)**	**PPV (mm/s)**	**Duration (s)**
Sin_5	4	6	0.5
Sin_6	9	7	0.5
Sin_7	15	5	0.5
Sin_8	20	6	0.5

4.2.4.2 Recorded Blast Loads

In a second model, two recorded blast loads from the Éléonore site were used to assess the impact of the blast activities on the existing TSF (see **Appendix A** for more details on the loads). The first recorded blast load was collected from the Éléonore site in geophone station S5 located in the bedrock near the collection pond of the existing TSF. It and recorded the PPV response in the bedrock due to blast activities conducted for the expansion of the existing collection pond. The location of the geophone S5 is presented in **Figure A-3** enclosed in **Appendix A**. The selected blast load was recorded on 22 January 2024 at 15:59:50 and was applied to the entirety of the bedrock layer underneath the existing TSF. **Figure 4-8** presents the recorded load in the S5 geophone station.

The predominant frequency of the load was about f = 36.6 Hz and a 0.6 second duration was considered for this load with PPV = 19 mm/s (based on the data recorded at S5). This load was selected as representative of regular blast recorded close to the studied area.

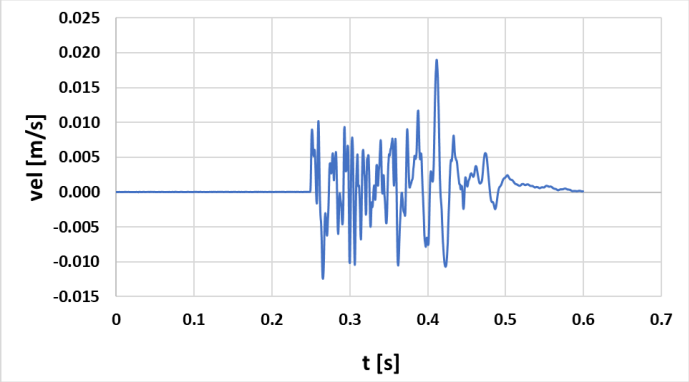


Figure 4-8: Éléonore recorded blast load through geophone on 22 January, 2024 at 15:59:50

The other recorded blast load considered in the numerical model is collected from the geophone station S1 located near the rock quarry C02. In the rock quarry C02, uncontrolled blasting inducing higher blast loads was conducted for the excavation of the rock. More details of the load are illustrated **Figure A-2** enclosed in **Appendix A**.

The blast load recorded on May 23, 2024 at 16:30:22 was applied in the dynamic model at the projected phase 5A blast location to assess the impact of this blast recorded load on the existing TSF. This load has a duration of 2 seconds, PPV = 59 mm/s and f = 57 Hz and is presented in **Figure 4-9**. This load is selected to simulate a high intensity blasting load at the site.

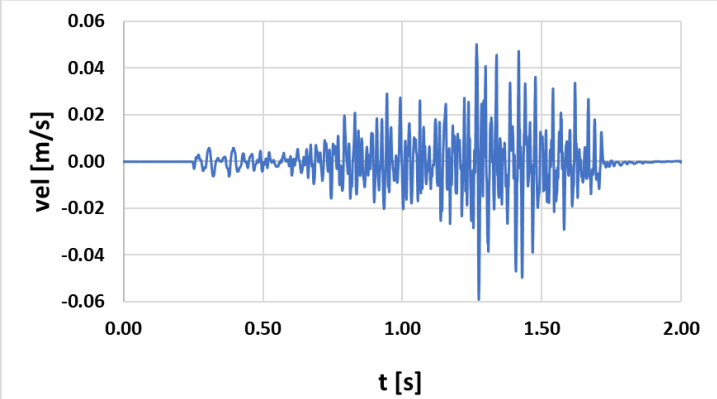


Figure 4-9: Recorded blast load at Carriere C02 on May 23, 2024 at 16:30:22

The characteristics of both recorded blast loads are summarized in **Table 4-3**, where f represents the predominant frequency of the loads.

Table 4-3: Summary of the recorded blast loads at Éléonore mine site

Input recorded blast loads			
Station	***f*** **(Hz)**	**PPV (mm/s)**	**Duration (s)**
S5	36.6	19	0.6
Rock Quarry C02	57	59	2.0

4.2.5 Material Properties and Constitutive Models

The material properties as well as the constitutive models used in the present study are derived from the seismic performance and stability evaluation of Éléonore mine TSF completed by AtkinsRéalis in 2024 (AtkinsRéalis, 2024). The material properties as well as the adopted constitutive models are summarized in **Table 4-4**.

Table 4-4: Hydro-geotechnical material properties used for dynamic FLAC analyses (AtkinsRéalis, 2024)

Material	Constitutive model	Total unit weight (kN/m^3)	Hydraulic conductivity (m/s)	Shear Modulus (kPa)	Bulk Modulus (kPa)	Drained shear strength		Source
						Effective friction angle (degree)	Effective cohesion (kPa)	
Natural Clay	PM4Silt	16.5	1.75 x 10^{-10}	Parameters are defined based on the constitutive model calibration				CPT measurement; Cyclic direct simple shear (CDSS)
Tailings	PM4SAND	18.5	5.0 x 10^{-8}	Parameters are defined based on Dr = 50% and $N_{1(60)}$ = 12				CPT measurements phases 1 and 2; Cyclic direct simple shear (CDSS)
Rockfill (Dike)	MC	22.5	1.0 x 10^{-5}	2.92 x 10^4	5.81 x 10^4	40	0	Geotechnical investigations: SNC-Lavalin (2022b, 2020a, 2011), Golder (2009, 2010), Roche (2006, 2007)
Till	MC	20	1.7 x 10^{-6}	5.64 x 10^4	1.47 x 10^5	33	0	
Compacted sand	MC	20	1.7 x 10^{-6}	1.92 x 10^4	4.17 x 10^4	30	0	Conservative assumption

4.3 Results

The empirical analysis of the blast impact over the TSF is made through the formulation given in **Section 4.1**, using recorded blast data on the geophone at Éléonore site.

The numerical results are after a dynamic analysis of the above-mentioned sections by FLAC 2D, applying different loads to the bedrock of the TSF.

4.3.1 Empirical Results

The response of the existing TSF to the projected blast activities was first estimated using the empirical formulations presented in **Section 4.1**. The ground response peak particle velocity and its associated frequency were computed for different explosive masses per delay and for different distances from the blast location. The results were then compared with the applicable standards and guidelines (i.e., USBM and Directive 019) as described in **Section 2**. Moreover, the blast induced porewater pressure ratio PPR was also estimated using the empirical equations presented in **Section 4.1** to assess the potential of liquefaction of the tailings in the existing TSF of Éléonore mine.

4.3.1.1 PPV-f Criteria

Four different distances between the projected blast location and the existing TSF were considered in the empirical estimation of the blast induced ground PPV and the ground motion frequency (f). The parameters k and β used in equation 1 (see **Section 4.1**) are calibrated using the site recorded data from the geophone station S5 on 22 January 2024 at 15:59:50. Values of k = 3270 and β = 1.89 were used in equation 1 (**Section 4.1.1**) to estimate the ground response PPV and the ground vibration frequency induced by the blast for different explosive masses per delay.

Moreover, the natural frequency of the existing TSF is defined within the range of 2.5 Hz to 25 Hz (AtkinsRéalis, 2024). **Figure 4-10** shows the estimated ground vibration frequency, the estimated ground PPV for different explosive masses per delay and the range of the natural frequency of the existing TSF.

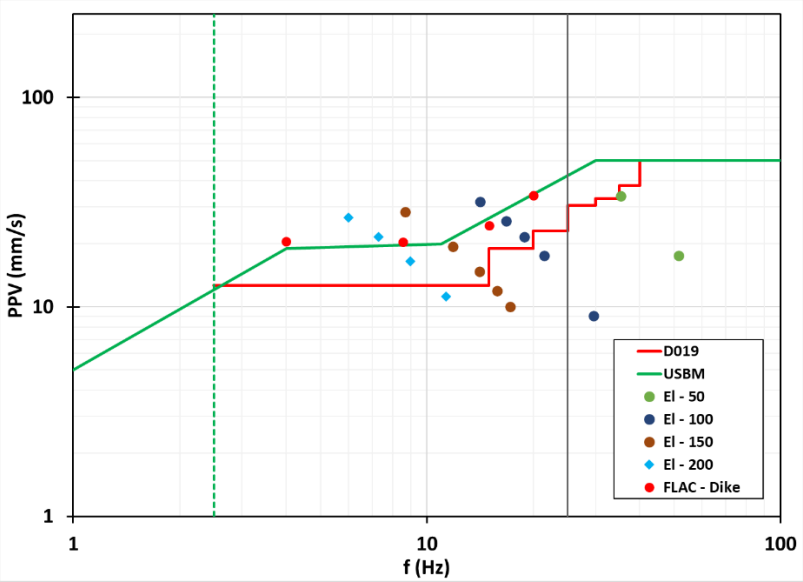


Figure 4-10: PPV-f correlations for different distances of blasting points

It was observed that the blast vibration frequency decreases when the distance between the blast location and the control point increases. Consequently, the ground PPV response decreases as well. For the given distance and mass per delay, the maximum allowed PPV is 30 mm/s for $f \leq 25$ Hz and 20 mm/s for $f > 4$ Hz.

4.3.1.2 Empirical PPR Liquefaction Estimation

The blast induced pore water pressure ratio PPR was empirically calculated using equation 4 (**Section 4.1.2**) based on the estimated ground PPV response for different distances from the blast location. The PPR is related to the initial effective stress σ'_0 and relative density (Dr) of the soil. A Dr value of 0.5 and two values of initial effective stress 50 kPa and 100 kPa are used for the PPR estimation, with a PPR limit of 0.3 (AtkinsRéalis, 2024), the results show that a PPV = 20 mm/s is a conservative limit which should not trigger any blast induced liquefaction.

Figure 4-11 shows the estimated PPR for different soil relative densities and for different ground PPV response values. The figure also displays the limit value of the PPR beyond which PPR of 30% can be considered as a significant reduction of the shear strength.

a) b)

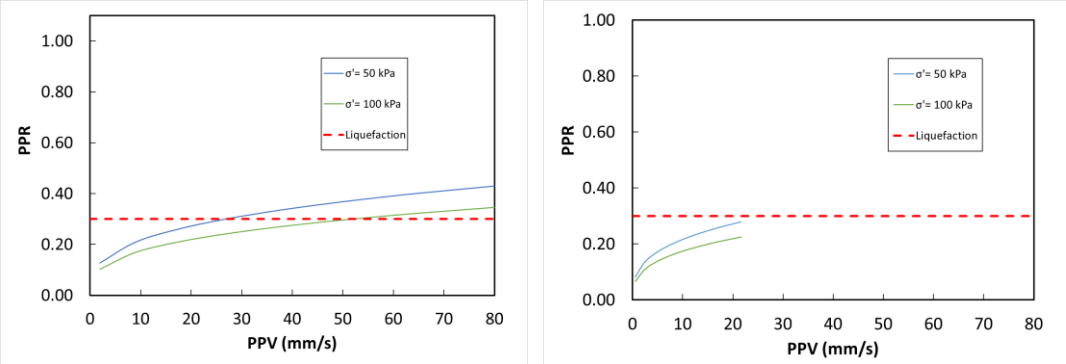


Figure 4-11: Estimated PPR by empirical equations for a) the blast at 50 m from the TSF, and b) the blast at 100 m from the TSF

4.3.2 Numerical Assessment of Blasting

The effect of the proposed blast activities in the vicinity is considered after the two main dynamic loadings for the two selected sections, the closest to the blast point (Section C-C) and one with a 5-6 m thick clay layer (Section A-A).

4.3.2.1 Harmonic Sinusoidal Loading

After the application of the sinusoidal loads, the PPV response on top of the northside dike is reviewed and the PPV of the load is adjusted accordingly until the allowed response from the guidelines is reached. For the different applied loads with varying frequencies (i.e., 4, 9, 15, and 20 Hz), the allowed PPV to be read by a geophone on the dike for both Sections C-C and A-A falls between the range of 20 to 30 mm/s. This is summarized in **Table 4-5** and **Table 4-6**, and shown in **Figure 4-12** and **Figure 4-13**.

Table 4-5: Maximum PPV response of the northside dike after sinusoidal loads on Section C-C

Load	*f* (Hz)	PPV (mm/s)
Sin_1	4	20.5
Sin_2	9	20.5
Sin_3	15	24.4
Sin_4	20	34.0

Table 4-6: Maximum PPV response of the northside dike after sinusoidal loads on Section A-A

Load	*f* (Hz)	PPV (mm/s)
Sin_5	4	20.0
Sin_6	9	19.0
Sin_7	15	23.0
Sin_8	20	32.0

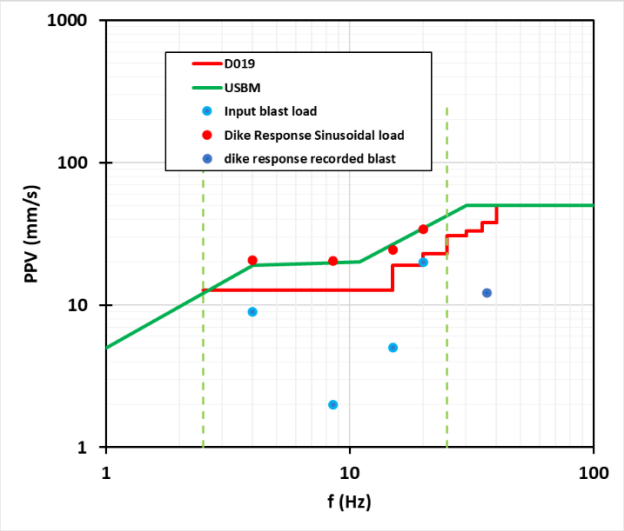


Figure 4-12: Maximum PPV response of the northside dike for Section C-C after sinusoidal loading and compliance with the guidelines

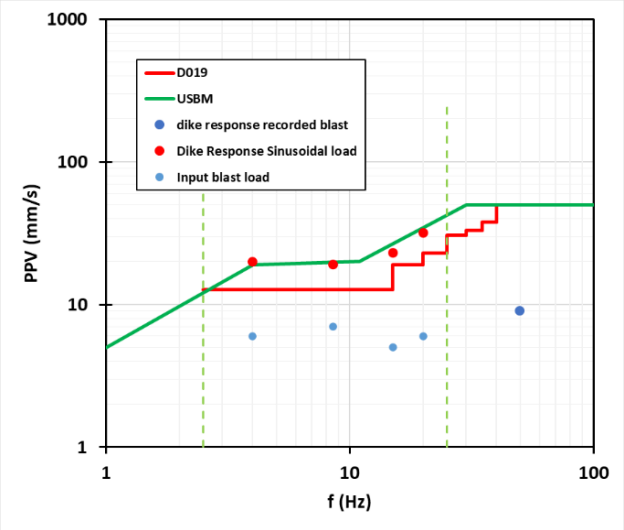


Figure 4-13: Maximum PPV response of the northside dike for Section A-A after sinusoidal loading and compliance with the guidelines

After reaching the allowed PPV on the northside dike, other control points were reviewed to assess the effect of blasting on the deformation and pore-water pressure in the TSF.

The conditions at the end of sinusoidal loadings are presented for the representative cross-section of the East-West in phases 3B and 4A in terms of the excess pore water pressure ratio, ru, shear strain, horizontal displacement, and settlement. **Figure 4-14** shows the maximum shear strain at the end of the loading for both sections C-C and A-A.

For section C-C, the maximum shear strain reached 0.5% with superficial sliding surfaces. For section A-A, the maximum shear strain is located around the starter dike with a magnitude of 0.1%. The maximum shear strain in the clay layer in section A-A is almost zero, indicating there is no risk of cyclic softening in the clay layer under the sinusoidal load.

The horizontal and vertical displacements of both sections are presented in **Figure 4-15** and **Figure 4-16**, respectively. The maximum settlement and horizontal displacement are less than 1 mm, and there is no sign of instability.

The contours of the excess pore water pressure, r_u, for both sections are presented in **Figure 4-17**. The value of, r_u reaches 0.3 at the end of shaking, indicating there is no risk of liquefaction in the tailings. It should be noted that in both sections, the maximum generated r_u appears at the toe of the downstream slopes near the starter dike. This has also been observed in previous studies (AtkinsRéalis, 2024), as the confinement pressure in this zone is low, leading to a higher risk of liquefaction.

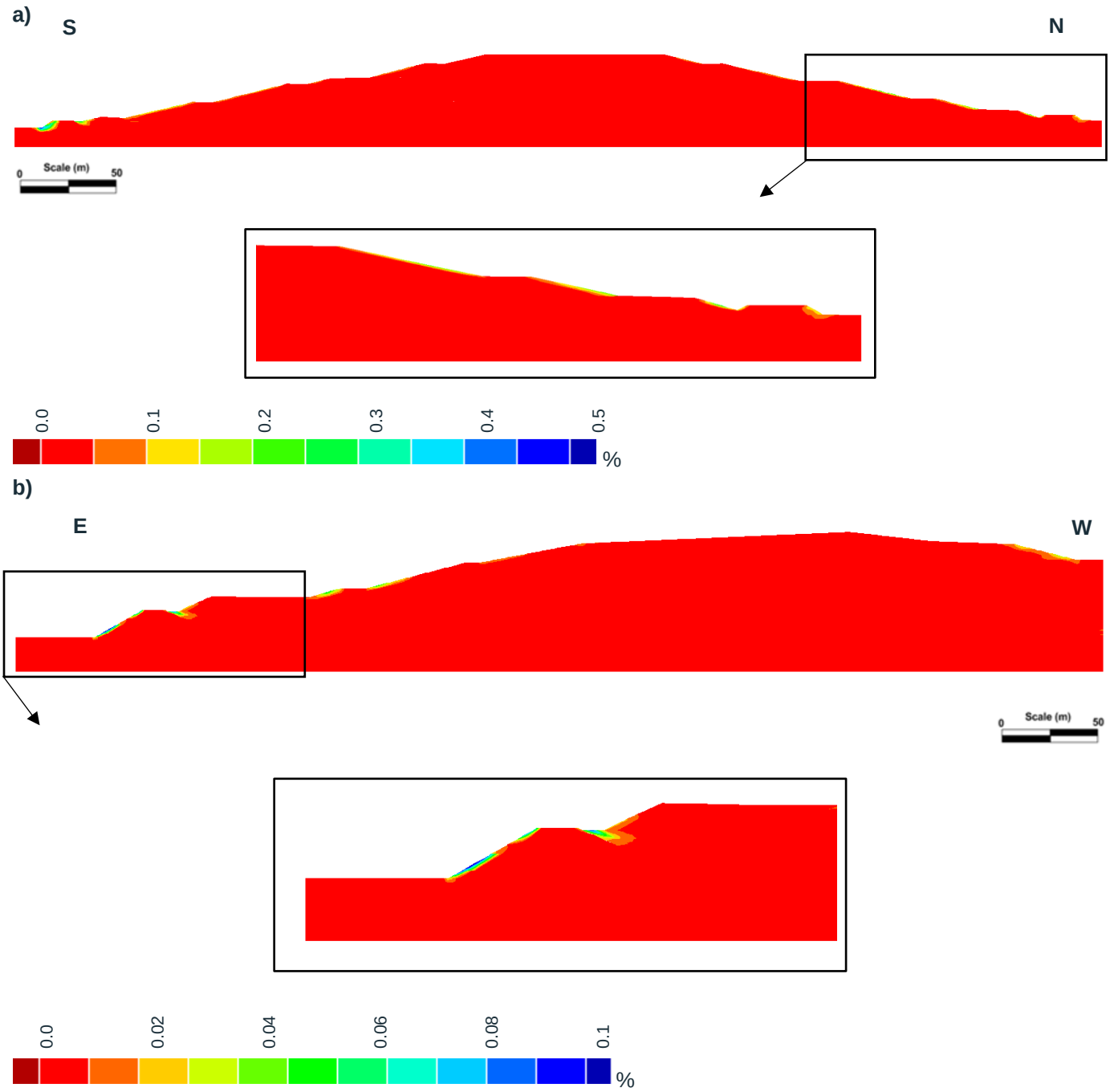


Figure 4-14: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, maximum shear strain; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and *f* = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and *f* = 20 Hz

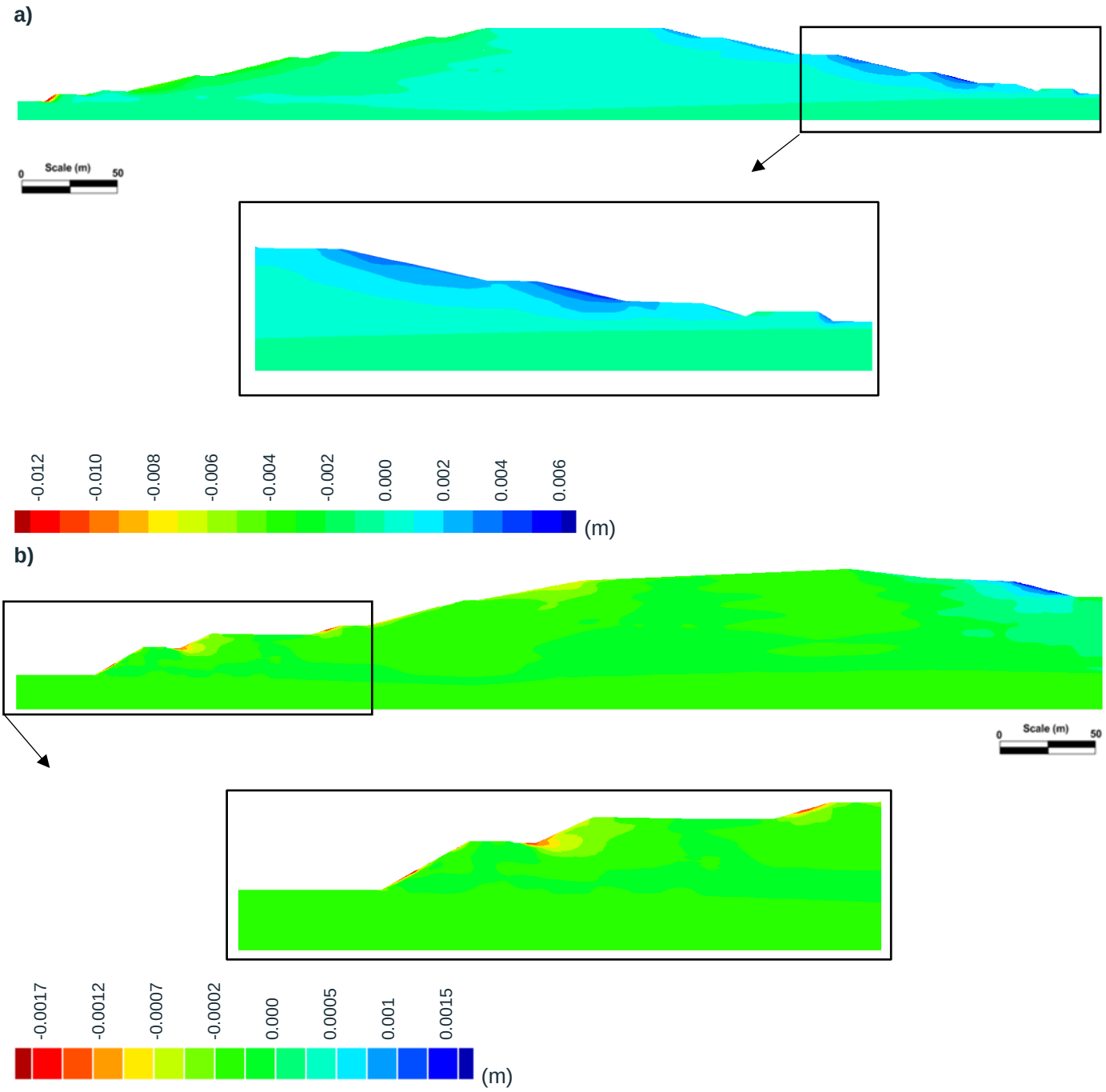


Figure 4-15: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, horizontal displacement; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and *f* = 20 Hz

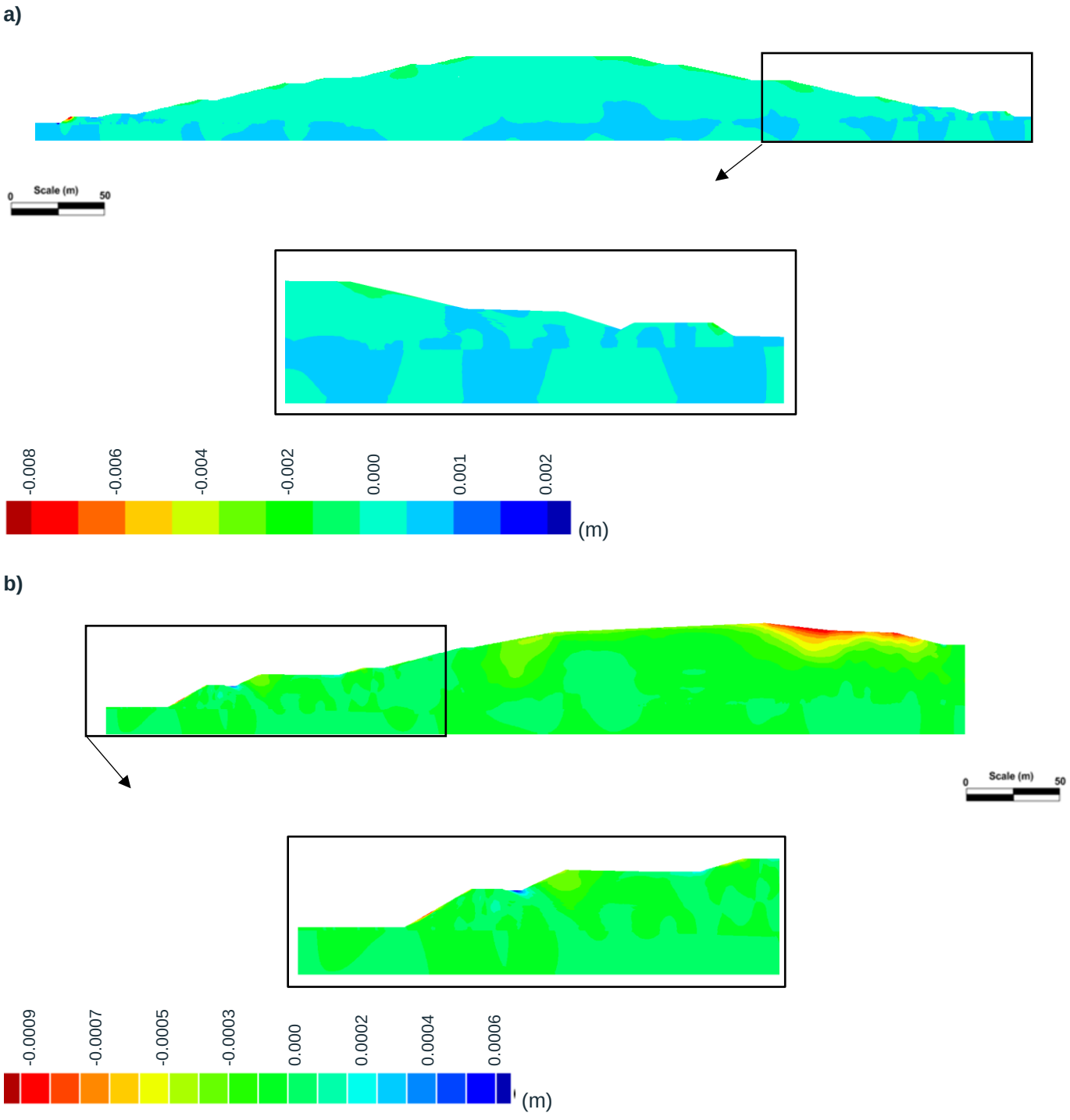


Figure 4-16: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, vertical displacement; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and *f* = 20 Hz

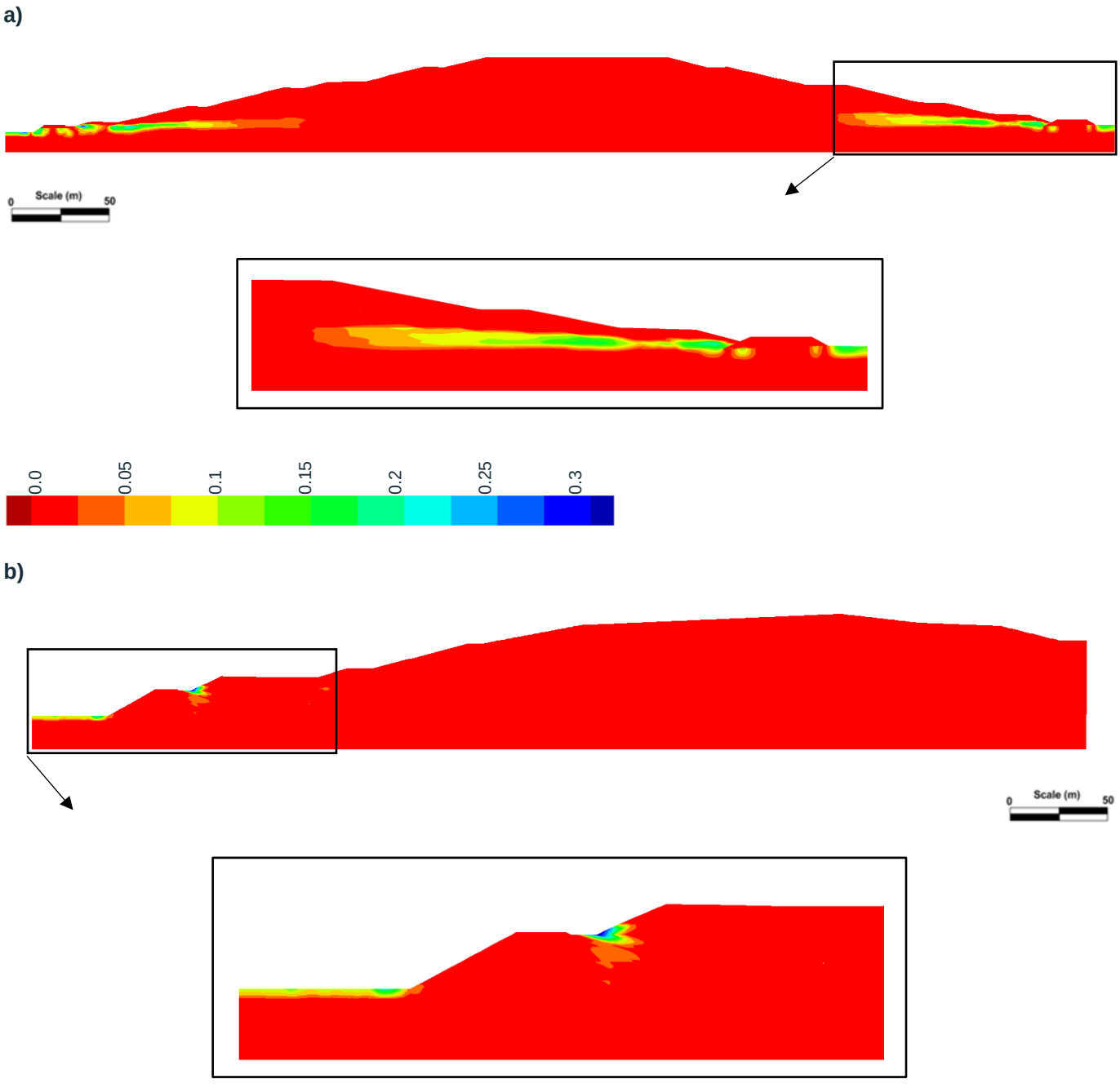
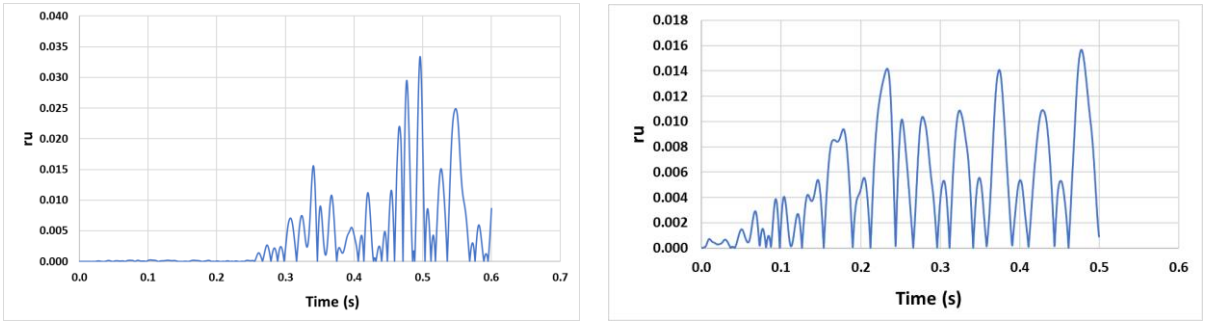


Figure 4-17: FLAC dynamic analysis with sinusoidal load, ru; a) Section C-C PPV = 20 mm/s and f = 20 Hz, and b) Section A-A PPV = 6 and *f* = 20 Hz

4.3.2.2 Recorded Blast Load

The recorded blast load from the Éléonore site at S5 in bedrock on 22 January 2024 at 15:59:50 was applied in the model to measure the response and to assess the stability of the TSF during blasting. The PPV response of the northside dike as well as few other control points such as ru in tailings, and stress-strain in clay layer are also assessed in the model (see **Figure 4-5**).

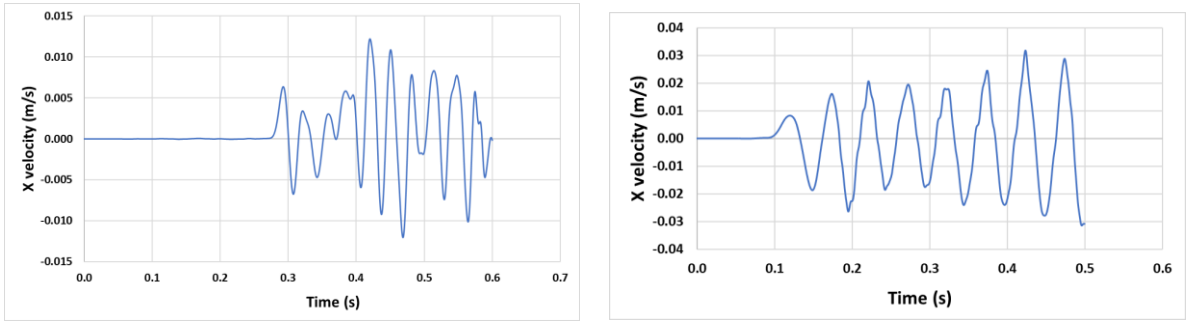
The history of the r_u value during the application of the recorded blasting is shown in **Figure 4-18**. The r_u in the tailings reaches maximum values of 0.034 and 0.018 in Sections C-C and A-A, respectively. This is much lower than the considered limit of 0.3, indicating that there is no risk of liquefaction in either section.



a) b)

Figure 4-18: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, r_u response of the control point in the tailings, a) Section C-C, and b) Section A-A

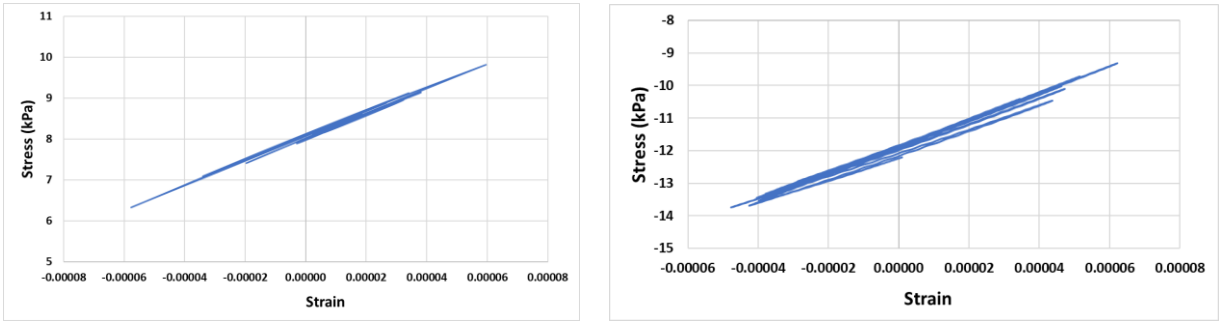
The maximum PPV values obtained on the starter dike after during the application of the recorded blast is presented in **Figure 4-19**. The maximum PPV reached to 12 mm/s and 31 mm/s for Sections C-C and A-A, respectively.



a) b)

Figure 4-19: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, PPV response of the control point in the dike, a) Section C-C, and b) Section A-A

The applied stress in the clay layer control point is within 6 to 10 kPa and 9 to 14 kPa for Section C-C and Section A-A, respectively. However, for both sections the amount of shear strain in the clay layer is negligeable as shown in **Figure 4-20**.



a) b)

Figure 4-20: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, stress-strain of the control point in the clay layer, a) Section C-C, and b) Section A-A

All the shear strain values, and horizontal and vertical displacements of both sections after the blast loads are negligible, as shown in the following figures. Moreover, the r_u contours show a range of values significantly lower than the critical value of 0.7, where r_u = 0.1 induced by blasting is not acceptable.

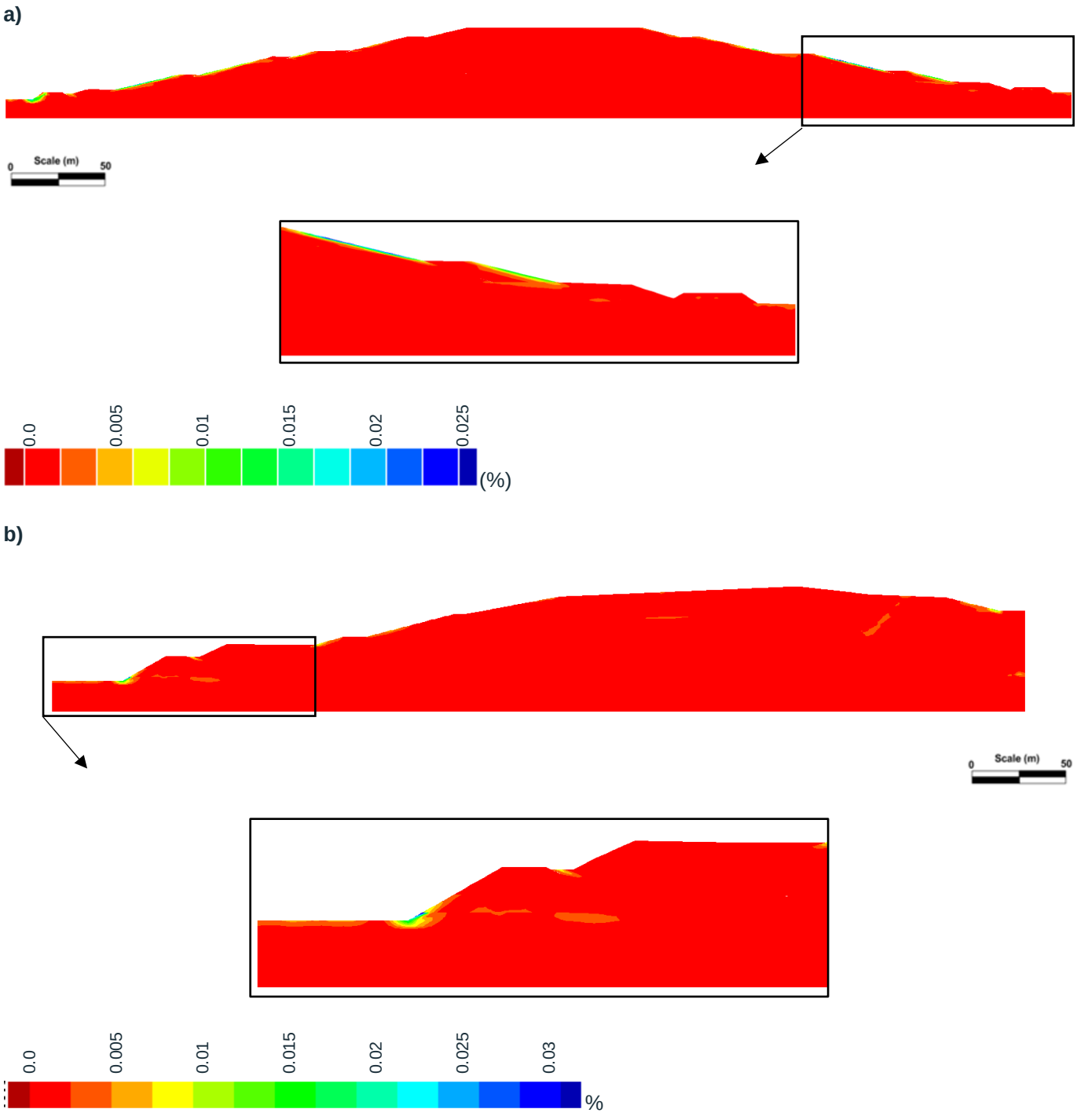


Figure 4-21: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, maximum shear strain; a) Section C-C, b) Section A-A

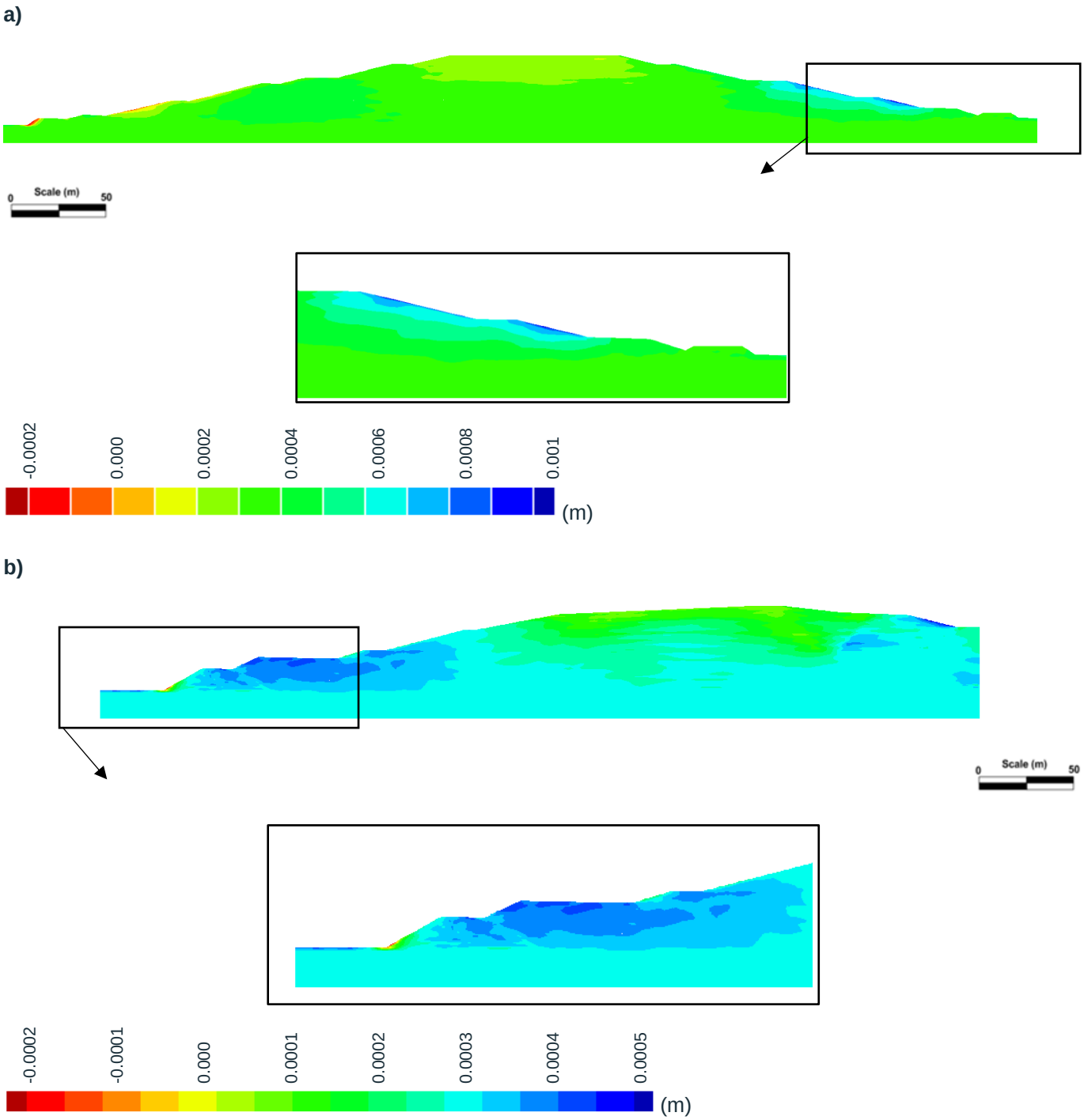
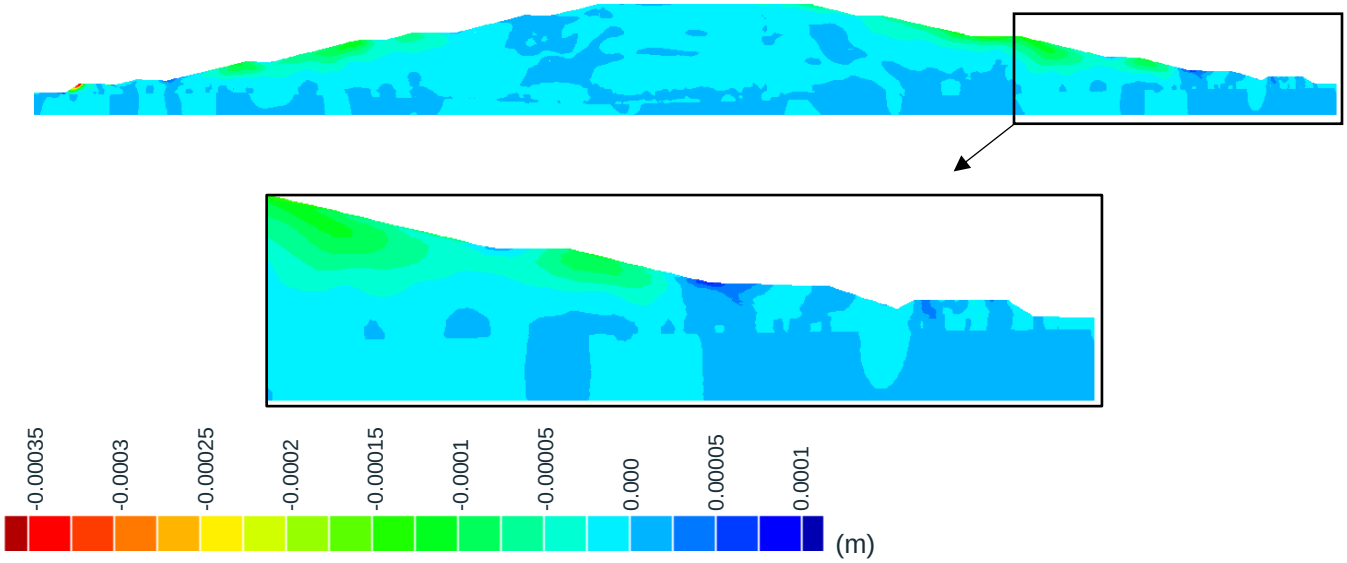


Figure 4-22: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, horizontal displacement; a) Section C-C, b) Section A-A

a)



b)

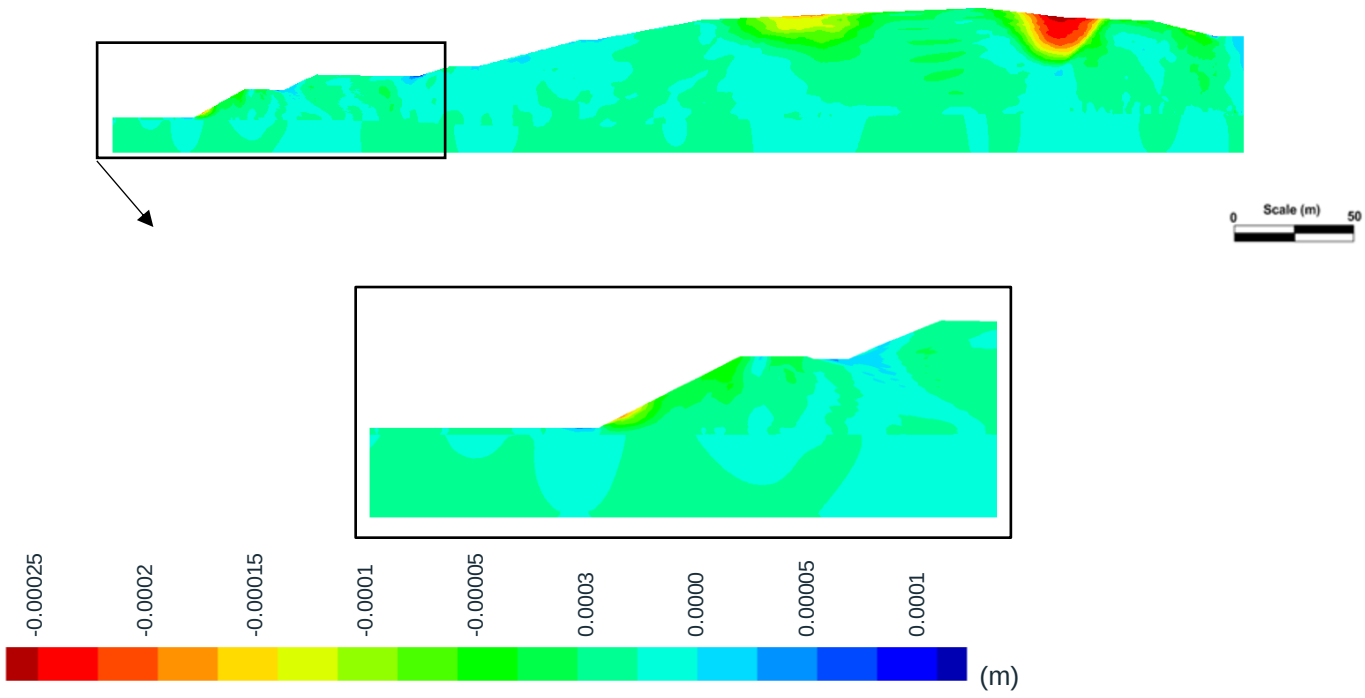
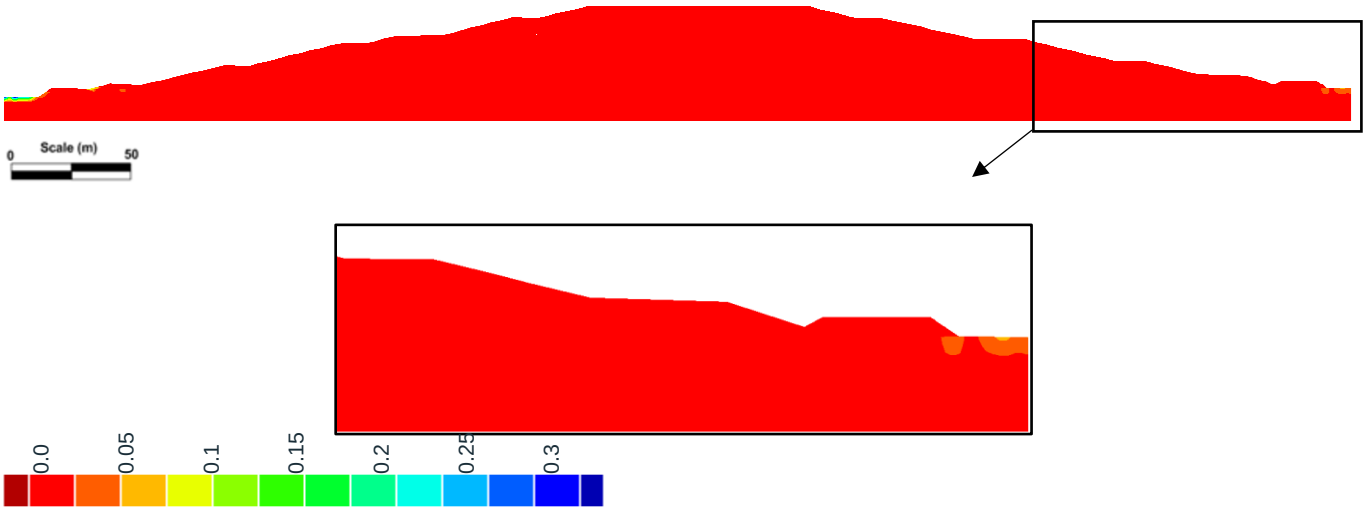


Figure 4-23: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, vertical displacement; a) Section C-C, b) Section A-A

a)



b)

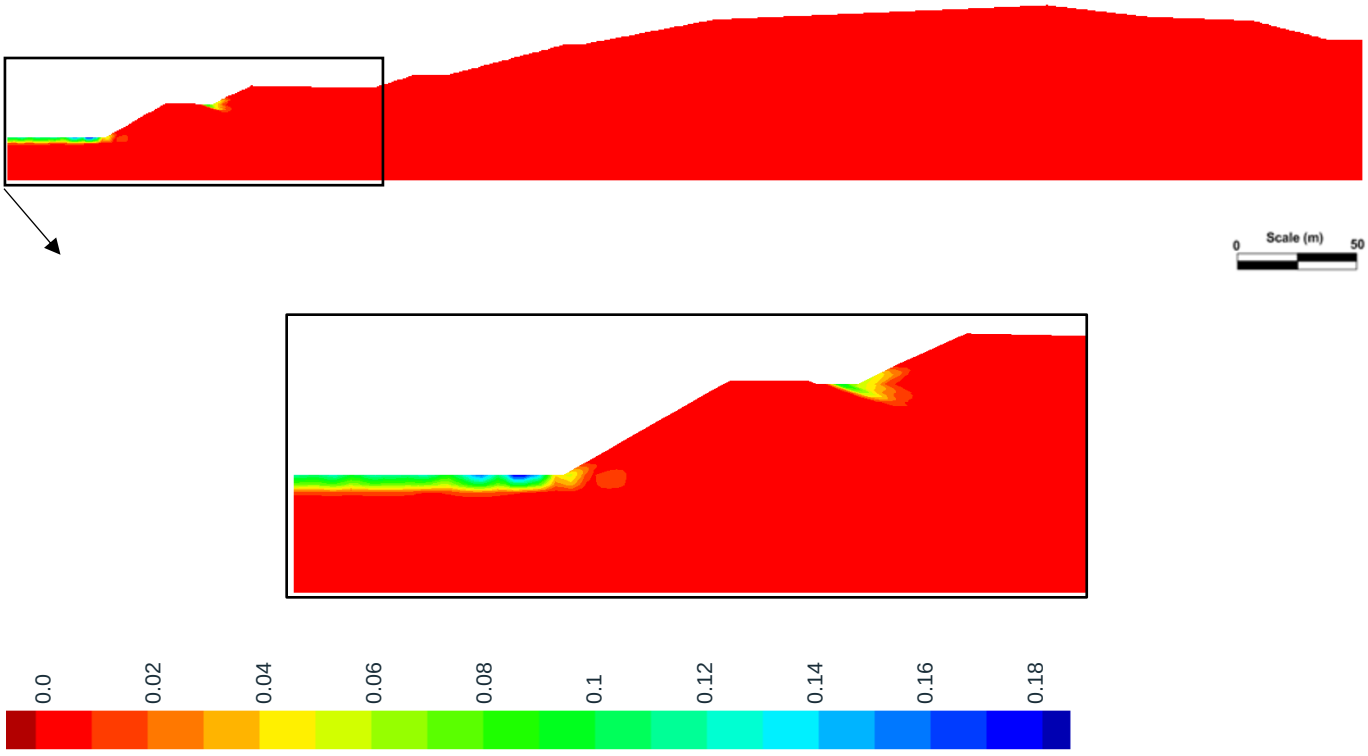


Figure 4-24: FLAC dynamic analysis with recorded blast load at S5, ru; a) Section C-C, b) Section A-A

The second recorded blast load applied to the geometries was the load from Carriere C02. The results of these analyses are presented below. As shown in **Figure 4-25**, the maximum r_u in the tailings control point is around 0.16 and 0.19 for Section C-C and Section A-A, respectively.

The maximum PPV response on the dikes of both sections analyzed is around 40 mm/s (see **Figure 4-26**), considering the predominant frequency of 57 Hz, the response is still within the guideline's limits.

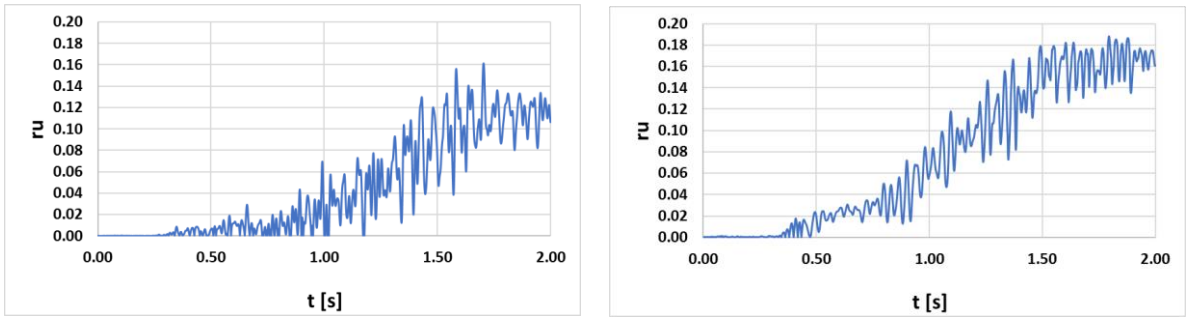


Figure 4-25: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, r_u response of the control point in the tailings, a) Section C-C, and b) Section A-A

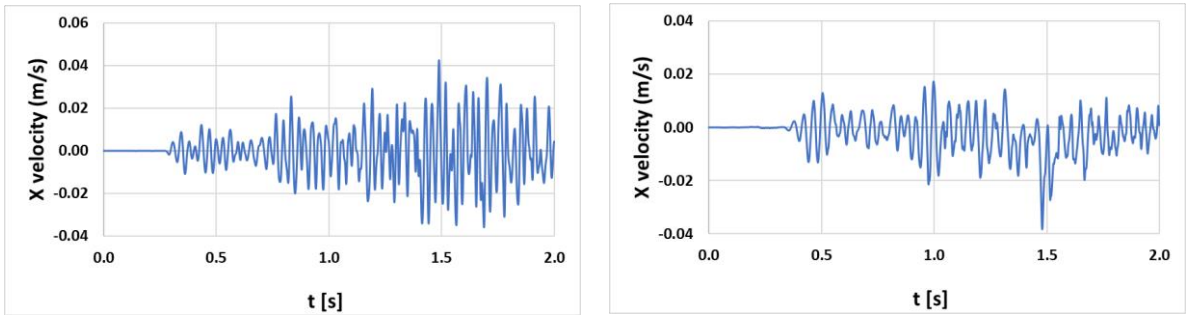
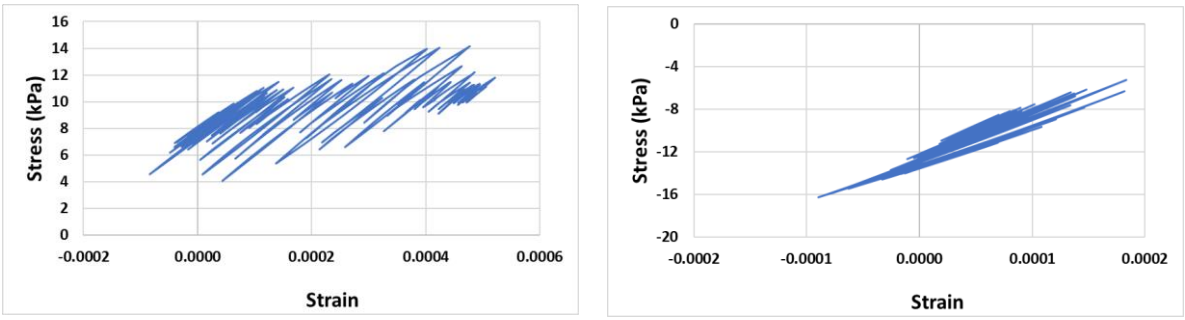


Figure 4-26: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, PPV response of the control point in the dike, a) Section C-C, and b) Section A-A



a) b)

Figure 4-27: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, stress-strain of the control point in the clay layer, a) Section C-C, and b) Section A-A

All the shear strains, and horizontal and vertical displacements are very low and negligible, while the r_u values are also around 0.3, which is much lower than the critical value of 0.7.

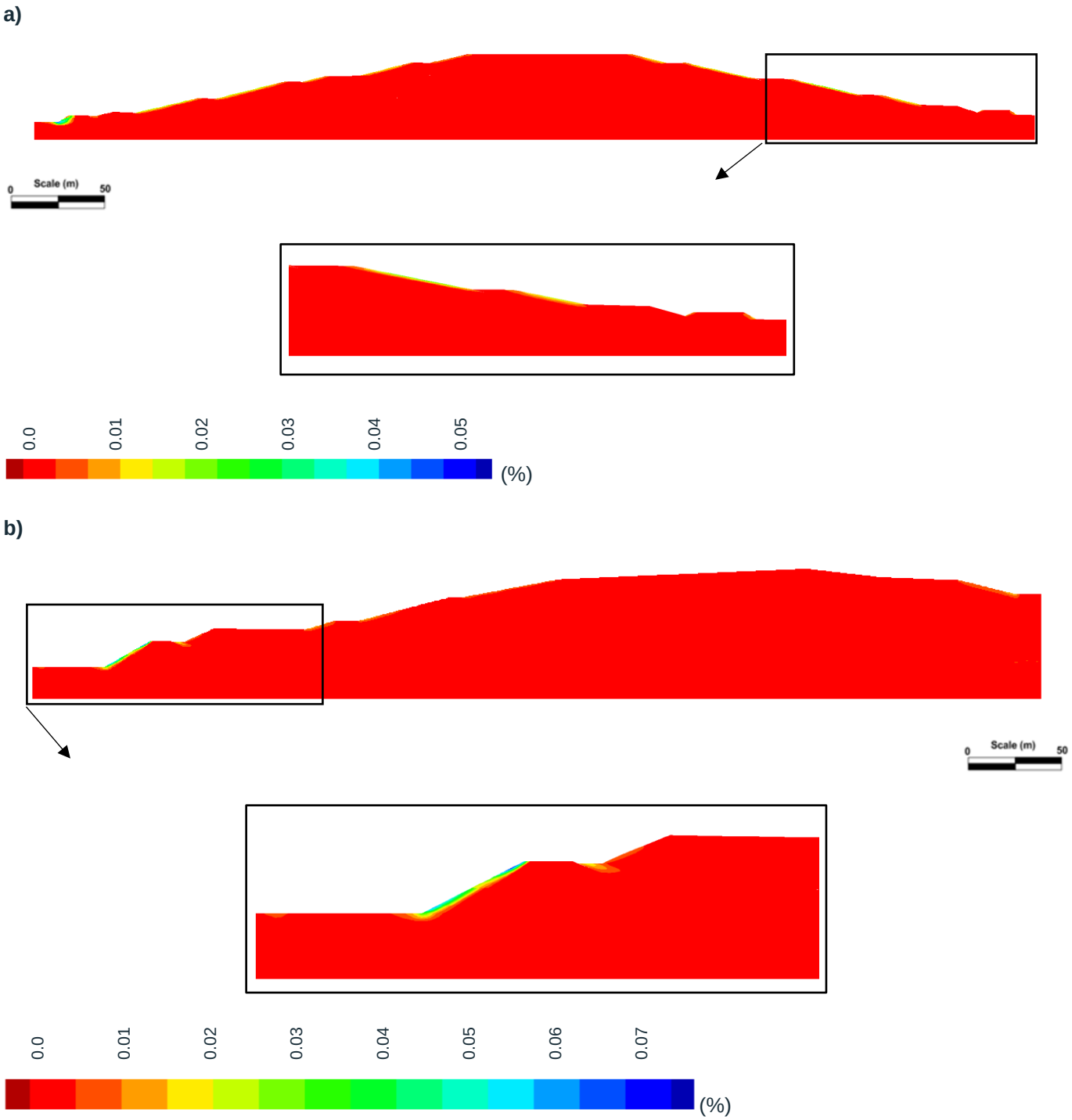


Figure 4-28: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, maximum shear strain; a) Section C-C, b) Section A-A

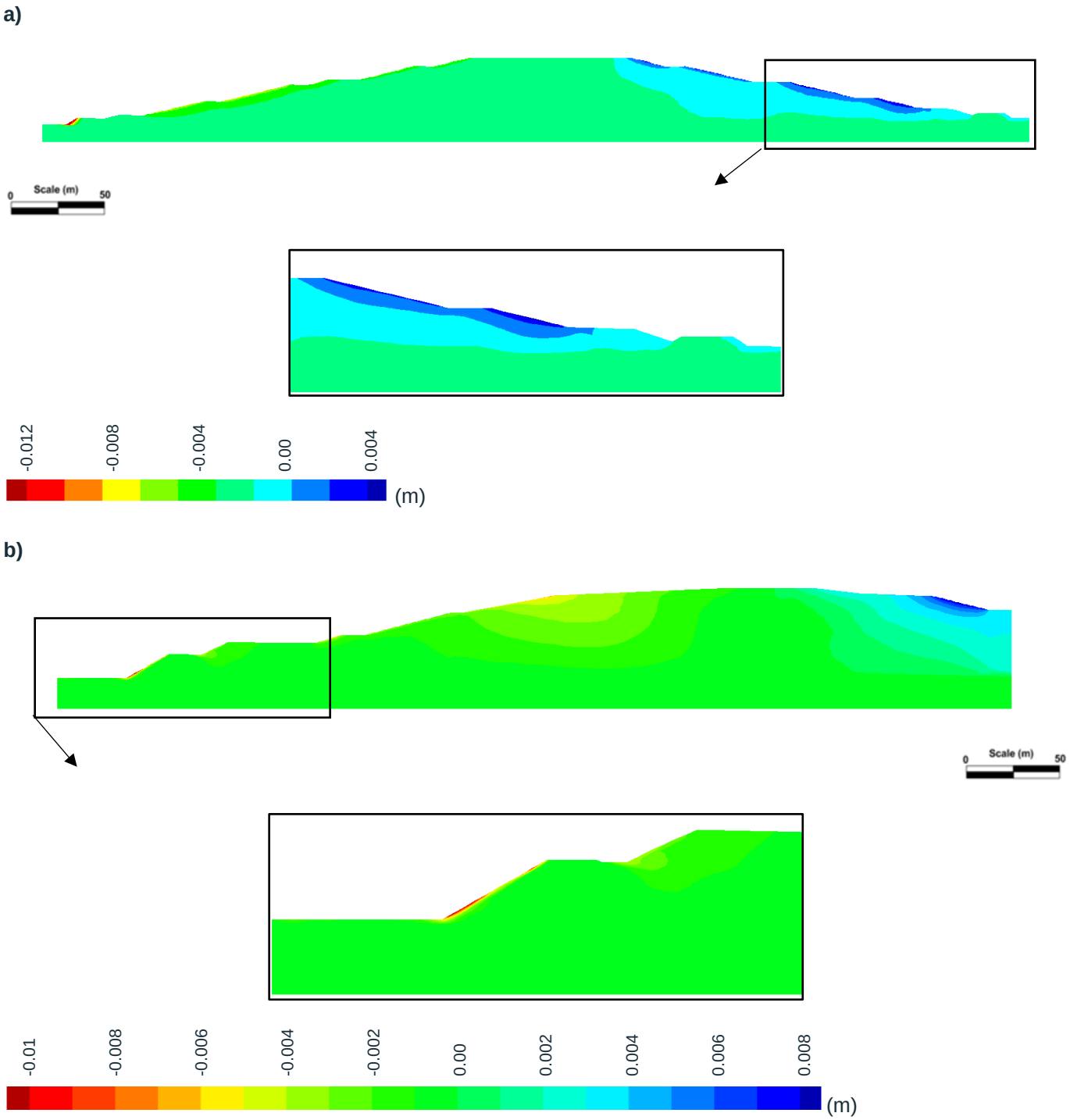
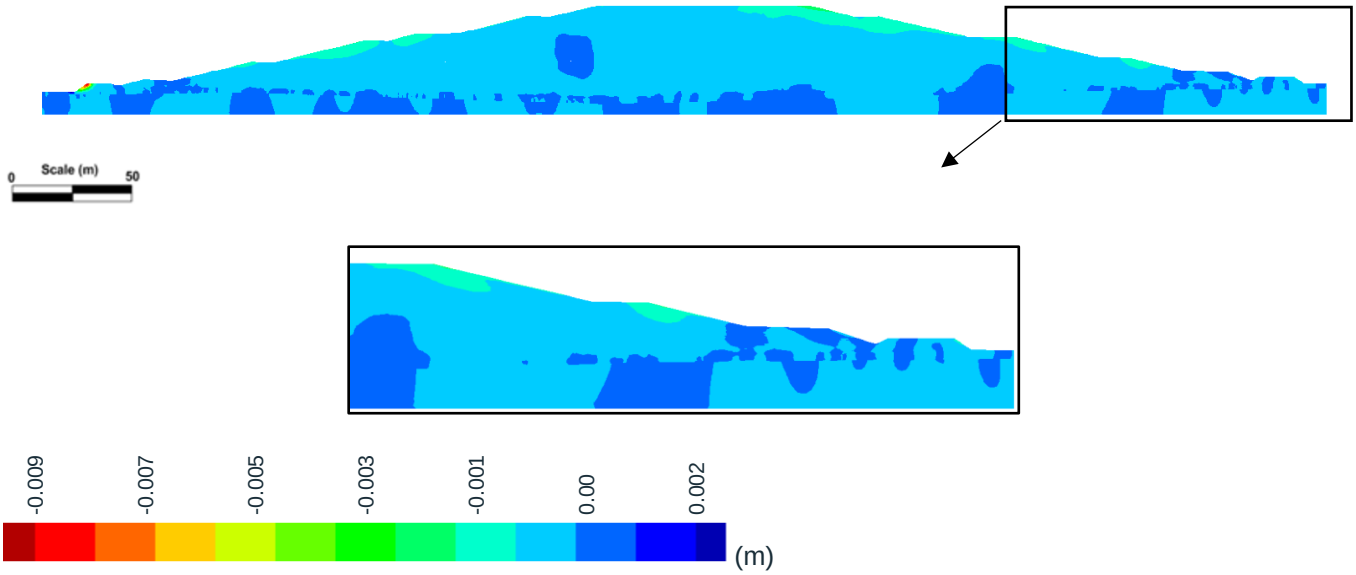


Figure 4-29: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, horizontal displacement; a) Section C-C, b) Section A-A

a)



b)

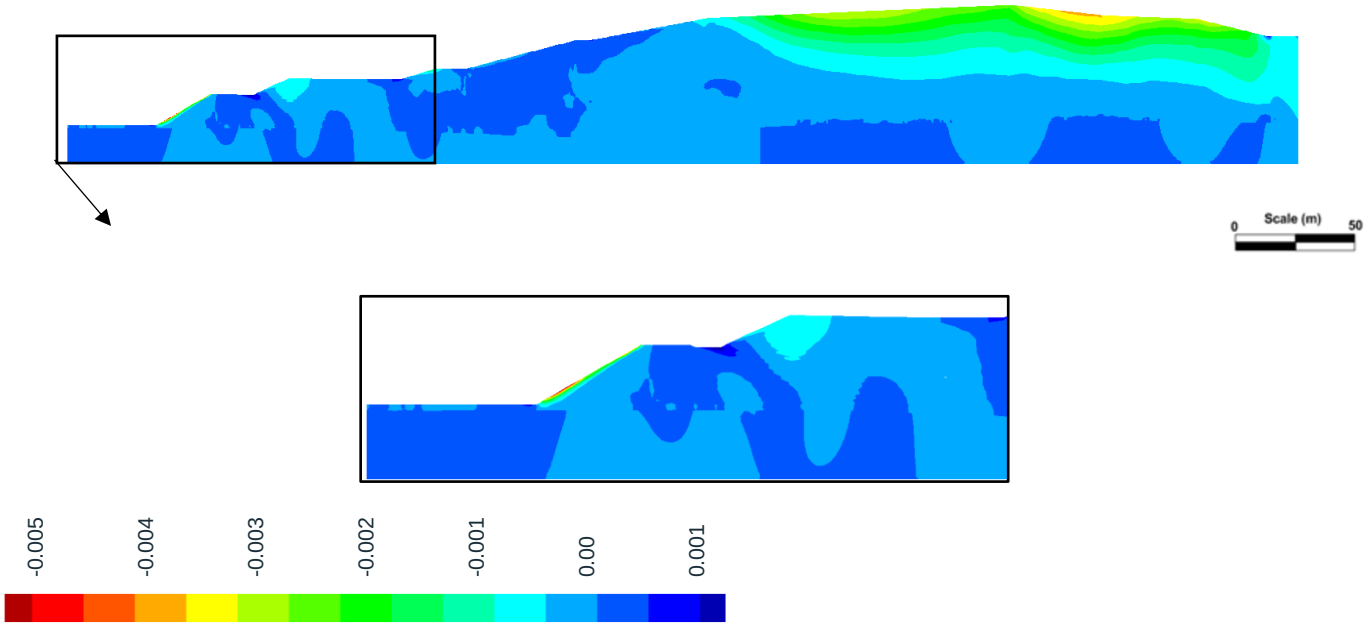
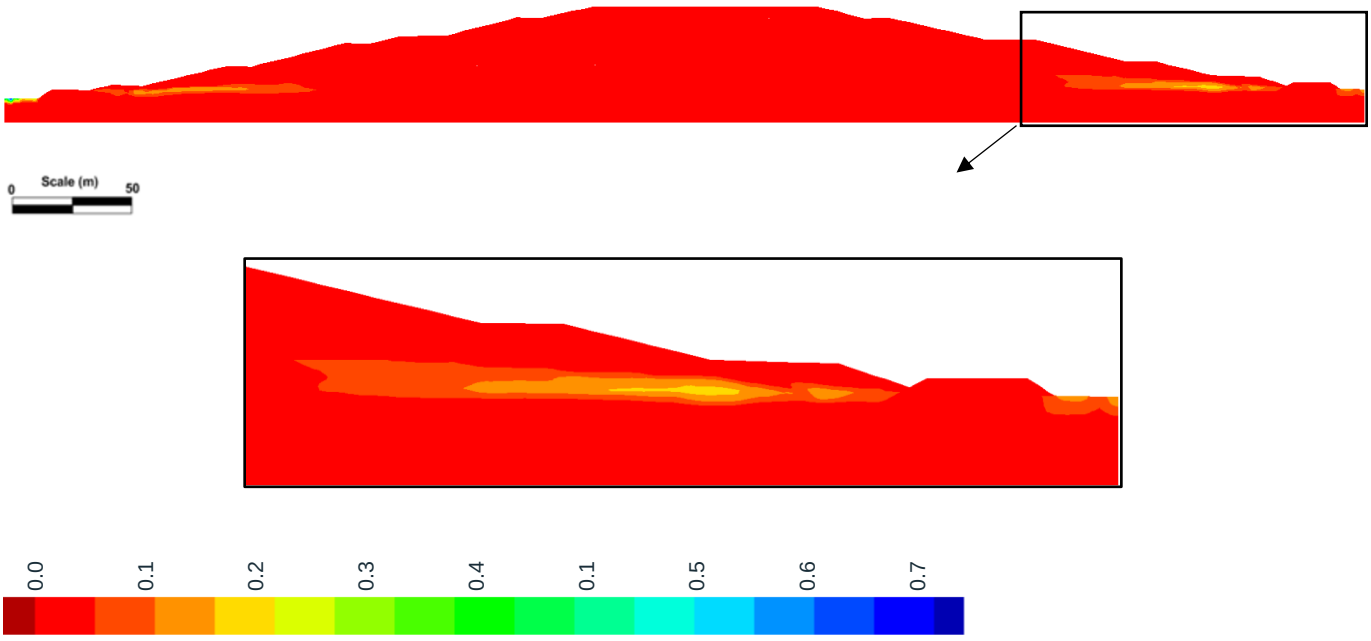


Figure 4-30: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, vertical displacement; a) Section C-C, b) Section A-A

a)



b)

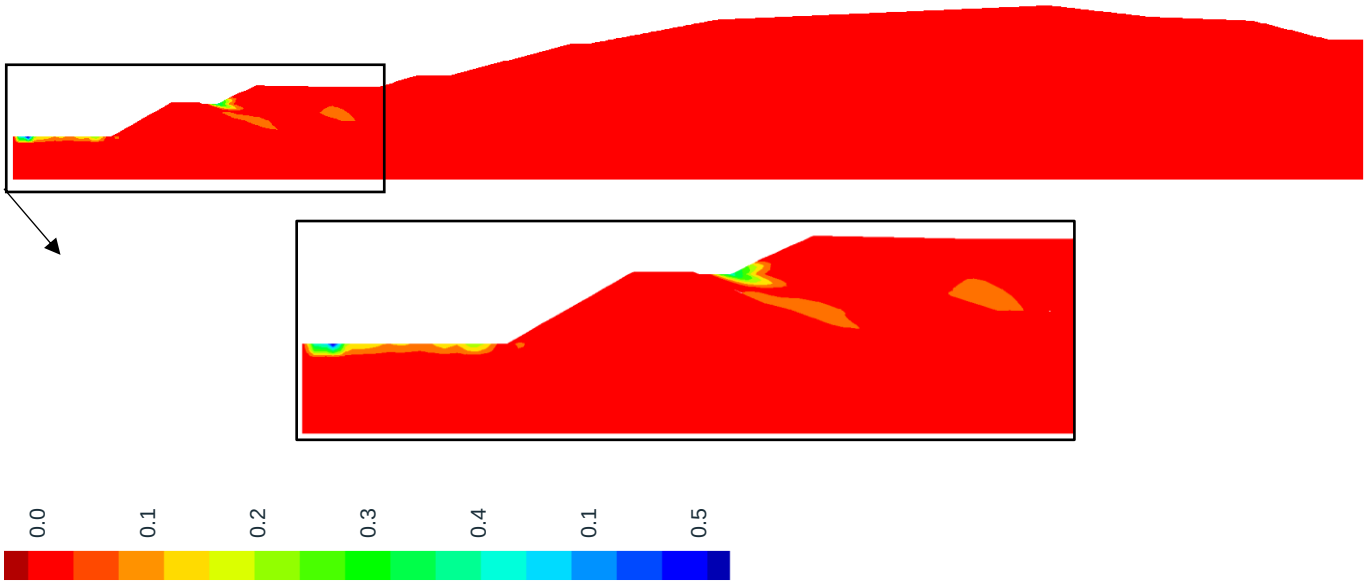


Figure 4-31: FLAC dynamic analysis with Carriere C02 blast load, ru; a) Section C-C, b) Section A-A

All the maximum values of the shear strain, displacements (both horizontal and vertical), and r_u for Sections C-C and A-A after the dynamic FLAC analyses show that all the displacement, shear strain and r_u values are negligeable (as shown in **Table 4-7**).

Table 4-7: Summary of the maximum values of the FLAC analyses for Sections C-C and A-A; max shear strain, horizontal and vertical displacements, and ru

Section	Load	Load's PPV (mm/s)	Load's frequency (Hz)	Equivalent distance (m)	PPV on dikes (mm/s)	Max shear strain	Max horizontal displacement (m)	Max vertical displacement (m)	r_u
C-C	Sin_1	9	4	50	20.5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.1
	Sin_2	2	9	100	20.5	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.1
	Sin_3	5	15	150	24.4	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.1
	Sin_4	20	20	200	34.0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.2
	Recorded S5	19	36.6	-	12	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0.1
	Recorded Carriere C02	59	57	-	43	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.2
A-A	Sin_5	6	4	50	20.0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.1
	Sin_6	7	9	100	19.0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.1
	Sin_7	5	15	150	23.0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.13
	Sin_8	6	20	200	32.0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.27
	Recorded S5	19	36.6	-	19	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.1
	Recorded Carriere C02	59	57	-	60	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.15

5. Conclusions and Recommendations

This technical note presents the assessment of the potential rock blasting in phase 5A on the existing Éléonore mine TSF and nearby infrastructures. Two types of assessments were performed in the present study. The first assessment includes the estimation of the peak particle velocity (PPV) response of the site due to different blast loads by using empirical formulations. The PPV response at the site is then estimated for different values of explosive masses per delay and different distances from the blast location. The frequency of the ground motion and the peak residual pore pressure increase induced by the blast are also assessed. The estimated site PPV response and the ground motion frequency were compared to the applicable codes and guidelines to establish an initial value of the maximum allowable PPV site response to the projected blast activities.

The second assessment includes dynamic numerical modelling where the geometry of the existing TSF is subjected to a dynamic loading which represents the proposed blast loading at phase 5A expansion of the TSF of Éléonore mine. This analysis was completed using FLAC software. The numerical model provided the site-specific response at different locations of the TSF. The peak particle velocity response due to the applied blast load (PPV) at different locations in the tailings, the northside dike and the bedrock was modelled. Other parameters such as r_u, shear strain and deformation generated in the TSF were verified as well.

Empirical blast assessment

The conclusions of the empirical blast assessment are summarized below:

- The site PPV response depends on the explosive mass per delay and the distance from the blast location. For instance, the site PPV response increases with higher explosive mass per delay and shorter distances from the blast.
- The frequency of the blast wave increases with higher explosive mass at a smaller distance from the blast.
- An initial range of permitted Peak Particle Velocity (PPV) of **15** to **20** mm/s is allowed to be recorded by the geophones, depending on their location. **Appendix A** provides an illustration of the geophone locations and the corresponding allowable PPVs. The primary control points near the blasting area set the PPV limits, while the secondary control points, located further from the blast, reflect the reduced PPV values due to the increased distance.
- The allowable site PPV response to be recorded in the geophones due to the projected blast activities increases at shorter distances from the blast, meanwhile, lower site PPV responses are allowed at longer distances from the blast.
- With a PPR limit of 30% (relevant to 30% strength loss), the PPV falls below 20 mm/s.

Numerical blast assessment

The numerical assessment of two cross-sections was performed using two types of dynamic loadings. The generated sinusoidal loads for four different frequencies were adjusted by limiting the PPV response on the dike to that of the guidelines. On the other hand, two recorded blast loads were also applied to both geometries to assess the response of the TSF. These analyses indicated the following:

- The deformations, shear strains, and r_u due to blasting are negligible if the recorded response PPV on the north dike near the blasting zone is less than 20 mm/s. At this level, there would be no-sign of generated excess pore-water pressure in the tailings.
- Considering the conservative approach, including no attenuation on the blast load and application of the load to the whole length of the bedrock, the responses on the top surface of the dikes for both geometries are still within the limits given by the guidelines.

Recommendations

- Installing and monitoring the proper instruments like piezometers, geophones and prisms near the blasting area.
- Calibrating and adjusting the model with very first blasting results.

6. Limitations of Numerical Analysis

Numerical modelling does not provide exact solutions due to many simplifications and to the limitations of the numerical modelling methods (e.g., finite element or finite difference). Moreover, the constitutive modelling of the material behaviour (considering complex geo-material behaviour), particularly in dynamic analyses, is not an exact answer. However, numerical modelling is still an excellent tool for investigating the behaviour of earth structures, particularly their response to dynamic loads such as blasting. Deformations and displacements calculated with numerical modelling are estimated with appreciable uncertainty. However, they are suitable for comparative purposes and, when combined with engineering judgment and experience, for developing conclusions regarding the performance and stability of a structure.

7. References

Al-Qasimi, E. M., Charlie, W. A. & Woeller, D. J. (2005). Canadian liquefaction experiment (CANLEX): Blast-induced ground motion and pore pressure experiments. Geotechnical Testing Journal, 28(1), 9-21.

Bouchard, S., Leroueil, S., LeBoeuf, D., Deschênes, P. L., & Dorval, P. (2015). Analysis of a blast loading near sensitive clay slope in La Romaine village, Québec. In 68th Canadian Geotechnical conference, GEOQuébec.

Charlie, W. (1985). Review of present practices used in predicting the effects of blasting on pore pressure. U.S. Department of the Interior.

DIN 4150-1986. Deutsches Institut für Normubg (DIN). (1986). Deutsche normen: Erschütterungen im bauwesen – Einwirkungen auf bauliche anlagen., Berlin (in German).

Hubert, M. E. (1986). “Shock loading of water saturated Eniwetok coral sand.” M.S. thesis, Dept. of Civil Engineering, Colorado State Univ., Fort Collins, CO, 145–154.

Johansson, J., Lovolt, F., Andersen, K. H., Madshus, C., & Aabøe, R. (2013). Impact of blast vibrations on the release of quick clay slides. In Proceedings of 18th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering, ICSMGE, Paris.

Karadogan, A., Kahriman, A., & Ozer, U. (2014). A new damage criteria norm for blast-induced ground vibrations in Turkey. Arabian Journal of Geosciences, 7, 1617-1626.

Lyakhov, G. M., (1961). Shock Waves in the Ground and the Dilatency of Water Saturated Sand. Zhurnal Prikladony Mekhanik I Tekhnicheskoy Fiziki, Moscow, USSR, No. 1, pp. 38–46.

MERN. (2016). Ministère de l’Énergie et des Ressources naturelles, Guidelines for preparing mine closure plans in Québec, Canada. Publication N0: M08-03a-1711. ISBN: 978-2-550-79804-0.

OSMRE. (1987). Office of Surface Mining, Reclamation and Enforcement, United States, Department of the Interior. Regulation 816.67 (d).

Siskind, D. E., Stagg, M. S., Kopp, J. W. & Dowding, C. H. (1980). Structure response and damage produced by ground vibrations from surface blasting, RI 8507. U.S. Bureau of Mines, Washington, DC.

APPENDICES

APPENDIX A. Recorded Blast Data Received from Éléonore Mine Site

A.1 Recorded Blast from Phase 3B-4A of Éléonore Site

Instantel

Waveform Trigger Source	Tran at January 22, 2024 15:59:50	**Serial Number**	UM14838
Trigger Level(s)	Geo 0.500 mm/s	**Model Number**	Micromate ISEE 10.90GC
Pre-Trigger/Record Time	0.25 sec/3.0 sec (Fixed)	**Battery Level**	3.8 volts
Sample Rate	2048 sps	**Unit Calibration**	July 27, 2023 by Instantel
Setup File Name	UM14838.mmb	**Event File Name**	UM14838_20240122155950.IDFW
Operator	Operator	**USB Sensor Support**	Disabled

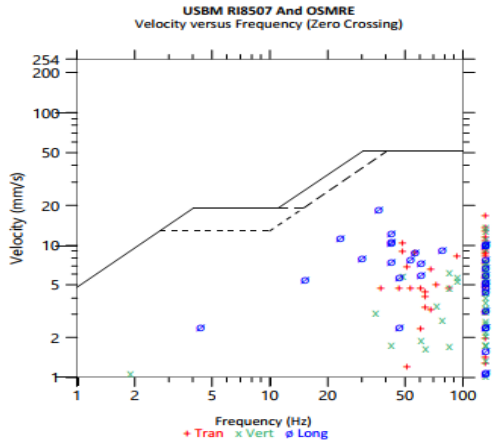
Notes

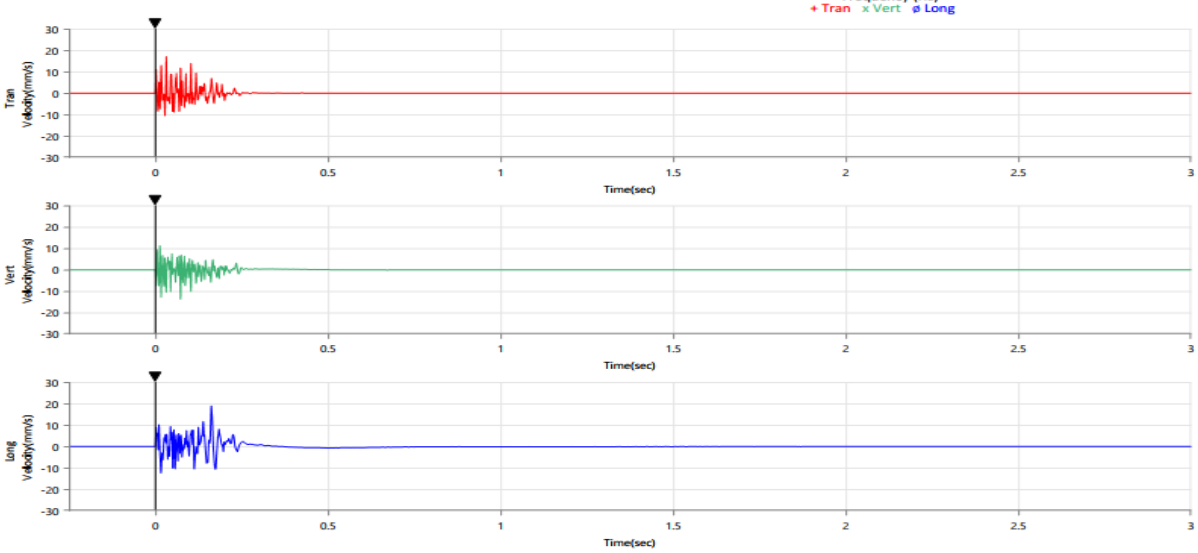
Location	Station S5
Client	Mine Éléonor
Company	AtkinsRéalis
General Notes	695004

Post Event Notes No text to be displayed.

Geophone	**Tran**	**Vert**	**Long**
Peak Particle Velocity	17.064 mm/s	13.714 mm/s	18.932 mm/s
Zero Crossing Frequency	>100 Hz	>100 Hz	36.6 Hz
Time (Relative to Trigger)	0.031 sec	0.072 sec	0.162 sec
Peak Acceleration	1.384 g	1.680 g	1.204 g
Peak Displacement	0.022 mm	0.038 mm	0.153 mm
Sensor Check	Disabled	Disabled	Disabled

Peak Vector Sum 21.321 mm/s at 0.016 sec





Created by version 1.5.0.29. Format © 2021 Xmark Corporation Page 1 / 2

A.2 Recorded Blast from S1 Carriere C02 of Éléonore Mine Site

Instantel

Test rapport

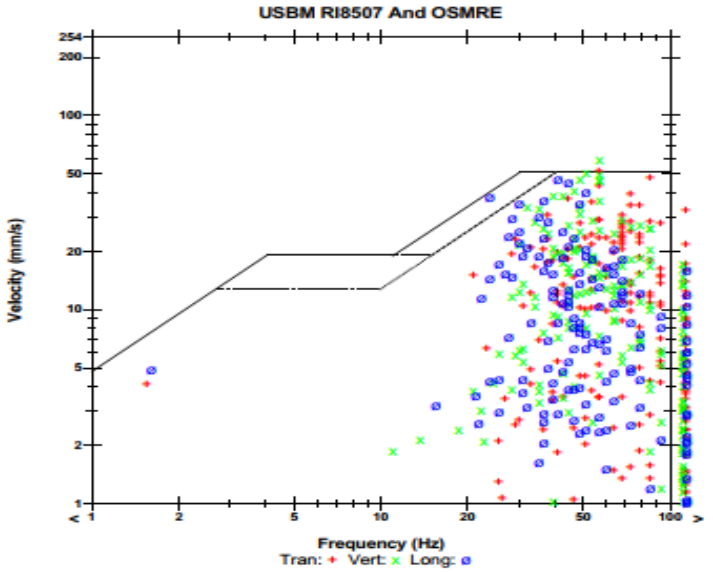
Date/Time	Vert at 16:30:22 May 23, 2024
Trigger Source	Geo: 1.000 mm/s
Range	Geo: 254.0 mm/s
Record Time	10.0 sec at 2048 sps
Operator/Setup:	Operator/Eleonore_Micromate ISEE.MMB

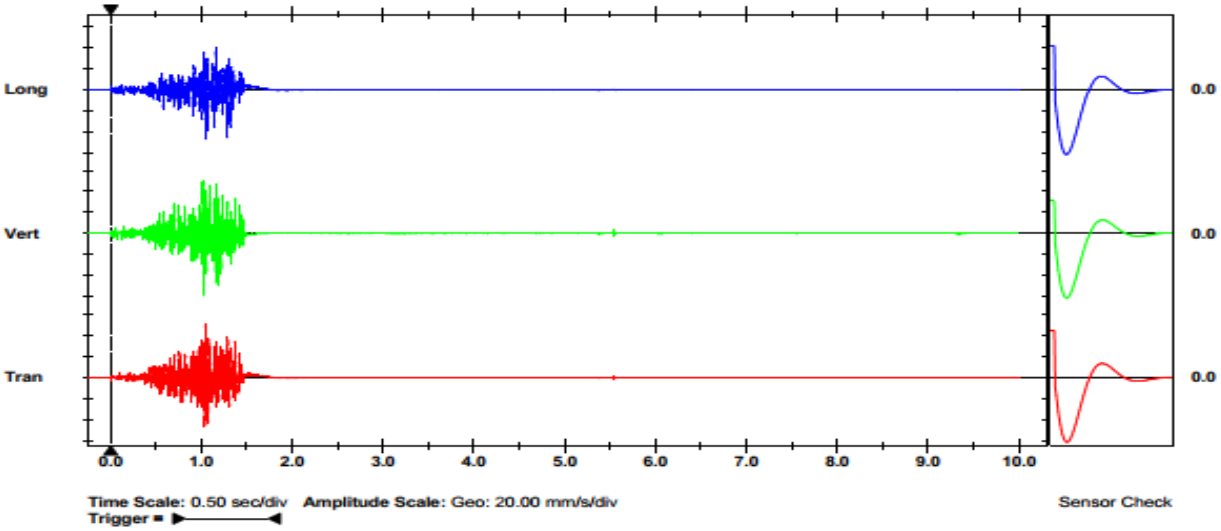
Serial Number	UM20942 V 10-90GC Micromate ISEE
Battery Level	3.8 Volts
Unit Calibration	October 12, 2022 by Instantel
File Name	UM20942_20240523163022.IDFW

Notes

	Tran	Vert	Long	
PPV	51.34	59.09	46.75	mm/s
ZC Freq	57	57	41	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.044	1.023	1.043	sec
Peak Acceleration	2.931	3.903	1.705	g
Peak Displacement	0.296	0.162	0.304	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.3	7.5	Hz
Overswing Ratio	4.6	4.8	4.8	

Peak Vector Sum 69.56 mm/s at 1.044 sec

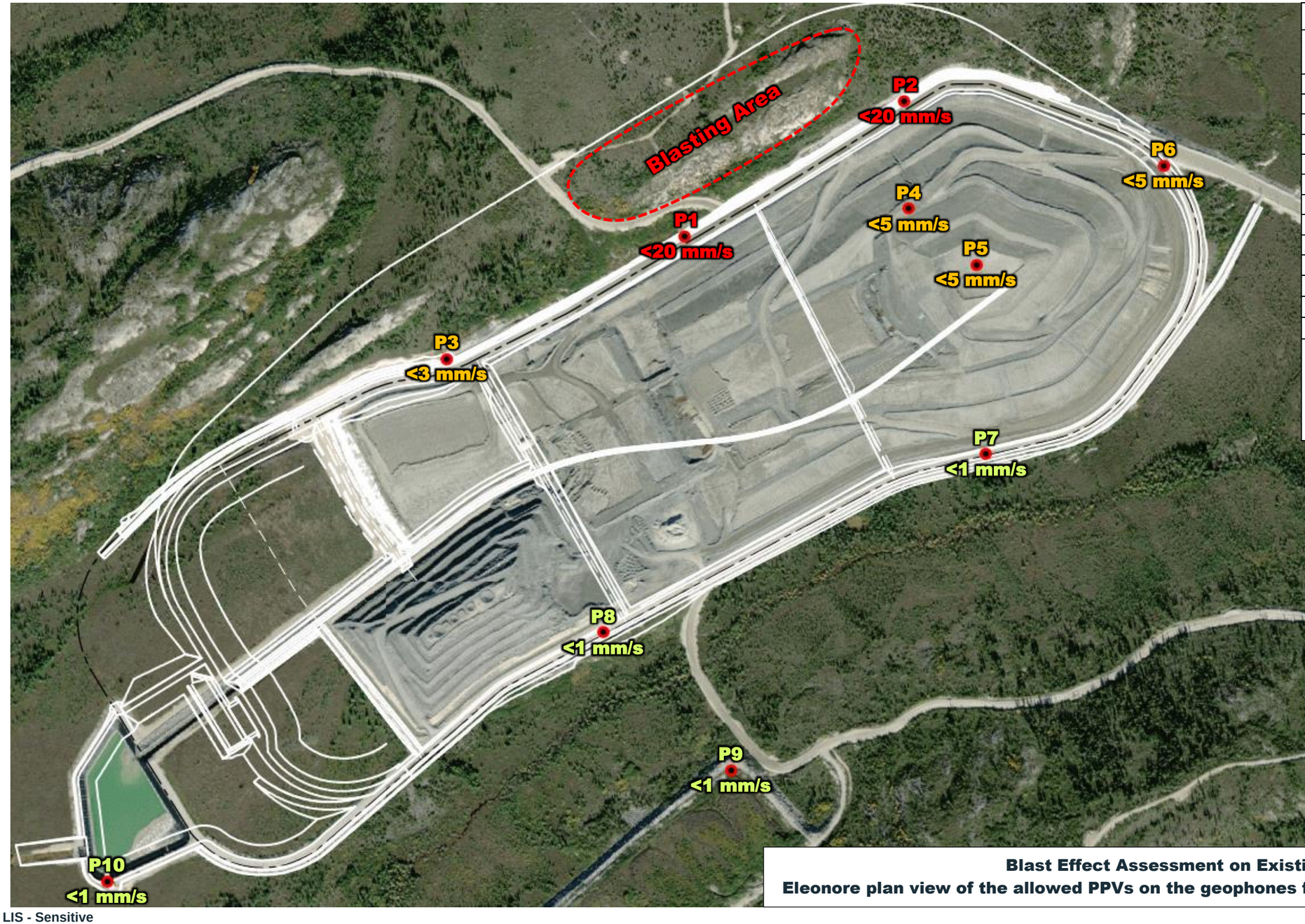




Printed: May 24, 2024 (V 10.74)

Format © 1995-2015 Xmark Corporation

A.3 Eleonore plan view of the allowed PPVs on the geophones for different distances from blasting area



PPV on the geophones		
Location	**Distance from blasting area (m)**	**Allowed PPV (mm/s)**
Primary control points[1]		
Point 1	**80**	**<20**
Point 2	**80**	**<20**
Secondary control points[2]		
Point 3	**240**	**<3**
Point 4	**170**	**<5**
Point 5	**300**	**<2**
Point 6	**450**	**<1**
Point 7	**510**	**<1**
Point 8	**520**	**<1**
Point 9	**740**	**<1**
Point 10	**1100**	**<1**
Point 11	**1050**	**<1**

Note:

1- Point1 and Point 2 are primary control points and should be considered in the blasting design.

2- Point 3 to Point 11, are secondary control points, the number shown are the acceptable PPV based on the attenuation curve.

Blast Effect Assessment on Existing TSF Phase 5
Eleonore plan view of the allowed PPVs on the geophones for different distances from blasting area

Annexe D

Programme de surveillance par instrumentation – Mine Éléonore – Parc à résidus – Phase 5A

AtkinsRéalis	NOTE TECHNIQUE Programme de surveillance par instrumentation – Mine Éléonore – Parc à résidus – Phase 5A		
	No de document :	**Rév.**	**Date :**
	699802-6000-4GER-0001	00	14 février 2025

Titre du document : **PROGRAMME DE SURVEILLANCE PAR INSTRUMENTATION – MINE ÉLÉONORE – PARC À RÉSIDUS – PHASE 5A**

Client : **NEWMONT – MINE ÉLÉONORE**

Projet : **INGÉNIERIE DÉTAILLÉE POUR LA CONSTRUCTION DE LA PHASE 5A DU PARC À RÉSIDUS DE LA MINE ÉLÉONORE**

Préparé par : Filip Djogo, ing., M. ing
#OIQ : 6032471

Révisé par : Amir Zamani, ing., M.Sc.
#OIQ: 5021566

Approuvé par : Genevieve Marchand, Eng., M.Sc., PMP
#OIQ: 127590

Note au lecteur

Ce rapport a été préparé et les travaux mentionnés dans ce rapport ont été entrepris par AtkinsRéalis Canada inc. (AtkinsRéalis), pour l'usage exclusif de Newmont, qui a été partie à l'élaboration de l'étendue des travaux et en comprend les limites. La méthodologie, les constatations, les conclusions et les recommandations de ce rapport sont basées uniquement sur la portée des travaux et sont soumises aux considérations de temps et de budget décrites dans la proposition et/ou le contrat en vertu duquel ce rapport a été publié. L'utilisation du présent rapport par un tiers, la confiance qu'il accorde à celui-ci ou la décision qu'il prend en se fondant sur celui-ci sont la responsabilité exclusive de ce tiers. AtkinsRéalis n'assume aucune responsabilité à l'égard des dommages qui pourraient être subis ou engagés par un tiers en raison de l'utilisation de ce rapport, de la confiance accordée à celui-ci ou de toute décision prise en fonction de celui-ci.

Les constatations, conclusions et recommandations contenues dans ce rapport (i) ont été élaborées d'une manière conforme au niveau de compétence normalement exercé par les professionnels exerçant actuellement dans des conditions similaires dans la région, et (ii) reflètent le meilleur jugement de AtkinsRéalis basé sur les informations disponibles au moment de la préparation de ce rapport. Aucune autre garantie, expresse ou implicite, n'est donnée à l'égard des services professionnels fournis à Newmont ou des constatations, conclusions et recommandations contenues dans le présent rapport. Les constatations et les conclusions contenues dans le présent rapport ne sont valables qu'à la date du présent rapport et peuvent être fondées, en partie, sur des renseignements fournis par d'autres personnes. Si l'une ou l'autre des informations est inexacte, de nouvelles informations sont découvertes ou les paramètres du projet changent, des modifications au présent rapport pourraient être nécessaires.

Ce rapport doit être lu dans son ensemble, car des sections prises hors contexte peuvent être trompeuses. Si des divergences surviennent entre la version préliminaire (ébauche) et la version finale de ce rapport, c'est la version finale qui prime. Rien dans le présent rapport ne vise à constituer ou à fournir une opinion juridique.

Le contenu de ce rapport est confidentiel et exclusif. Sauf par Newmont, il n'est pas permis de reproduire ou de distribuer le présent rapport ou d'utiliser l'information contenue dans les présentes, en totalité ou en partie, ou de s'y fier, sans la permission expresse écrite de Newmont et de AtkinsRéalis.

Liste des révisions

#	Prép.	Rév.	App.	Date	Pages	Remarques
PB	FD	AZ	GM	2024-11-01	Toutes	Pour commentaires – Client
PC	FD	AZ	GM	2025-02-13	Toutes Section 2.3 Annexe B	Pour commentaires – Client
00	FD	AZ	GM	2025-02-14	Section 2.3 Annexe B	Version finale

Table des matières

1. Introduction 1
1.1 Contexte et objectifs 1
1.2 Instrumentation existante 2
2. Programme de surveillance par instrumentation pendant les travaux de dynamitage 3
2.1 Objectifs 3
2.2 Instruments à mettre en place 3
2.2.1 Recommandations pour l'installation 7
2.2.2 Limitations 7
2.2.3 Livrable à fournir 8
2.3 Plan d'intervention durant les travaux de dynamitage 8
3. Programme de surveillance des sols de fondation 9
3.1 Objectifs 9
3.2 Mise en contexte 9
3.3 Instruments à mettre en place 9
3.4 Forages géotechniques 13
3.5 Points d'intérêt à considérer 14
3.6 Livrable à fournir 14
4. Références 15

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Instrumentation existante dans la phase 1 et 2 du PAR 2
Tableau 2-1 : Détail d'installation et coordonnées approximatives des tiltmètres et géophones 6
Tableau 3-1 : Détails d'installation et coordonnées approximatives des piézomètres à corde vibrante 11

Liste des figures

Figure 1-1 : Vue en plan du PAR, de la zone de dynamitage et de l'épaisseur d'argile des phases 1 et 2 1
Figure 2-1 : Plan de localisation des tiltmètres et géophones à mettre en place, ainsi que l'empreinte du recouvrement projeté de la phase 1 4
Figure 2-2 : Section A-A à C-C montrant la position des tiltmètres 5
Figure 2-3 : Section D-D et E-E montrant la position des tiltmètres 5
Figure 3-1 : Le plan d'aménagement préliminaire de la phase 5A, la position des coupes A-A, B-B et C-C, la position des piézomètres à corde vibrante à installer dans la fondation de la phase 5A, et des tranchées à aménager pour l'acheminement des câbles vers les boitiers pour l'enregistrement de données 10
Figure 3-2 : Position approximative des piézomètres à installer dans la phase 5A – Coupe A-A 12
Figure 3-3 : Position approximative des piézomètres à installer dans la phase 5A – Coupe B-B 12
Figure 3-4 : Position approximative des piézomètres à installer dans la phase 5A – Coupe C-C 13

Les annexes

Annexe A. Plan de localisation de l'instrumentation existante du PAR

Annexe B. Plan d'intervention pendant les travaux de dynamitage

1. Introduction

1.1 Contexte et objectifs

La zone sélectionnée pour la phase 5A de l'expansion du parc à résidus est située directement au nord des phases 1 et 2 existantes. L'empreinte de l'agrandissement projeté de la phase 5A comprend d'importantes parois rocheuses, qui nécessiteront des travaux d'excavation via dynamitage afin de permettre la construction de la phase 5A. Les phases 1 et 2 du parc à résidus, adjacent à la zone de dynamitage prévue, se composent en partie d'un dépôt d'argile sus-jacent au till et du substrat rocheux existant.

Par conséquent, l'élaboration d'un programme de surveillance par instrumentation pendant les travaux de dynamitage est requis afin de permettre de déceler toute anomalie ou condition inhabituelle pouvant conduire à un mouvement de terrain des pentes de l'empilement du PAR. Un programme de surveillance par instrumentation pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A est présenté, suivi d'un plan d'instrumentation à mettre en place pendant la construction de la phase 5A dans les sols de fondation à la suite des travaux de dynamitage.

Le programme de surveillance par instrumentation dans les résidus et des pentes du PAR à la suite de la construction de la phase 5A pour le suivi à long terme sont exclus du présent livrable et mandat.

La **Figure 1-1** présente la vue en plan du PAR avec la zone de dynamitage et les courbes de niveaux montrant l'épaisseur d'argile dans les phases 1 et 2.

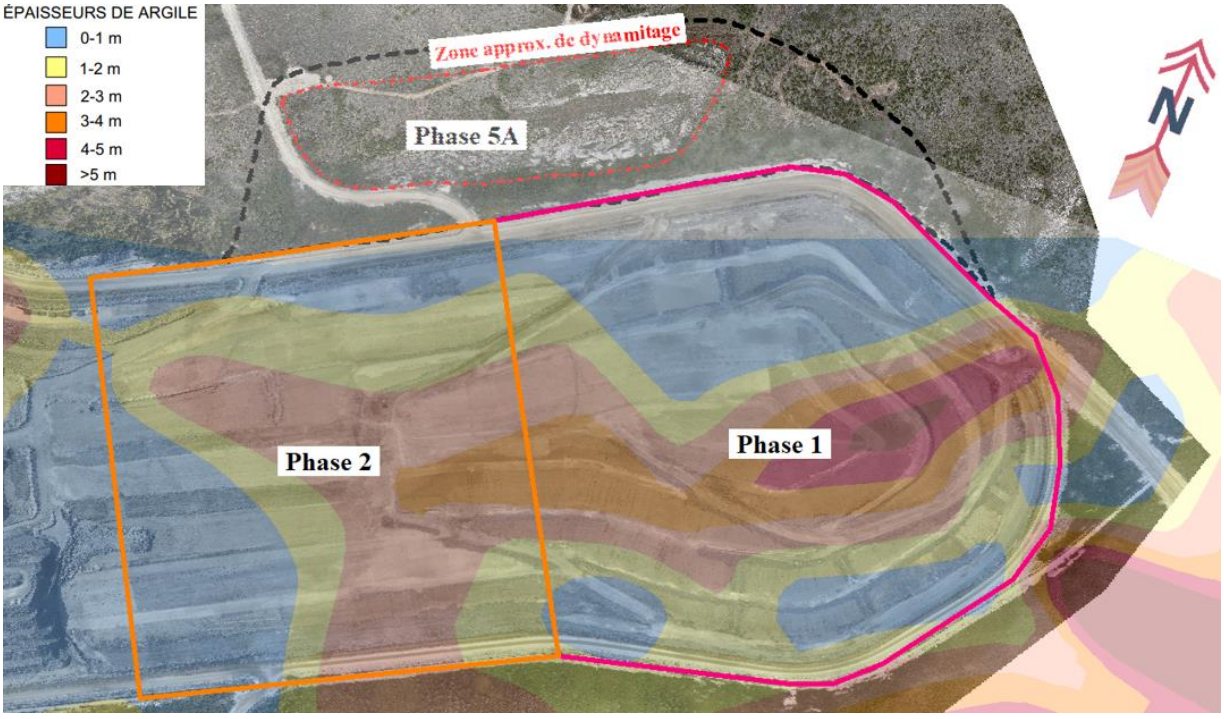


Figure 1-1 : Vue en plan du PAR, de la zone de dynamitage et de l'épaisseur d'argile des phases 1 et 2

1.2 Instrumentation existante

La présente l'instrumentation existante dans la phase 1 et 2 du PAR, alors que le plan de localisation de l'instrumentation existante du PAR est disponible en **Annexe A**.

Tableau 1-1 : Instrumentation existante dans la phase 1 et 2 du PAR

Localisation (phase)	Types d'instruments	Nombre d'instruments	Identifiant des instruments
Phase 1	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	4	PF-1A, PF-1B, PF-2A, PF-2B
	Piézomètres à corde vibrante (résidus)	12	PR-1A, PR-1B, PR-2A, PR-2B, PR-2C, PR-3A, PR-3B, PR-3C, PR-4A, PR-4B, PR-5A, PR-5B
	Prismes	8	108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116
	Thermistances	3	TH-02, TH-03, TH-04
	Puits d'observation	3	PO-21-02, PO-21-03, PO-21-04
Phase 2	Piézomètres à corde vibrante (fondation)	4	PF-3A, PF-3B, PF-4A, PF-4B
	Piézomètres à corde vibrante (résidus)	11	PR-6A, PR-6B, PR-7A, PR-7B, PR-7C, PR-8A, PR-8B, PR-9A, PR-9B, PR-10A, PR-13A
	Prismes	1	112

2. Programme de surveillance par instrumentation pendant les travaux de dynamitage

2.1 Objectifs

Les objectifs du programme de surveillance par instrumentation pendant les travaux de dynamitage sont :

- Détecter les mouvements de terrain superficiels, le cas échéant, des paliers de résidus des phases 1 et 2 pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A;
- Déceler toute anomalie ou condition inhabituelle des niveaux piézométriques pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A au sein des piézomètres à corde vibrante déjà en place dans les résidus et la fondation du PAR des phases 1 et 2;
- Faire le suivi des vitesses en pointe des particules (PPV) grâce à des géophones positionnés stratégiquement entre la zone de dynamitage et du PAR de la phase 1 et 2. (ATRL, 2024b).

2.2 Instruments à mettre en place

Afin de supporter l'atteinte des objectifs énoncés précédemment, la mise en place de dix (10) tiltmètres TILT90 de WorldSensing le long de cinq (5) sections distinctes, A-A à E-E est recommandés. Cinq (5) géophones, identifiés P1 à P5, seront également à mettre en place pour s'assurer que la vitesse en pointe des particules respecte les critères émis dans le rapport 699802-2100-4GER-0001 émis le 6 septembre 2024.

Afin de ne pas empiéter sur les travaux de recouvrement de la phase 1 prévue durant la même période que les travaux de dynamitage de la phase 5A, la section A-A des tiltmètres TM-A-01, TM-A-02, et TM-A-03 a été déplacé plus loin vers le nord et n'est donc pas situé directement dans l'axe de la zone argileuse.

La **Figure 2-1** présente le plan de localisation approximatif des tiltmètres et géophones à mettre en place. La topographie des phases 1 et 2 proviennent d'un relevé photométrique réalisé le 26 août 2024, alors que celle pour le secteur de la phase 5 provient d'un relevé photométrique réalisé le 21 mai 2024.

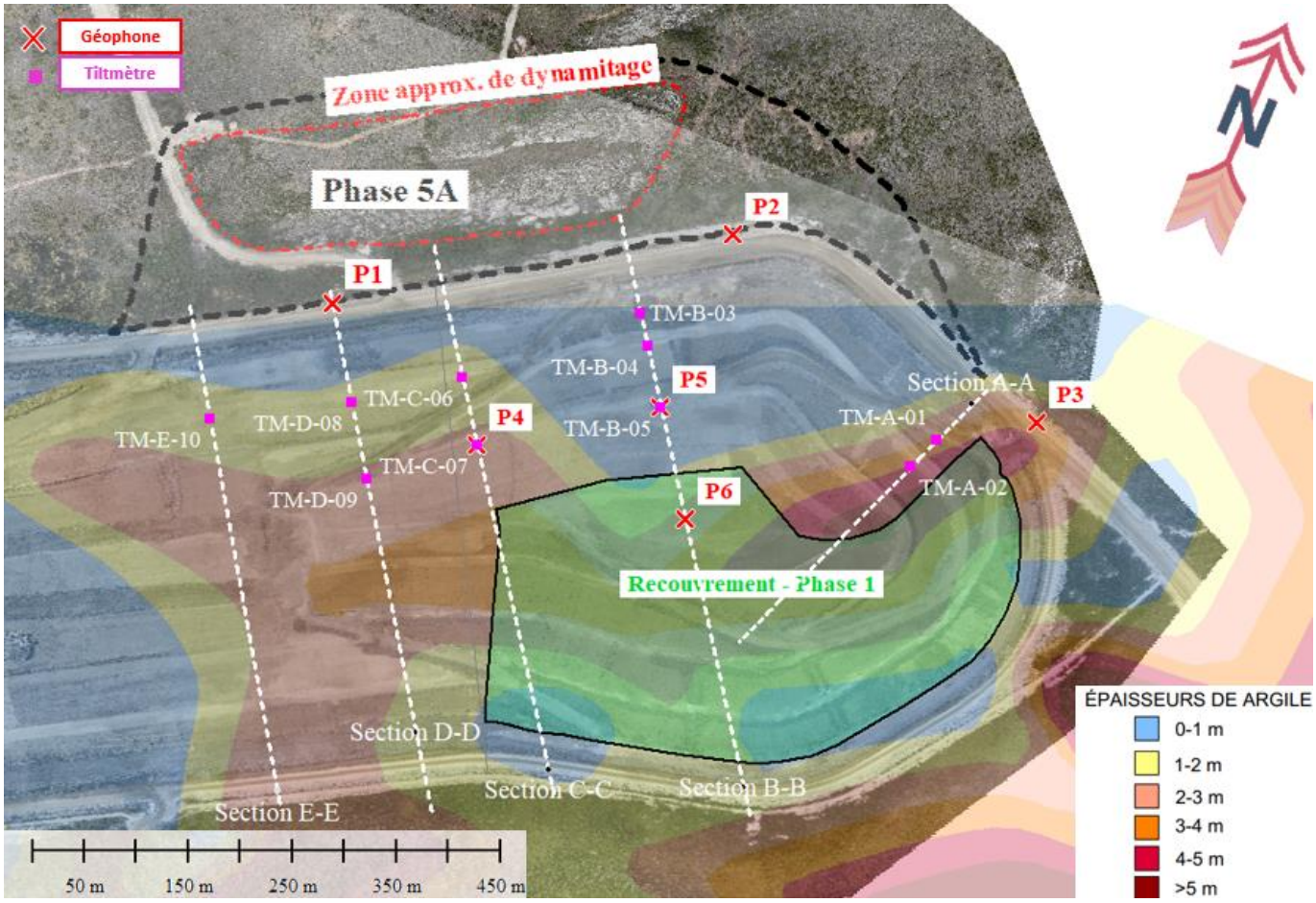


Figure 2-1 : Plan de localisation des tiltmètres et géophones à mettre en place, ainsi que l'empreinte du recouvrement projeté de la phase 1

La **Figure 2-2** présente la position des tiltmètres des sections A-A à C-C.

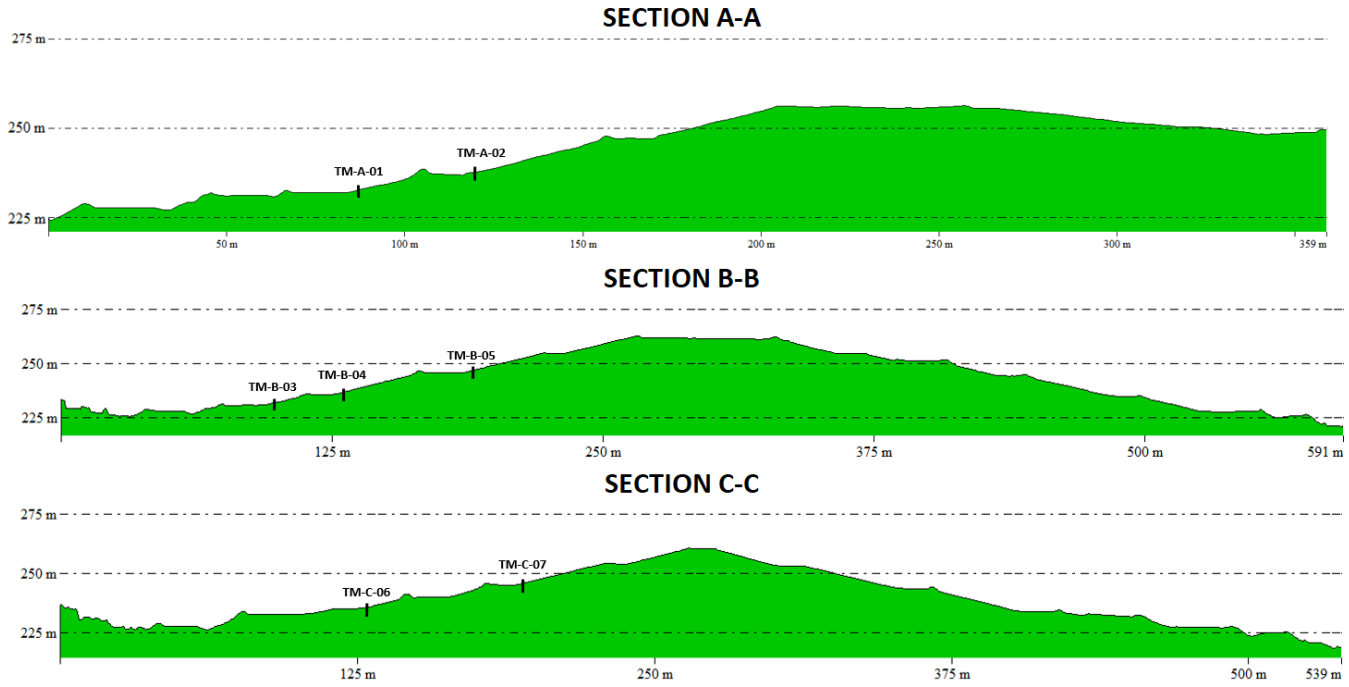


Figure 2-2 : Section A-A à C-C montrant la position des tiltmètres

La **Figure 2-3** présente la position des tiltmètres des sections D-D et E-E.

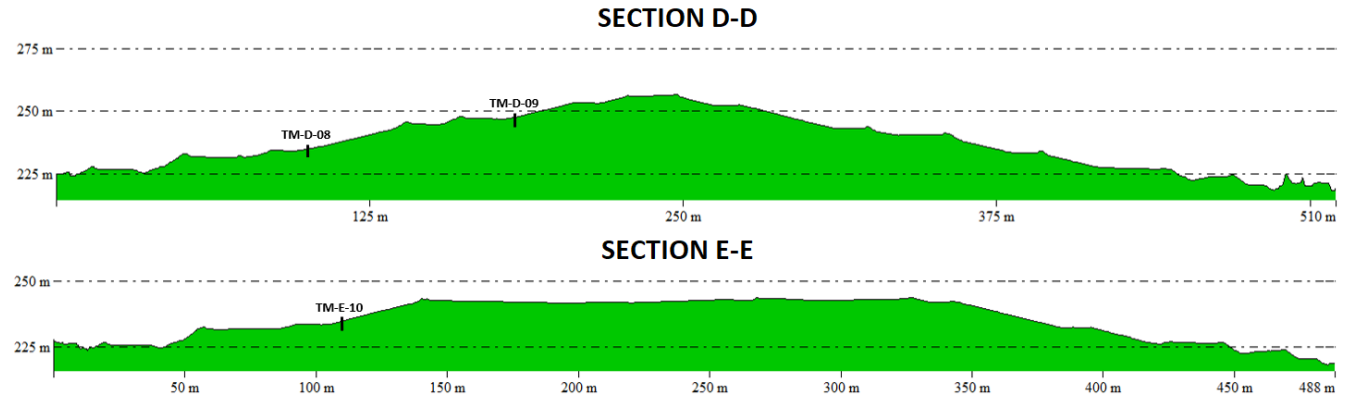


Figure 2-3 : Section D-D et E-E montrant la position des tiltmètres

Le **Tableau 2-1** présente le détail d'installation des tiltmètres et géophones.

Tableau 2-1 : Détail d'installation et coordonnées approximatives des tiltmètres et géophones

ID #	Section	NAD1983 UTM Zone 18N			Él. Géomemb. (m)	Prof. des tiges (m)	Longueur hors-sol des tiges (m)	Longueur totale des tiges (m)	Distance p/r à la géomembrane (m)
		Est (X)	Nord (Y)	Él. TN (m)					
Tiltmètre									
TM-A-01	**A-A**	424554,9	5841228,8	232,5	221,7	3,0	1,0	4,0	7,8
TM-A-02		424541,4	5841196,2	238,0	221,0	3,0		4,0	14,0
TM-B-03	**B-B**	424245,8	5841235,6	231,5	225,7	3,0		4,0	2,8
TM-B-04		424264,2	5841208,7	236,5	225,3	3,0		4,0	8,2
TM-B-05		424297,7	5841159,5	246,5	224,0	3,0		4,0	19,5
TM-C-06	**C-C**	424110,1	5841114,6	235,5	225,0	3,0		4,0	7,5
TM-C-07		424147,8	5841059,5	246,0	223,7	3,0		4,0	19,3
TM-D-08	**D-D**	424020,8	5841051,9	237,0	224,2	3,0		4,0	9,8
TM-D-09		424061,5	5840989,3	248,0	222,5	3,0		4,0	22,5
TM-E-10	**E-E**	423900,3	5840986,6	235,0	222,7	3,0		4,0	9,3
Géophones									
P1	-	423968,0	5841133,1				-		
P2	-	424300,2	5841339,3				-		
P3	-	424638,3	5841280,3				-		
P4	-	424147,8	5841059,5				-		
P5	-	424297,7	5841159,5				-		
P6[1]	-	424359,5	5841068,8				-		

Notes :

1. La mise en place du géophone P6 est optionnelle considérant que celle-ci se trouve dans la zone de recouvrement projetée de la phase 1 et que les travaux de recouvrement ne seront probablement pas terminés au moment de débuter les travaux de dynamitage.

2.2.1 Recommandations pour l'installation

Quelques recommandations sont étayées plus bas concernant l'installation des tiges d'armature sur lesquels les tiltmètres seront fixés ainsi que le suivi de l'instrumentation durant les travaux :

- Il est recommandé d'utiliser des tiges d'armature ne présentant pas de défectuosité, par exemple ne pas utiliser une barre de fer déjà tordue ou ayant été utilisé préalablement pour d'autres applications.
- Il est recommandé d'utiliser une tige d'armature sciée sur mesure sans devoir soudre ou attacher des morceaux pour éviter des zones de faiblesse.
- Considérant la nature temporaire du suivi, les tiges peuvent être poussées dans le sol à l'aide d'une pelle hydraulique afin d'atteindre la profondeur de pénétration souhaitée.
- Les tiges doivent être installées sur les pentes de résidus et adéquatement protégées par des blocs de béton et des balises pour éviter d'être endommagées par la machinerie.
- En fonction de sa disponibilité, il est recommandé d'installer des GNSS Meter de Worldsensing au lieu des tiltmètres puisque les GNSS Meter permettent de mesurer la position géodésique ainsi que la déflection (tiltmètre intégré) (voir 4ème paragraphe de la **Section 2.2.2**).
  - Selon les informations transmises par Newmont, il est prévu de commander quelques unités de GNSS Meter. En fonction de la quantité disponible, des recommandations sur leur emplacement seront formulées en conséquence.

2.2.2 Limitations

Quelques limitations sont étayées plus bas concernant le programme de surveillance par instrumentation pendant les travaux de dynamitage :

- La position et le nombre de tiges ont été choisis afin de présenter une bonne couverture de l'ensemble des pentes de résidus exposées aux vibrations qui seront engendrées durant le dynamitage considérant l'homogénéité des résidus et la géométrie des pentes.
- Dans l'éventualité les propriétés géomécaniques des résidus sont hétérogènes localement dû à une compaction inadéquate (par exemple), il est possible que des déformations surviennent entre les sections de tiltmètres et ne soient pas donc relevées. De ce fait, une inspection visuelle des pentes des résidus de la phase 1 et 2 pendant la période de dynamitage doit accompagner le programme d'instrumentation afin de signaler tout changement à l'équipe EoR responsable.
- La fréquence actuelle des prises de mesure des piézomètres à corde vibrante dans les résidus (une mesure à chaque heure) est insuffisante pour détecter la réponse piézométrique générée par les vibrations à la suite au dynamitage. Cependant, la dissipation des pressions d'eau interstitielle pourra être évaluée.
- Le tiltmètre mesure uniquement la déflection de l'appareil, et non un déplacement dans l'espace comme le permettrait un instrument tel que le GNSS Meter de Worldsensing puisque le point de rotation de la tige d'armature, et si celui-ci bouge ou non, n'est pas connu avec certitude. Le tiltmètre reste toutefois un excellent instrument pour détecter la présence de mouvements de terrain superficiel et avoir une indication qualitative sur la vitesse de déformation de celui-ci. Cependant, il ne sera pas possible de quantifier avec précision la déformation comme le permet un inclinomètre ou la position géodésique comme le permet le GNSS Meter de Worldsensing.

2.2.3 Livrable à fournir

Lorsque l'installation des instruments sont terminées, AtkinsRéalis soumettra un mémorandum contenant les procédures, des photos et les détails d'installation des tiges d'armature, et un plan de localisation des instruments.

2.3 Plan d'intervention durant les travaux de dynamitage

Un plan d'intervention et de suivi durant les travaux de dynamitage est présenté à l'**Annexe B**. Ce document servira de référence pour le suivi de l'instrumentation et des inspections visuelles à réaliser de afin de signaler toute situation changeante à l'équipe EoR responsable.

L'entrepreneur doit obtenir l'autorisation de l'EoR (engineer of record) ou de l'ingénieur responsable de la surveillance des travaux de dynamitage de l'équipe EoR chaque matin avant de procéder au dynamitage de la journée, avec le support du surveillant de chantier.

Avant le début des travaux de dynamitage, un relevé de drone par photogrammétrie et une inspection détaillé de la phase 1 et 2 sera faite selon les TARPs actuels (SLI, 2024b). Les anomalies seront identifiées, photographiées et localisées, et un premier plan de localisation de l'instrumentation et des anomalies sera produit.

Ce plan de localisation de l'instrumentation et des anomalies servira comme un document de référence pour les inspections à réaliser durant les travaux de dynamitage dans le cadre du plan d'intervention et de suivi présenté à l'**Annexe B**, et devra être mise à jour toutes les deux semaines durant les travaux de dynamitage.

3. Programme de surveillance des sols de fondation

La section qui suit présente le programme de surveillance des sols de fondation du PAR de la phase 5A dans le cadre du suivi à long terme requis pour l'application des seuils d'alerte du plan d'action TARPs (*Trigger Action Response Plans*).

3.1 Objectifs

L'objectif du programme de surveillance des sols de fondation est de déceler toute anomalie, changement ou condition inhabituelle dans les sols de fondation et dans le système de sous-drainage de la phase 5A. Le programme comprend l'installation de piézomètres à corde vibrante dans la fondation de la Phase 5A.

3.2 Mise en contexte

La majorité de la phase 5A reposera sur le roc à la suite des travaux de dynamitage, mise à part le long de la digue d'amorce (PF-16 et PF-18) et dans le secteur nord-est de la phase 5A (PF-15) où les sols de fondation sont composés à prédominance d'un dépôt granulaire sableux/silteux et d'un dépôt de till (SLI, 2024a; ATRL, 2024c). De plus, les analyses de stabilité de la phase 5 (ATRL, 2024a) indiquent que les cercles de rupture sont limités au sein des résidus dans la portion nord.

Basé sur ces observations, seuls des piézomètres à corde vibrante sont proposés pour le programme de surveillance des sols de fondation sous la géomembrane.

3.3 Instruments à mettre en place

Afin de supporter l'atteinte des objectifs énoncés précédemment, la mise en place de huit (8) piézomètres à corde vibrante est recommandée, soit :

- Trois (3) piézomètres à corde vibrante dans le till (PF-15A, PF-16A, et PF-16A);
- Cinq (5) piézomètres dans la couche de sable drainante sous-jacente à la géomembrane (PF-15B, PF-16B, PF-17B, PF-18B et PF-19B).

La **Figure 3-1** présente le plan d'aménagement préliminaire de la phase 5A, la position des coupes A-A, B-B et C-C, la position des piézomètres à corde vibrante à installer dans la fondation de la phase 5A, et des tranchées à aménager pour l'acheminement des câbles vers les boitiers pour l'enregistrement de données qui devront être installés sur la digue d'amorce. Le fond du plan provient du plan 699802-07-100-4GD2-7002-EPB.

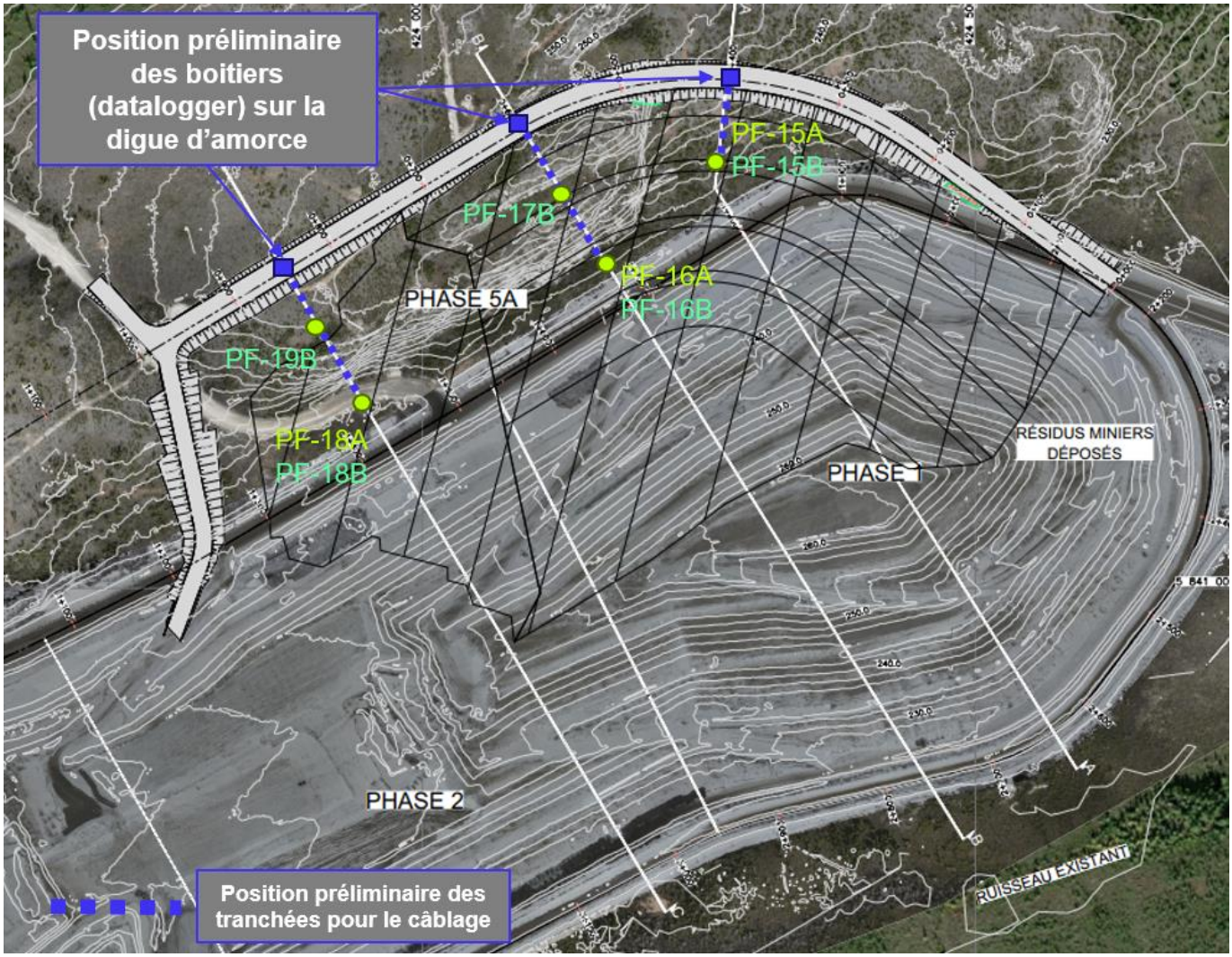


Figure 3-1 : Le plan d'aménagement préliminaire de la phase 5A, la position des coupes A-A, B-B et C-C, la position des piézomètres à corde vibrante à installer dans la fondation de la phase 5A, et des tranchées à aménager pour l'acheminement des câbles vers les boitiers pour l'enregistrement de données

Le **Tableau 3-1** présente les détails d'installation et les coordonnées approximatives des piézomètres à corde vibrante à installer dans la phase 5A du PAR.

Tableau 3-1 : Détails d'installation et coordonnées approximatives des piézomètres à corde vibrante

ID # de l'instrument	Type d'instrument	Numéro de série	Le dépôt/remblai d'installation	NAD1983 UTM Zone 18N			Él. d'installation (m)	Mode d'installation	Longueur totale des cables [4] (m)
				Est (X)	Nord (Y)	Él. TN [1] (m)			
PF-15A	Piézomètre à corde vibrante de type PWF[6]	À venir	Dépôt de till	424264	5841363	228,0	225[3]	Forage[5]	210
PF-15B		À venir	Remblai de sable (système de sous-drainage)				-[2]	Tranchée	210
PF-16A	Piézomètre à corde vibrante de type PWF[6]	À venir	Dépôt de till	424173	5841283	227,5	223[3]	Forage[5]	225
PF-16B		À venir	Remblai de sable (système de sous-drainage)				-[2]	Tranchée	225
PF-17B	Piézomètre à corde vibrante de type PWF[6]	À venir	Remblai de sable (système de sous-drainage)	424127	5841356	242,0	-[2]	Tranchée	130
PF-18A	Piézomètre à corde vibrante de type PWF[6]	À venir	Dépôt de till	423956	5841152	226,0	222[3]	Forage[5]	240
PF-18B		À venir	Remblai de sable (système de sous-drainage)				-[2]	Tranchée	240
PF-19B	Piézomètre à corde vibrante de type PWF[6]	À venir	Remblai de sable (système de sous-drainage)	423912	5841226	235	-[2]	Tranchée	130

Notes

1)	▪ Élévation approximative de la géomembrane sus-jacente au système de sous-drainage considérant que les travaux pour l'installation des piézomètres doivent être réalisés avant la mise en place de la géomembrane.
2)	▪ Les piézomètres doivent être installés dans le 1/3 inférieurs du remblai de sable.
3)	▪ Les piézomètres doivent être installés dans la partie saturée du dépôt de till.
4)	▪ La longueur des câbles a été estimée selon la vraie longueur d'une tranchée linéaire entre les piézomètres et la digue d'amorce + 25% pour tenir compte des incertitudes et de la mise en place du câblage en ''S'' dans le fond de la tranchée.
5)	▪ Les piézomètres doivent être installés au centre d'une lentille de sable de silice de 2' d'épaisseur, avec des bouchons bentonites de 3' d'épaisseur sous la lentille de sable de silice, et d'au moins 4' d'épaisseur au-dessus de la lentille de sable de silice. ▪ Le trou de forage doit être remblayé par la suite avec de la bentonite jusqu'à la hauteur du remblai de sable (couche de sous-drainage), suivi d'un sable de silice jusqu'en surface.
6)	▪ La procédure de préparation, de vérification et de lecture initiale des données selon le guide du manufacturier des piézomètres doit être appliquée au chantier.

Les **Figure 3-2**, **Figure 3-3**, et **Figure 3-4** présentent la position approximative des piézomètres à installer dans la phase 5A pour les coupes respectives A-A, B-B et C-C provenant des plans 699802-07-100-4GD2-7004@7005-E00.

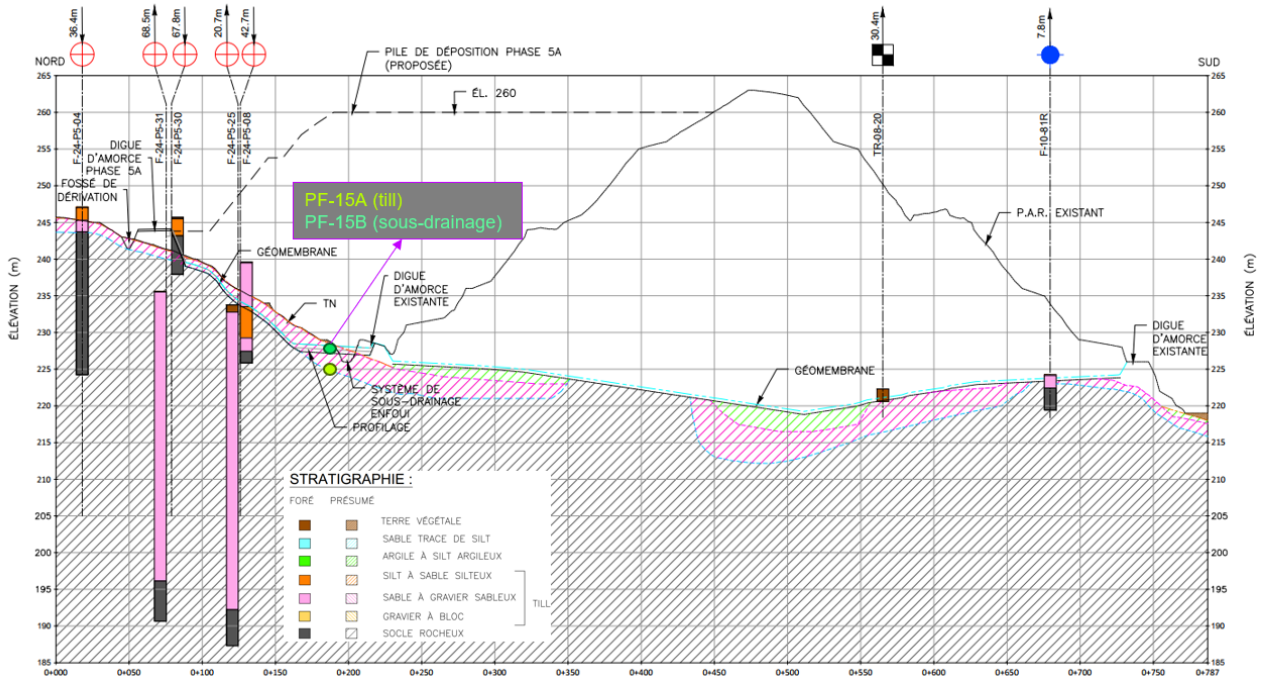


Figure 3-2 : Position approximative des piézomètres à installer dans la phase 5A – Coupe A-A

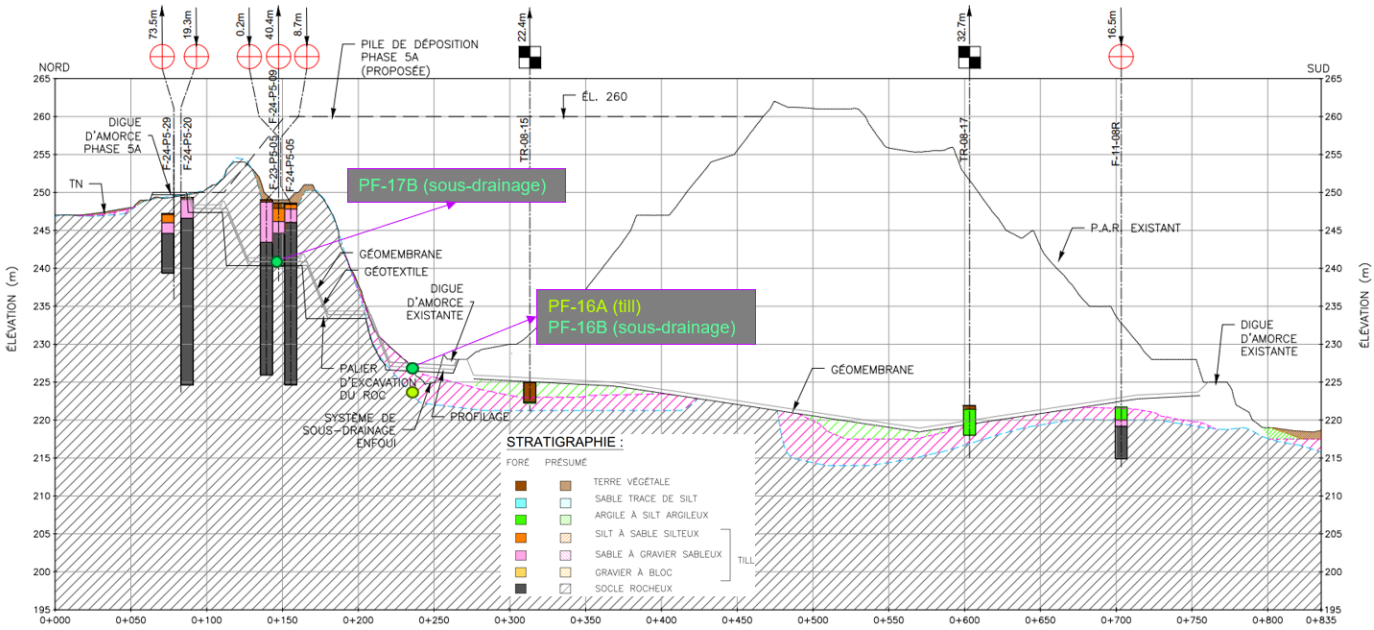


Figure 3-3 : Position approximative des piézomètres à installer dans la phase 5A – Coupe B-B

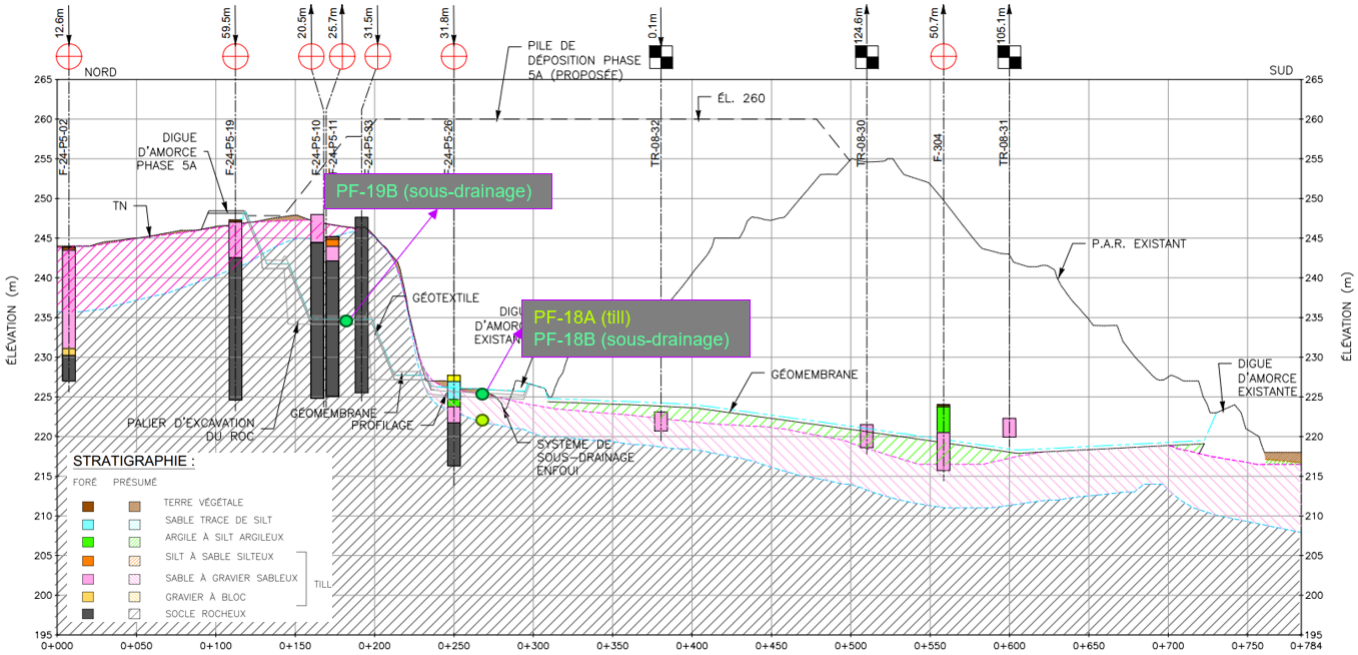


Figure 3-4 : Position approximative des piézomètres à installer dans la phase 5A – Coupe C-C

3.4 Forages géotechniques

Un total de trois (3) forages, identifié PF-15A, PF-16A, PF-18A doivent être réalisés avec une foreuse sur chenille pour l'installation des piézomètres à corde vibrante. La méthode de forage doit minimiser la perturbation des matériaux in situ et la stabilité du fond. Les méthodes de forage doivent être conformes aux normes ASTM D5872/D5872M-18.

Les matériaux doivent être échantillonnés à l'aide d'un carottier fendu de 51 mm (calibre B) enfoncé dans le sol par battage avec un bélier de 63,5 kg tombant d'une hauteur de 760 mm. Ce procédé permet en même temps de mesurer l'indice de pénétration standard, valeur NSPT, exprimé par le nombre de coups nécessaire pour enfoncer le carottier de 300 mm dans le sol, le tout suivant la procédure normalisée ASTM D1586 (SPT).

L'échantillonnage doit être fait à des intervalles de 2,5' de profondeur (ex. : soit des essais entre 0'-2', 2,5'-4,5', 5'-7', 7,5'-9,5', 10'-12', etc. de profondeur). La méthodologie utilisée par l'entrepreneur pour la récupération des échantillons doit être conforme aux exigences des normes ASTM D1586/D1586M-18. Des photos de chacune des cuillères fendues doivent également être prises par le surveillant de chantier.

Pour les spécifications des installations des piézomètres à corde vibrante, se référer au **Tableau 3-1**. La méthode d'installation conventionnelle avec une lentille de sable de silice et des bouchons bentonites est à privilégier.

3.5 Points d'intérêt à considérer

Quelques points d'intérêt sont étayés plus bas concernant l'installation des piézomètres à corde vibrante :

- L'instrumentation à mettre en place dans les sols de fondation doit se faire avant la mise en place de la géomembrane de la phase 5A, et dans le cas des trois (3) piézomètres à corde vibrante à installer dans le till, une foreuse géotechnique est à prévoir une fois les travaux de dynamitage complétés en début 2026. Il est donc important de bien planifier la campagne d'instrumentation afin de s'assurer que tout soit en place avant la pose de la géomembrane et pour éviter de ralentir les activités de construction de la phase 5A.
- Chaque câble des piézomètres doit se connecter sur des boitiers d'enregistrement de données (datalogger) pour collecter l'information. Une pelle hydraulique est à prévoir afin d'aménager des tranchées dans lesquelles le câblage peut être enfouis et acheminé vers les boitiers à installer sur la digue d'amorce.
- Il est recommandé que le surveillant de chantier responsable de l'installation soit sur le site 24 à 48h avant l'arrivée de l'équipe de forage afin de préparer les piézomètres à corde vibrante (vérification de la calibration et saturation de la chambre du filtre). Sinon, un responsable de Newmont peut procéder à la préparation des piézomètres à corde vibrante préalablement à l'arrivé de l'équipe de chantier.
- Plusieurs boitiers d'enregistrement de données (datalogger) pour l'instrumentation existante sont présents sur la digue d'amorce existante nord de la phase 1 et 2 tel que montré à l'**Annexe A**. Ces boitiers empiètent dans l'empreinte projetée des travaux et de la déposition de la phase 5A, et devront donc être déplacés.

3.6 Livrable à fournir

Lorsque les activités de terrain du projet seront terminées, AtkinsRéalis soumettra une note technique factuelle contenant les informations collectées, les rapports de forage détaillés, les procédures adoptées pour l'investigation, les observations sur le terrain, une description de l'installation de l'instrumentation, les feuilles d'étalonnage et un plan de localisation.

4. Références

SNC-Lavalin (SLI), 2024a. Investigation géotechnique 2022-2023 pour l'agrandissement du PAR (Phase 4 et 5) et aires d'entreposage, Mine Éléonore, 689718-9800-4GER-0001-00, Québec, Canada, février 2024.

SNC-Lavalin (SLI), 2024b. Plans d'action en cas d'élément déclencheur (TARPs) du PAR, Mine Éléonore, 688666-4200-4HER-0001-00, Québec, Canada, novembre 2024.

AtkinsRéalis (ATRL), 2024a. Analyse de stabilité pour la phase 5 du parc à résidus, Mine Éléonore, 697431-4100-4GER-0001-00, Québec, Canada, février 2024.

AtkinsRéalis (ATRL), 2024b. Blast Assessment on Existing TSF – Éléonore Phase 5A, Mine Éléonore, 699802-2100-4GER-0001-00, Québec, Canada, septembre 2024.

AtkinsRéalis (ATRL), 2024c. Investigation géotechnique 2024 pour l'agrandissement du PAR (Phase 5) et expansion du bassin de collecte, Mine Éléonore, 699802-2300-4GER-0001-00, Québec, Canada, septembre 2024.

ANNEXES

Annexe A. Plan de localisation de l’instrumentation existante du PAR

\\rndu01\public\pro\688666 EoR Services Newmont\40_DD_DESSINS\688666 – carte de localisation des instrumentation au Parc à Résidus – oct 2023\688666 – PLAN DE LOCALISATION DE L'INSTRUMENTATION – sept 2024 (114-02-2025).dwg

PHASE 4
PHASE 3B
PHASE 3A
PHASE 2
PHASE 1

BASSIN DE COLLECTE EXISTANT
BASSIN DE COLLECTE #2
STATION DE POMPAGE
HALDE À STÉRILES EXISTANTE
ENTREPOSAGE DE TOURBES

PF-BC-02
PF-BC-01
PF 10A
PF 10B
PF-10C
PF 09A
PF 09B
PF-09C
PF 11B
PF-11C
INC-05
INC-04
PF 11A
INC-03
PF-13A
PF-13B
PF-13C
EXT-01
PF-08C
PF 08B
EXT-02
PF 08A-2
PF 08A-1
PF 07A
PF 07B
PF-07C
PF-06C
PF 06B
PF 06A
PF-12A
PF-14A
PF-12B
PF-5C
PF 5A-5B
PR-14A
PF 4A,4B
PR 13A
PR 9A
PR 9B
PF 3B
PF 3A
PM 11A,11B
PR 7A,7B,7C
PM 12A,12B
PR 6A,6B
PM 1A,1B
PR 10A
PM 2A,2B
PR 8A,8B
PR 5A
PR 5B
TH-21-02
PO-21-02
PR 2A,2B
TH-21-03
PO-21-02
PF 2A,2B
PR 1A,1B
PR 1A,1B
PR 3A,3B,3C
TH-21-04
PO-21-02
PR 4A,4B

NOTE:
LE FOND DE PLAN PROVIENT D'UN RELEVÉ PHOTOGRAMMÉTRIQUE PAR DRONE RÉALISÉ LE 2024-11-22 PAR NEWMONT.

1 : 5 000
50 0 50 100 150 200m

PIÉZOMÈTRE À CORDE VIBRANTE :
- PR - Piézomètre dans les résidus
- PM - Piézo. dans les mèches drainantes/inclusions stérile
- PF-XA/XB - Piézo. dans les sols de fondation

POSITION APPROXIMATIVE DES CABLES DE CONNECTION AUX BOITIERS DE LECTURE:
PR — PM — PF — XX BOITIER DE LECTURE DE DONNÉES

CELLULE DE PRESSION : PF-XC - Cellule de pression

THERMISTANCE : TH-XX

INCLINOMÈTRE : INC-XX

EXTENSOMÈTRE : EXT-XX

PUITS D'OBSERVATION : PO-XX

CLIENT
Newmont ÉLÉONORE

CONSULTANT
AtkinsRéalis
Développement Minier Durable
Minéraux et Métaux
AtkinsRéalis
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3

PLAN DE LOCALISATION DE L'INSTRUMENTATION PHASE 1À 4A

DATE : 2024-11-22 SCALE : T.Q.I.

Préparé	Dessiné	Révisé	Approuvé		Révision
A.Z.	M.M.	F.D.	P.G.	FIGURE S.O.	01

Annexe B. Plan d’intervention pendant les travaux de dynamitage

AtkinsRéalis	**PLAN D'INTERVENTION SPÉCIFIQUE PENDANT LES TRAVAUX DE DYNAMITAGE** PAR – Phase 5A **Version : 00** **Date : 14 février 2025**	**Préparé par : Filip Djogo, ing., M.ing** **No. OIQ : 6032471** **Révisé par : Amir Zamani, ing., M.Sc.** **No. OIQ : 5021566** **Approuvé par :** **No. OIQ :**

Plan d'intervention Objectif : Appliquer les actions nécessaires en fonction des seuils d'alerte pour assurer la pérennité et la sécurité des lieux au parc à résidus pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A		**Personne-responsable**
Opération normale (Activités de routine)	**1. Pendant les deux premiers semaines des travaux de dynamitage** : **1.1.** Faire des inspections visuelles **une (1) fois par jour** des pentes nord de la phase 1 et 2 du PAR; • Produire un compte-rendu par courriel avec les photos et les observations après chaque inspection. **1.2.** Faire des inspections visuelles **une (1) fois par deux (2) jours** des pentes sud de la phase 1 et 2 du PAR; • Produire un compte-rendu par courriel avec les photos et les observations après chaque inspection. **1.3.** Faire le suivi des tiltmètres **une (1) fois par jour**; • Produire un compte-rendu hebdomadaire par courriel avec les observations. **1.4.** Faire le suivi des géophones après **chaque évènement de dynamitage;** • Produire un compte-rendu journalier par courriel avec les enregistrements sismiques. **1.5.** Faire le suivi des piézomètres à corde vibrante installés à la phase 1 et 2 **une (1) fois par jour** via le rapport journalier automatique de Canary. **2. Après les deux premières semaines des travaux de dynamitage**, s'il n'y a aucun signe que le PAR est affecté par les travaux de dynamitage, la cadence des inspections visuelles (**maintenir le suivi d'instrumentation des points 1.3, 1.4 et 1.5 selon la même cadence**) peut être réduit à : **2.1. Une (1) fois par deux (2) jours** des pentes nord de la phase 1 et 2 du PAR; • Produire un compte-rendu par courriel avec les observations après chaque inspection. **2.2. Deux (2) fois par semaine** des pentes sud de la phase 1 et 2 du PAR; • Produire un compte-rendu par courriel avec les observations après chaque inspection. **3.** Réaliser un relevé de drone par photogrammétrie à **chaque deux (2) semaines** des phases 1 et 2 du PAR afin de mettre à jour le plan de localisation des instruments et des anomalies sur le PAR des phases 1 et 2.	1.1 Surveillant – AtkinsRéalis 1.2 Surveillant – AtkinsRéalis 1.3 Suivi de l'instrumentation – AtkinsRéalis 1.4 Suivi de l'instrumentation – AtkinsRéalis 1.5 Suivi de l'instrumentation – AtkinsRéalis et Newmont 2.1 Surveillant – AtkinsRéalis ou Newmont 2.2 Surveillant – AtkinsRéalis ou Newmont 3. Newmont
Seuil 1 (S1) (Investigation)	**1.** Maintenir la même fréquence d'inspection et des analyses en opération normale, à moins d'indication contraire; **2.** Comprendre la cause du dépassement et suggérer des actions à prendre selon les recommandations de l'EoR, si nécessaire.	1. Équipe EoR – AtkinsRéalis 2. Équipe EoR – AtkinsRéalis
Seuil 2 (S2) (Notification)	**1.** Envoyer une notification formelle de dépassement à Newmont; **2.** Maintenir la même fréquence des actions en opération normale du plan d'intervention, à moins d'indication contraire; **3.** Appliquer des mesures correctives selon les recommandations de l'EoR, surveiller l'efficacité des actions entreprises, et ajuster au besoin.	1. Équipe EoR – AtkinsRéalis 2. Équipe EoR – AtkinsRéalis 3. Équipe EoR/surveillant – AtkinsRéalis
Condition inhabituelle (Niveau 1)	**1.** Envoyer une notification formelle de dépassement à Newmont; **2.** Arrêter les travaux de dynamitage; **3.** Selon les instructions de l'EoR, procéder à une inspection immédiate des pentes du PAR de la phase 1 et 2 et lui fournir un compte-rendu; **4.** Faire une analyse des instruments et fournir un compte-rendu à l'EoR selon les TARPs établis du document NA-ELE-PAR-DIR-033-104_TARPs _00; **5.** Selon les instructions de l'EoR, appliquer de nouvelles mesures correctives et surveiller l'efficacité des actions additionnelles entreprises; **6.** Attendre l'approbation de l'EoR pour reprendre les travaux de dynamitage.	1. Équipe EoR – AtkinsRéalis 2. Équipe EoR – AtkinsRéalis 3. Surveillant – AtkinsRéalis 4. Suivi de l'instrumentation – AtkinsRéalis 5. AtkinsRéalis et Newmont 6. Équipe EoR – AtkinsRéalis
Personnes responsables	▪ **Newmont :** Jean-François Painchaud (819-865-0011) / William Fresser (819-865-0041) ▪ **Équipe EoR (*engineer of record*) – AtkinsRéalis :** Amir Zamani (EoR, 514-961-7200), Philip Gomes (Deputy EoR, 514-207-8903) ▪ **Suivi de l'instrumentation de l'équipe EoR – AtkinsRéalis :** Filip Djogo (514-248-8653) ▪ **Surveillants – AtkinsRéalis :** À déterminer	

Notes :

1. **Le plan d'intervention est ajustable en fonction du nombre d'instruments subissant un dépassement, l'envergure, la localisation et la cause de l'évènement.**
2. **Ce document doit être lu conjointement avec le rapport 699802-6000-4GER-0001-00.**

AtkinsRéalis	**PLAN D'INTERVENTION SPÉCIFIQUE PENDANT LES TRAVAUX DE DYNAMITAGE** PAR – Phase 5A **Version : 00** **Date : 14 février 2025**	**Préparé par : Filip Djogo, ing., M.ing** **No. OIQ : 6032471** **Révisé par : Amir Zamani, ing., M.Sc.** **No. OIQ : 5021566** **Approuvé par :** **No. OIQ :**

Seuils d'alerte spécifique pour les géophones et les tiltmètres pendant les travaux de dynamitage de la phase 5A

Instruments et inspection visuelle		Opération normale (Activités de routine)	Seuil 1 (S1) (Investigation)	Seuil 2 (S2) (Notification)	Condition inhabituelle (Niveau 1)	Urgence (Niveau 2)	Crise (Niveau 3)
Géophones (*PPV*)	P1	< 20 mm/s	-	-	> 20 mm/s	-	-
	P2	< 20 mm/s	-	-	> 20 mm/s	-	-
	P3	< 5 mm/s	-	-	> 5 mm/s	-	-
	P4	< 5 mm/s	-	-	> 5 mm/s	-	-
	P5	< 5 mm/s	-	-	> 5 mm/s	-	-
	P6	< 5 mm/s			> 5 mm/s		
Tiltmètres[1]		Déflection totale inférieure à 0,5° ou taux de déflection nul	Déflection totale entre 0,5° et 1,0°	Déflection totale entre 1,0° et 2,0°	Déflection totale supérieur à 2,0°	-	-
GNSS Meter[1]		Déplacement enregistré inférieur à 12,5 mm ou taux de déplacement nul	Déplacement total entre 12,5 et 25 mm	Déplacement total entre 25 et 50 mm	Déplacement total supérieur à 50 mm	-	-
Piézomètres Signes visuels de détérioration		Se référer au document des TARPs NA-ELE-PAR-DIR-033-104_TARPs_Version_00 pour les niveaux d'alerte					

Notes :

1. Le taux de déplacement et de déflection seront également pris en compte pour confirmer l'application d'un seuil d'alerte