

APPENDIX

RQC3-1

WINDFALL – ADDENDUM TO
DOWNSTREAM DILUTION STUDY OF
MINE EFFLUENT (WSP 2025A)



Memo

To: Groupe Minier Windfall Inc. (Gold Fields); Jennifer Lallier; and Maxime Belanger Roy
From: Nathan Logan, Stephen Walker (WSP)
Cc: Andréanne Boisvert (Gold Fields)
Ref: CAWL-WSP0-0000-EN-MEM-0006-Rev0
Date: 2026-01-07
Subject: Windfall – Addendum to Downstream Dilution Study of Mine Effluent (WSP 2025a)

1. Introduction

WSP Canada Inc. (WSP) has been requested by Group Minier Windfall Inc. (Gold Fields) to update the downstream water quality model for the Windfall Project (“the Project”). This document serves as an addendum to WSP 2025a, which reports on modelled downstream water quality in a series of lakes once effluent discharge begins at the project. The downstream model is a specific scenario of the Site-Wide Water Quality Model (SWQM) described in WSP 2025b. The SWQM estimates water quality expected from activity on site related to the Project. This addendum serves to support answers to questions in MELCCFP 2025a related to downstream water quality (specific to nitrite, copper, lead and mercury). This addendum is presented in two sections.

- Review of source terms information in the water quality model and the basis of effluent discharge objectives applicable to the MELCCFP questions.
- Updated model results incorporating applicable changes identified through the source information and Effluent Discharge Objective (EDO) review.

2. Review of Source Terms Information and Effluent Discharge Objective Screening

Several parameters were identified as potentially exceeding an effluent discharge objective (EDO; MELCCFP 2025b) at the effluent point and included nitrite, copper, lead, and mercury. Loading sources were individually investigated to better understand the behaviour and source terms information for each of these parameters.



2.1 Nitrite

The maximum monthly average concentration modelled of nitrite in the effluent from the polishing pond was 0.13 mg-N/L. The EDO of 0.02 mg-N/L for nitrite is based on the quality criteria for the protection of aquatic life – chronic effect (CVAC; MELCCFP 2025c) and as provided by MELCCFP was based on a chloride concentration of <2.0 mg/L in the receiving environment.

The primary source of nitrite during mine operations is in the mill process water which is directed for water treatment. The model also includes smaller flows from the overburden stockpile which will contain relatively low concentrations of dissolved nitrogen parameters but includes estimates for untreated nitrite. The process water is assumed to travel from the tailings management facility (TMF) to site ponds and be released from tailings stored as paste in the underground mine, which will then be dewatered. All water from both sources along with additional site contact water is directed to the metals treatment stream and biological treatment stream. Within the treatment streams it is assumed that 100% of all nitrites will be converted to nitrate before reaching the polishing pond (GMW 2024). The primary source of nitrite in the polishing pond is therefore the overburden stockpile which flows through the Geotubes® to the polishing pond.

The nitrite source term for overburden runoff was derived using the SPLP and CTEU-9 data collected from overburden samples (n = 56; WSP 2023a). All results were below analytical detection limits with detection limits that ranged from 0.5 mg-N/L (two samples) to 3 mg-N/L (54 samples). Therefore, using the precautionary principle the detection limit of 3 mg-N/L was assumed for nitrite from the overburden stockpile. This method for calculating source terms is a standard approach but due to the concern related to potential exceedances of the EDO for nitrite the overburden stockpile source term was re-examined.

As the overburden source term was based on the elevated 3 mg-N/L detection limit, there are currently no reasonable values measured above a detection limit for an expected concentration. Therefore, other natural waters around the Project area were reviewed as potential analogues for expected nitrite concentrations from water contacting natural overburden in the region. As part of the baseline studies (WSP 2023) existing water quality within the surrounding watersheds and natural waterbodies measured background concentrations of nitrite that ranged from <0.02 to 0.25 mg-N/L in all samples, and source terms calculated from this data set for natural runoff and starting conditions in the downstream lakes ranged from 0.02 to 0.2 mg-N/L. To further examine the risk of nitrite from the overburden pile on the downstream water quality, a nitrite source term based on the maximum reported value of 0.25 mg-N/L was selected. The maximum value was selected considering the analogue nature of this analysis (rather than direct analytical measurement from representative materials).

2.2 Copper and Lead

Based on the 92nd percentile time series, the maximum monthly average concentration of copper and lead in the effluent from the polishing pond was 0.0061 mg/L and 0.00097 mg/L respectively. The source of copper and lead in the effluent to be treated during mine operations, like nitrite, is primarily from the mill process water that is discharged to the tailings management facility (TMF) and included within paste



backfill placed in the underground mine. Water from the TMF is transferred to other ponds before being sent for treatment. These site ponds along with water dewatered from the underground mine are sent to metals treatment stream and biological treatment stream along with runoff from the waste rock and ore stockpiles. The resulting treated water quality achieved and applied in the model following these treatment systems was 0.005 mg/L for copper and 0.007 mg/L for lead (GMW 2024). It is understood that the values were issued by the project water treatment group based on performance at other sites as the water treatment process put in place is considered to be the best available technology economically achievable (BATEA) (Hatch 2014).

The EDO provided by MELCCFP for copper and lead is 0.0018 and 0.00028 mg/L respectively based on the CVAC calculated assuming a hardness of 15 mg-CaCO₃/L. As has been identified in previous reporting, the baseline hardness of the downstream lakes and natural runoff is between 5 and 305 mg-CaCO₃/L and appears to vary among different sub-watersheds. The assumed 15 mg-CaCO₃/L can be notably lower than observed for some downstream receivers. For perspective, Table 1 and 2 present the maximum monthly concentrations from both the average and 92nd percentile time series results as compared to the calculated CVAC for copper and lead (based on a corresponding representative baseline hardness in each lake). The hardness selected for each downstream location in these tables, and used to calculate the proposed corresponding CVAC, was conservatively based on the 25th percentile hardness value (or minimum value where three or fewer samples were available).

Using the above approach, calculating a CVAC for each individual downstream lake using the conditions at the start of mining, copper and lead are both below the CVAC for the average modelled results and within the same order of magnitude as the EDO (Table 1 and 2). Copper is below or very close to the CVAC in all downstream lakes when considering the 92nd percentile results (Table 1). The difference between the EDO and the 92nd percentile estimated maximum monthly average concentrations in the lakes is expected to be within the range of uncertainty for the model and assumptions. Lead is not expected to exceed the CVAC in any lake for the 92nd percentile results (Table 2).

It is noted that the hardness in some of the downstream lakes is defined by a single year of sampling, or in some cases rely entirely on interpolating hardness based on the upstream and downstream lakes. This is consistent with the way the modelling also works, but the calculations completed remain conservative. For example, copper exceeds the CVAC in SN12 slightly for the 92nd percentile results; however, SN12 is a small lake with few additional inputs from surrounding water sheds and has not been sampled directly. The data for this lake are based on water sampled in the immediately upstream (SN10) and downstream (SN11) lakes. It is expected that the water quality in SN12 might be closer to the higher hardness of upstream lake SN10, but the check completed herein weights the result to the lower hardness measured downstream in SN11. If possible, additional representative baseline hardness samples from all downstream lakes could be collected to further confirm the above-described analysis.

2.3 Mercury

The maximum monthly average concentration of mercury in the effluent from the polishing pond was 0.000053 mg/L. The EDO of 0.000013 mg/L for mercury is based on the criterion for the protection of fish-eating terrestrial fauna (CFTP, *Critère qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore*, in French, MELCCFP 2025c). For reference, the CVAC for mercury is 0.00077 mg/L.



The primary source of mercury during mine operations is also expected to be the tailings process water as described for copper and lead. The process water is collected at the lined TMF and from dewatered tailings placed as paste in the underground mine and directed to the metals treatment stream and the biological treatment stream along with runoff from the WRSP and MMSP. The estimated water quality treated for mercury assumed in the model is 0.00005 mg/L (GMW 2024).

The source terms for the assumed initial concentrations of mercury in all downstream lakes and in the natural runoff is 0.000002 mg/L. This value is the detection limit for mercury from the baseline sampling campaign. As this value exceeds the EDO and CFTP, the model is limited in its ability to determine any assimilation capacity in the receiving environment for mercury. The downstream runoff and initial water quality in downstream lakes is calculated using the median of the relevant samples for each feature. It is notable that not all samples in the downstream baseline study used to calculate the source terms were measured below detection limits. Multiple samples used to develop downstream source terms, from different locations, in different years of sampling, showed concentrations up to a maximum measured concentration of 0.000017 mg/L in the available baseline data. However, results at most stations were consistently very low and generally below detection limits. The current detection limits available are not able to effectively resolve expected concentrations for downstream locations in relation to the EDO (and CFTP). To better understand the range of potential mercury concentrations in the receiving environment and its relationship to the CFTP (and identified EDO), ultra trace mercury sampling will be conducted on receiver surface water as part of a future sampling campaign. This work will be coordinated with a specialized laboratory capable of the ultra-low limits required.

3. Model Update for Nitrite

Based on the above discussion, only nitrite was targeted for update in the downstream water quality model. This update includes the revised nitrite source term for the overburden stockpile (0.25 mg-N/L) provided herein. Based on the evaluation described above, no model updates were deemed necessary for copper, lead or mercury.

The updated maximum monthly averages for nitrite in the polishing pond and in the downstream lakes are presented below in Table 3 and Table 4 for the mean and 92nd percentile time series respectively. These tables serve to update the previously reported nitrite values presented in the downstream dilution study (Table 16, Table 17 and attachment 5 in WSP 2025a).

The concentration of nitrite in the polishing pond is always below the EDO in this scenario. It is noted that within the downstream lakes, the concentration of nitrite starts above the EDO within the model as the initial water quality and natural runoff source terms are at or above the EDO based on the available baseline data. Within 18 months all downstream lakes show sustained long term water qualities below the EDO for nitrite.

Table 1. Modelled copper concentrations compared with receiver specific CVAC based on pre-mining hardness.

Source Term	EDO	Expected Initial Hardness ¹	CVAC ²	Maximum Monthly Average Concentration-Mean Time Series	Maximum Monthly Average Concentration-92 nd Percentile Time Series
Étang 1	0.0018	305	0.024	0.0062	0.0063
SN 3	0.0018	305	0.024	0.0067	0.0071
SN 5	0.0018	295	0.023	0.0067	0.0075
SN 8	0.0018	86	0.008	0.0062	0.0071
SN 10	0.0018	70	0.0069	0.0049	0.0058
SN 12	0.0018	39 ³	0.0042	0.0041	0.0050
SN 11	0.0018	36	0.0039	0.0032	0.0040
SN 13	0.0018	19	0.0022	0.0013	0.0014
SN 1 and SN 4	0.0018	5.0	0.00072	-	-
Natural Runoff	0.0018	15	0.0019	-	-

¹ Hardness values are the minimum hardness concentrations where the source terms are based on 3 samples (Étang 1, SN3, SN5, SN10, SN11, and SN13), and the 25th percentile hardness concentrations where source terms are based on more than 3 samples (SN8, SN10, SN1 and SN4, and Natural Runoff)

² CVAC is calculated using the formula $e^{((0.8545 \cdot \ln(\text{Hardness})) - 1.702)} / 1000$ (MELCCFP 2025c)

³ Source terms for SN12 are based on WL24 and WL25 which are located within SN10 (upstream) and SN11 (downstream) respectively. Water within SN11 is consistently lower in hardness than SN10 probably due multiple additional streams flowing to SN11 (see also discussion in text).

Table 2. Modelled lead concentrations compared with receiver specific CVAC based on pre-mining hardness.

Source Term	EDO	Expected Initial Hardness ¹	CVAC ²	Maximum Monthly Average Concentration-Mean Time Series	Maximum Monthly Average Concentration-92 nd Percentile Time Series
Étang 1	0.00028	305	0.024	0.00094	0.00098
SN 3	0.00028	305	0.024	0.0010	0.0011
SN 5	0.00028	295	0.023	0.0010	0.0011
SN 8	0.00028	86	0.008	0.0010	0.0011
SN 10	0.00028	70	0.0069	0.00079	0.00094
SN 12	0.00028	39 ³	0.0042	0.00067	0.00082
SN 11	0.00028	36	0.0039	0.00054	0.00066
SN 13	0.00028	19	0.0022	0.00023	0.00025
SN 1 and SN 4	0.00028	5.0	0.00072	-	-
Natural Runoff	0.00028	15	0.0019	-	-

¹ Measured reference hardness values are the minimum hardness concentrations where the source terms are based on 3 samples (Étang 1, SN3, SN5, SN10, SN11, and SN13), and the 25th percentile hardness concentrations where source terms are based on more than 3 samples (SN8, SN10, SN1 and SN4, and Natural Runoff)

² CVAC is calculated using the formula $e^{((1.273 \cdot \ln(\text{Hardness})) - 4.705)} / 1000$ (MELCCFP 2025c)

³ Source terms for SN12 are based on WL24 and WL25 which are located within SN10 (upstream) and SN11 (downstream) respectively. Water within SN11 is consistently lower in hardness than SN10 probably due multiple additional streams flowing to SN11 (see also discussion in text).



Table 3. Maximum monthly average nitrite concentrations in downstream lakes using the mean time series after the first 18 months of modelled time.

Parameter	Units	EDO	Polishing Pond	Étang 1	SN3	SN5	SN8	SN10	SN12	SN11	SN13
Nitrite	mg-N/L	0.02	0.005	0.006	0.01	0.01	0.013	0.014	0.015	0.017	0.019

Table 4. Maximum monthly average nitrite concentrations in downstream lakes using the 92nd percentile time series after the first 18 months of modelled time.

Parameter	Units	EDO	Polishing Pond	Étang 1	SN3	SN5	SN8	SN10	SN12	SN11	SN13
Nitrite	mg-N/L	0.02	0.012	0.011	0.011	0.018	0.016	0.015	0.017	0.02	0.02



4. Signatures

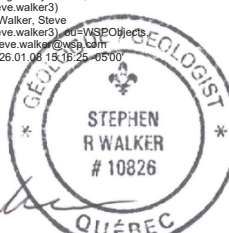

WSP Canada Inc.

Logan, Nathan
(gld_nlogan)
Digitally signed by Logan, Nathan
(gld_nlogan)
DN: cn=Logan, Nathan
(gld_nlogan), ou=WSPObjects,
email=nathan.logan@wsp.com
Date: 2026.01.08 13:46:35 -06'00'

Nathan Logan, B.Sc.
Mine Environment Consultant

NL/SW/ba/ca

Walker, Steve
(wds_steve.walker3)
Digitally signed by Walker, Steve
(wds_steve.walker3)
DN: cn=Walker, Steve
(wds_steve.walker3), ou=WSPObjects,
email=steve.walker@wsp.com
Date: 2026.01.08 15:16:25 -05'00'



Stephen Walker, Ph.D., P.Geo.
*Technical Director, Geochemistry and Water
Quality*



5. References

- GMW 2024. CAWL-DC-EV-2503-Water balance scenario table rev.01. via email from Maxime Belanger Roy (GMW) to Nathan Logan (WSP), Kristina Skeries (WSP), Francis Couture (GMW), Mélissa Tremblay (GMW). October 7, 2024.
- Hatch 2014; Study to identify BATEA for the management and control of effluent Quality from mines. September 2014.
- MELCCFP 2025a. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2025. Questions and Comments. Windfall Mining Project by Windfall Mining Group. File 3214-14-059. November 2025.
- MELCCFP 2025b. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2025. Questions and Comments. Windfall mining project by Windfall Mining Group. File 3214-14-059. April 2025.
- MELCCFP 2025c. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2025. Critères de qualité de l'eau de surface, Critère pour la vie aquatique. Accessed May 8, 2025.
[http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp].
- WSP 2023. Rapport sectoriel - Eau de surface et sédiments, Projet Windfall. Rapport 201-11330-19. February 2023.
- WSP 2024. Report– Geochemical Characterization of Ore and Waste Materials for the Windfall Project, Québec - Project Windfall. Report GAL 137-2148985706-RA-Rev2. March 2024.
- WSP 2025a. Windfall –Downstream Dilution Study of Mine Effluent. Report Produced for Groupe Minier Windfall. Reference No: CAWL-TM-WM-0614-02. July 2025.
- WSP 2025b. Detailed Design Water Quality Report. Reference No: 0617-CAWL-RE-WM-Rev0. February 2025.

APPENDIX

RQC3-4

DESIGN OF WATER MANAGEMENT
INFRASTRUCTURES AT WINDFALL





Mémoire technique

De : Edouardine-Pascale Ingabire, ing., MASC

Date : 15 décembre 2025

Conception des infrastructures de gestion des eaux à Windfall

1. INTRODUCTION

La planification de la gestion globale des eaux fait partie intégrante des études complétées dans le cadre du développement du futur site minier Windfall. Le présent rapport documente les bases et critères de conception, les résultats de la conception hydrotechnique ainsi que les résultats des analyses de stabilité du bassin E, afin de répondre à la QC3-4 de la demande d'informations complémentaires.

2. BASES ET CRITÈRES DE CONCEPTION

Les bases et critères de conception sont résumés ci-dessous.

2.1 Description de la gestion des eaux

Les principaux objectifs de la stratégie de gestion des eaux sur le site Windfall sont les suivants :

- Gérer, pomper, traiter et renvoyer à l'environnement l'entièreté des eaux de contact qui tombent ou transitent par le site minier ;
- Concevoir les infrastructures de gestion des eaux sécuritaires tout en respectant les critères de dimensionnement dictés par la Directive 019 sur l'industrie minière (ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs [MELCCFP], 2025) ;
- Assurer que la qualité de l'eau à l'effluent final respecte les normes de rejet applicables.

Pour ce faire, à terme, la gestion des eaux sera assurée par 12 bassins, soit :

- Les bassins A, E et F, afin de gérer les eaux dans le secteur de la halde à stériles ;
- Les bassins PAR1 et PAR2, afin de gérer les eaux dans le secteur du parc à résidus filtrés ;
- Les bassins B, C, P, afin de gérer les eaux de la zone industrielle ;



- Les bassins D et J, afin de gérer les eaux des secteurs des haldes à minerai et à mort-terrain, respectivement ;
- Le bassin CP à l'effluent final.

Les quatre filières de traitement des eaux dans l'usine de traitement de l'eau (UTE) traiteront les eaux de contact avant qu'elles soient rejetées à l'environnement. Les différentes filières de traitement sur le site sont les suivantes :

- UTE UG : traite les eaux de dénoyage de la mine souterraine afin d'être réutilisée ;
- UTE CN/Métaux : traite le cyanure et les métaux dissous ;
- UTE biologique : procure un traitement secondaire des composés azotés ;
- UTE MES & Sac Géotextile de Déshydratation : traite les matières en suspension.

Deux phases distinctes sont considérées pour la conception des infrastructures de gestion des eaux :

- Phase 1 (Années d'exploitation 1 à 4) : La Zone 1 du parc à résidus filtrés est aménagée. Le bassin F sera construit pendant cette phase pour soutenir l'agrandissement de la halde à stériles.
- Phase 2 (Années d'exploitation 5 à 10) : Il s'agit de la configuration finale du site. Le bassin F est en opération.

Rappelons que les bassins A, D et P ont été construits en 2023 et 2024 dans le cadre de la 4^e phase d'échantillonnage en vrac (WSP, 2022, 2025a). Le bassin CP est présent depuis plus longtemps. Le bassin SP1 et le bassin de polissage actuel seront démantelés afin de construire le bassin E. Le bassin CP sera quant à lui rehaussé pour devenir le bassin de polissage.

2.2 Guides et exigences provinciales

Les guides et exigences provinciales suivants ont été adoptés pour la conception des infrastructures de gestion des eaux à Windfall :

- Directive 019 sur l'industrie minière (D019) (MELCCFP, 2025).
- Guide de préparation du plan de réaménagement des sites miniers au Québec (ministère des Ressources naturelles et des forêts [MRNF], 2024).
- Bulletins techniques de l'Association canadienne des barrages (ACB).
- *Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM) (International Council on Mining and Metals [ICMM], 2020).*

2.3 Critères de conception — Gestion des eaux de surface

Le Tableau 1 et la Figure 1 ci-dessous présentent les critères de conception adoptés pour la gestion des eaux de surface.



Tableau 1 Critères de conception pour la gestion des eaux de surface

Élément	Infrastructures (secteur)	Critère adopté
Crue de conception	Bassins A, E, F (halde à stériles) Bassins PAR1 et PAR2 (parc à résidus) Bassin D (halde à minerai)	Précipitation de récurrence 2 000 ans sur 24 heures + Fonte des neiges sur 30 jours d'une accumulation de neige de récurrence 100 ans + Majoration pour les changements climatiques
	Bassins B, C, P (zone industrielle) Bassin J (halde à mort-terrain) Bassin de polissage CP (effluent final)	Évènement le plus critique entre : (1) Précipitation de récurrence 100 ans sur 24 heures + Majoration pour les changements climatiques (2) Pluie & fonte des neiges de récurrence 100 ans sur 30 jours + Majoration pour les changements climatiques
Revanche de sécurité	Bassins PAR1 et PAR2 (parc à résidus) Bassin D (halde à minerai) — Phase 1	1,5 m
	Bassins A, E, F (halde à stériles) Bassins B, C, P (zone industrielle) Bassin J (halde à mort-terrain) Bassin D (halde à minerai) — Phase 2	1,0 m
	Bassin de polissage CP (effluent final)	0,5 m
Revanche environnementale	Tous les bassins	≥ 0,1 m
Revanche dans le déversoir d'urgence	Tous les bassins	≥ 0,3 m
Volume mort (ou minimum)	Tous les bassins	Définis selon : (1) L'élévation des pompes (2) Les besoins d'approvisionnement de la mine
Capacité d'évacuation du déversoir d'urgence	Tous les bassins	Crue maximale probable (CMP)

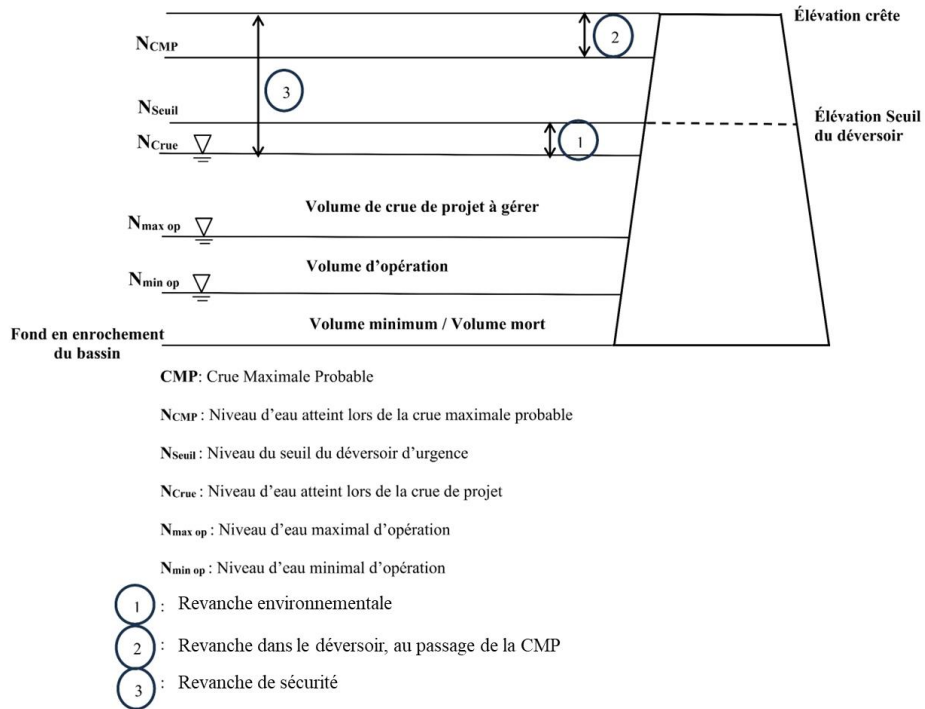


Figure 1 Critères de conception pour la gestion des eaux de surface

L'estimation des précipitations pour différents évènements de conception ainsi que les considérations pour les changements climatiques sont détaillées dans WSP Golder (2022). La quantité totale de pluie associée aux différents évènements climatiques de conception est résumée au Tableau 2 ci-dessous.



Tableau 2 Description des événements climatiques de conception

Évènement climatique de conception		Quantité totale équivalente de pluie, incluant la majoration pour les changements climatiques (mm)
Précipitation de récurrence 100 ans sur 24 heures		119,6
Précipitation de récurrence 2 000 ans sur 24 heures		168,0
Fonte du couvert de neige de récurrence 100 ans sur 30 jours		411,3
Pluie et fonte des neiges de récurrence 100 ans sur 30 jours		498,6
CMP	Précipitation 24 heures	419,6
	Fonte uniforme des neiges de récurrence 100 ans sur 30 jours	411,3

Il est à noter que, pour l'évènement de pluie et fonte des neiges de récurrence 100 ans sur 30 jours, la conception est faite en considérant trois distributions de fonte des neiges soit :

1. La fonte survient principalement au début de la période de 30 jours, puis diminue.
2. La fonte survient au milieu des 30 jours.
3. La fonte survient principalement à la fin de la période de 30 jours.

Toutes les surfaces internes des bassins seront recouvertes d'une géomembrane pour la protection de la qualité des eaux souterraines.

2.4 Critères de conception — Stabilité des digues

Le Tableau 3 ci-dessous résume les facteurs de sécurité (FS) cibles pour la stabilité des digues pour tous les bassins du site. Puisque la philosophie de gestion repose sur le fait que les bassins soient vides avant chaque hiver, les conditions de chargement statique (en opération), pseudo-statique et post-sismique sont évaluées pour des niveaux d'eau variant de bassin vide à N_{seuil} .

Tableau 3 Facteurs de sécurité cibles pour la stabilité des digues

Conditions de chargement	Niveau d'eau	FS cible
Statique — Fin de la construction (court terme)	Bassin vide	1,3
Statique — En opération	Bassin vide et N_{seuil}	1,5
Pseudo-statique	Bassin vide et N_{seuil}	1,1
Post-sismique	Bassin vide et N_{seuil}	1,1



L'analyse en conditions de vidange rapide n'est pas applicable puisqu'une géomembrane est présente sur les talus amont des digues et que les matériaux qui composent le remblai (sable) sont drainants.

Pour tous les bassins, le séisme de conception a une récurrence de 2 475 ans, conformément à la D019 (2025). Il est à noter que, selon le GISTM (2020), cette récurrence s'applique en phases d'opération et restauration pour les ouvrages avec une classification des conséquences élevée. Le bassin PAR1 possède une classification élevée, alors que tous les autres bassins possèdent une classification moindre (WSP, 2024a). Rappelons que le plan de restauration prévoit que les bassins seront démantelés à la fin de la vie de la mine.

L'aléa sismique a été estimé spécifiquement pour le site Windfall (WSP, 2024b). L'accélération maximale au sol mesurée à la surface du terrain naturel est estimée à 0,084 g.

3. CONCEPTION HYDROTECHNIQUE

La méthodologie et les résultats de la conception hydrotechnique sont détaillés dans WSP (2025b, 2025c). Un sommaire des résultats est présenté ci-dessous.

Des modélisations hydrologiques et hydrauliques dans PCSWMM ont été réalisées afin de dimensionner les bassins et déterminer les débits de pompage et les règles de gestion requises entre les différents bassins et les usines de traitement des eaux (WSP, 2025b).

Un modèle détaillé du bilan hydrique à l'échelle du site a été développé dans GoldSim afin de tester la performance future du système de gestion des eaux de Windfall sous divers scénarios climatiques. La période de simulation du modèle s'étend du début de l'exploitation jusqu'à la fermeture active de la mine. Le modèle permet de déterminer les débits entrants et sortants entre les diverses installations minières ainsi que les volumes dans les bassins pour chaque jour de la période de simulation. La performance du système a été testée pour 60 scénarios climatiques projetés (simulations probabilistes) ainsi que pour 2 événements de conception basés sur les critères de la D019 (2025) (simulations déterministes) (WSP, 2025c).

Pour les bassins existants A, D, P et CP, les modélisations permettent de vérifier si leur capacité est suffisante conformément aux règles de gestion établies en phase d'exploitation.

Les Tableau 4 à Tableau 7 présentent les résultats de la conception pour la gestion des eaux à Windfall. Dans ces tableaux, il est à noter que :

- La capacité correspond au volume disponible sous N_{seuil} .



- Puisque les bassins doivent être vides avant le passage de la crue de conception, $N_{\max \text{ op}}$ est l'élévation correspondant au volume mort (ou minimal) dans les bassins. Pour les bassins D et CP, $N_{\max \text{ op}}$ correspond au volume minimal à maintenir pour assurer l'approvisionnement des UTE. Pour tous les autres bassins, $N_{\max \text{ op}}$ correspond à l'élévation de démarrage des pompes.
- N_{crue} correspond au niveau d'eau maximal atteint entre les simulations du bilan hydrique à l'échelle du site et les simulations dans le plan de gestion de l'eau.

Tableau 4 Résultats de conception pour la gestion des eaux du secteur de la halde à stériles

Paramètre	Bassin A	Bassin E	Bassin F
$N_{\max \text{ op.}} \text{ (m)}$	401,5	403,6	400,4
$N_{\text{crue}} \text{ (m)}$	404,9	405,7	402,9
$N_{\text{seuil}} \text{ (m)}$	405,2	406,1	403,4
$N_{\text{CMP}} \text{ (m)}$	405,7	406,5	403,7
Élévation de la crête (m)	406,0	406,8	404,0
Capacité (m ³)	9 775	8 410	17 670

Tableau 5 Résultats de conception pour la gestion des eaux du secteur du parc à résidus

Paramètre	Bassin PAR1	Bassin PAR2
$N_{\max \text{ op.}} \text{ (m)}$	396,65	398,6
$N_{\text{crue}} \text{ (m)}$	400,5	400,3
$N_{\text{seuil}} \text{ (m)}$	401,5	401,0
$N_{\text{CMP}} \text{ (m)}$	401,8	400,9
Élévation de la crête (m)	402,5	402,0
Capacité (m ³)	341 600	37 850

Tableau 6 Résultats de conception pour la gestion des eaux du secteur de la zone industrielle

Paramètre	Bassin B	Bassin C	Bassin P
$N_{\max \text{ op.}} \text{ (m)}$	398,4	402,65	396,4
$N_{\text{crue}} \text{ (m)}$	400,3	404,5	397,8
$N_{\text{seuil}} \text{ (m)}$	400,6	405,4	398,0
$N_{\text{CMP}} \text{ (m)}$	401,0	405,5	398,5
Élévation de la crête (m)	401,3	405,9	398,8
Capacité (m ³)	14 375	25 380	10 800



Tableau 7 Résultats de conception pour la gestion des eaux de la halde à mort-terrain, la halde à minerai et le secteur de l'effluent final

Paramètre	Bassin J	Bassin D	Bassin CP
$N_{\max \text{ op.}}$ (m)	398,4	été : 400,4 hiver : 399,0	404,9
N_{crue} (m)	401,3	401,5 ⁽¹⁾ /401,6 ⁽²⁾	405,0
N_{seuil} (m)	401,9	403,0	405,6
N_{CMP} (m)	402,1	403,1	405,6
Élévation de la crête (m)	402,4	404,0	406,0
Capacité (m ³)	31 670	73 910	6 700

(1) En phase 1

(2) En phase 2

Les résultats du Tableau 4 au Tableau 7 ci-dessus démontrent que :

- Il est possible de gérer la crue de conception sans débordement vers l'environnement, c'est-à-dire que N_{crue} est toujours inférieure à N_{seuil} .
- Il est possible de gérer la crue de conception tout en respectant la revanche de sécurité minimale de 1,5 m pour les bassins du parc à résidus (PAR1 et PAR2) ainsi que le bassin de la halde à minerai (D — phase 1). En effet, la distance entre N_{crue} et $N_{\text{crête}}$ est toujours supérieure à 1,5 m.
- Il est possible de gérer la crue de conception tout en respectant la revanche minimale de 1,0 m pour les bassins de la zone industrielle (B, C, P), les bassins de la halde à stériles (A,E,F), le bassin de la halde à mort-terrain (J) ainsi que le bassin de la halde à minerai (D — phase 2). En effet, la distance entre N_{crue} et $N_{\text{crête}}$ est toujours supérieure à 1,0 m.
- Il est possible de gérer la crue de conception tout en respectant la revanche de sécurité minimale de 0,5 m pour le bassin de polissage CP. En effet, la distance entre N_{crue} et $N_{\text{crête}}$ est toujours supérieure à 0,5 m.
- Il est possible d'évacuer sécuritairement la CMP. La revanche dans le déversoir au passage de la CMP, soit la distance entre $N_{\text{crête}}$ et N_{CMP} , est toujours supérieure à 0,3 m pour tous les bassins.

Les déversoirs d'urgence ont une profondeur qui varie entre 0,5 m et 1,0 m et une largeur à la base qui varie entre 3 m et 25 m. Les dimensions sont adaptées pour chaque bassin afin d'évacuer sécuritairement la CMP en respectant une revanche minimale de 0,3 m dans le déversoir. Les dimensions des déversoirs spécifiques à chaque bassin sont présentées au Tableau 8 ci-dessous. La Figure 2 présente la coupe type transversale des déversoirs d'urgence.



Tableau 8 Dimensions des déversoirs d'urgence

Bassin	Largeur à la base (m)	Hauteur (m)	Pentes latérales (H : V)
A	15,0	0,8	4 : 1
B	20,0	0,7	4 : 1
C	3,0	0,5	2 : 1
CP	4,0	0,4	4 : 1
D	3,0	1,0	2 : 1
E	25,0	0,7	4 : 1
F	15,0	0,6	2 : 1
J	10,0	0,5	2 : 1
P	12,0	0,8	4 : 1
PAR1	3,0	1,0	2 : 1
PAR2	3,0	1,0	2 : 1

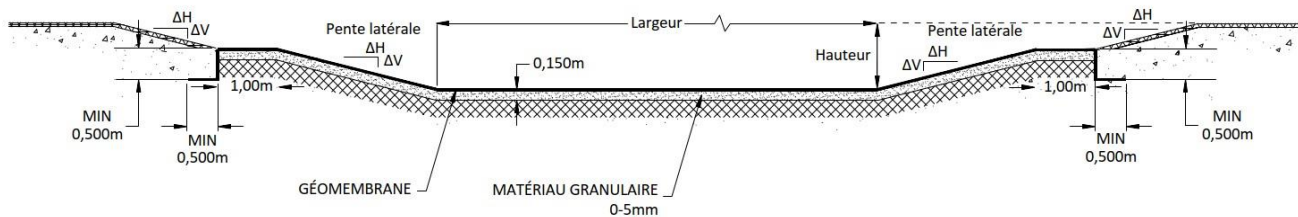


Figure 2 Coupe type transversale des déversoirs d'urgence

4. ANALYSES GÉOTECHNIQUES DE CONCEPTION — BASSIN E

La méthodologie et les résultats des analyses géotechniques de conception sont détaillés dans WSP (2025d). Un sommaire est présenté ci-dessous.

4.1 Caractérisation des sols de fondation

Plusieurs investigations géotechniques ont été complétées afin de soutenir la caractérisation des sols de fondation.

Des sols contractants sont observés dans l’empreinte du bassin E. De plus, le potentiel de liquéfaction des sols de fondation a été évalué pour l’ensemble de forages dans l’empreinte du bassin E. Les résultats indiquent que les sols de fondation ne sont pas potentiellement liquéfiables sous l’effet du séisme de conception de récurrence 2 475 ans.



4.2 Conditions de chargement

Les conditions de chargement applicables sont les suivantes :

- Statique — Fin de la construction (court terme) : cette condition renvoie à la fin des travaux de construction du bassin E, avant la mise en eau du bassin. L'analyse considère le chargement des sols par les digues. La résistance au cisaillement au pic est utilisée.
- Statique — En opération : cette condition renvoie à la période d'opération du bassin E (phase d'exploitation de la mine). La résistance au cisaillement au pic est utilisée.
- Pseudo-statique : cette condition de chargement simule l'effet du séisme de conception sur la stabilité. Le coefficient sismique (k_h) est de 0,042, soit 50 % de l'AMS. La résistance au cisaillement retenue est la résistance au pic réduite de 20 %.

Pour le bassin E, la condition post-sismique n'est pas applicable puisque les résultats des analyses du potentiel de liquéfaction indiquent qu'aucune perte de résistance n'est anticipée sous l'effet du séisme de conception de récurrence 2 475 ans.

Pour les conditions statiques (en opération), pseudo-statique et post-sismique, le niveau dans le bassin varie entre bassin vide et N_{seuil} défini au Tableau 4 ci-dessus. Le bilan hydrique a démontré que le niveau d'eau maximal atteint lors de la crue de conception, N_{crue} , est inférieur à N_{seuil} . Dans les analyses de stabilité, le niveau d'eau est établi à N_{seuil} de manière conservatrice.

4.3 Propriétés géotechniques des matériaux

Les analyses de stabilité utilisent des paramètres de résistance au cisaillement non drainé pour les matériaux contractants et des paramètres effectifs pour les matériaux dilatants. Les matériaux constituant le corps des digues sont considérés dilatants puisque leur mise en place sera contrôlée. Les propriétés géotechniques des matériaux utilisés dans les analyses de stabilité du bassin E sont détaillées dans le rapport de conception (WSP, 2025d).

4.4 Sélection des coupes étudiées

Deux coupes sont choisies pour la réalisation des analyses de stabilité du bassin E, soit les coupes BE1 et BE2 (WSP, 2025d).

4.5 Résultats des analyses de stabilités

Les Tableau 9 et Tableau 10, ci-dessous, présentent un résumé des FS obtenus pour les différentes conditions de chargement applicables. Les résultats détaillés des analyses de stabilité sont présentés dans le rapport de conception (WSP, 2025d).



Tableau 9 Résultats des analyses de stabilité du bassin E — Coupe BE1

Condition de chargement	Pente	Niveau d'eau	FS obtenu	FS cible
Statique — Fin de la construction (court terme)	Amont	Bassin vide	2,36	1,3
	Aval	Bassin vide	NA	
Statique — En opération	Amont	Bassin vide	2,33	1,5
		N _{seuil}	2,13	
	Aval	Bassin vide	NA	
		N _{seuil}	NA	
Pseudo-statique	Amont	Bassin vide	2,04	1,1
		N _{seuil}	1,72	
	Aval	Bassin vide	NA	
		N _{seuil}	NA	

Tableau 10 Résultats des analyses de stabilité du bassin E — Coupe BE2

Condition de chargement	Pente	Niveau d'eau	FS obtenu	FS cible
Statique — Fin de la construction (court terme)	Amont	Bassin vide	2,30	1,3
	Aval	Bassin vide	NA	
Statique — En opération	Amont	Bassin vide	2,33	1,5
		N _{seuil}	2,13	
	Aval	Bassin vide	NA	
		N _{seuil}	NA	
Pseudo-statique	Amont	Bassin vide	2,04	1,1
		N _{seuil}	1,73	
	Aval	Bassin vide	NA	
		N _{seuil}	NA	

Les Tableau 9 et Tableau 10 démontrent que la configuration proposée du bassin E respecte les FS cibles établis selon les critères de conception retenus pour les conditions de chargement analysées.



5. CONCLUSION

La conception des infrastructures de gestion des eaux résumée dans ce rapport s'appuie sur des critères de conception respectant les exigences applicables à un site minier au Québec ainsi qu'aux bonnes pratiques de l'industrie.

La conception s'appuie sur des analyses hydrologiques, hydrauliques et géotechniques. Les analyses démontrent que :

- Des considérations pour les changements climatiques sont intégrées dans la conception des infrastructures de gestion des eaux.
- Pendant toute la durée de vie de la mine, il est possible de gérer, sans déversement, les évènements de conception prévus par la D019 (2025) ainsi que les crues associées au 60 scénarios climatiques futurs tout en respectant la revanche de sécurité minimale requise pour chaque bassin.
- Tous les bassins sont munis d'un déversoir d'urgence. Les dimensions des déversoirs spécifiques pour chaque bassin ont été déterminées afin d'évacuer la crue maximale probable telle qu'exigée par la D019 (2025).
- Pour tous les bassins, il est possible d'évacuer sécuritairement la crue maximale probable via le déversoir d'urgence tout en respectant une revanche minimale de 0,3 m.
- Toutes les surfaces internes des bassins seront recouvertes d'une géomembrane pour la protection de la qualité des eaux souterraines.
- La configuration proposée du bassin E permet d'atteindre les facteurs de sécurité cibles pour toutes les conditions de chargement applicables.

Edouardine-Pascale Ingabire
dec. 23, 2025 | 12:21 EST

Edouardine-Pascale Ingabire, ing., MASC
Ingénieure responsable du parc à résidus



6. RÉFÉRENCES

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2025. Directive 019 sur l'industrie minière.

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2024. Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec.

WSP Golder, 2020. *Climate parameters for preliminary economical assessment report*. Ref: GAL093-20146303-20001-TM-Rev0. 9 pages + annexes

WSP Golder, 2022. *Detailed Climate Change Dataset*. Windfall Project. Ref.: GAL128-2148985706-R-RevB-05. 50 pages + annexes.

WSP, 2022. Agrandissement de la halde à stériles existante et des infrastructures de gestion des eaux. Ref : 221-11330-02. 28 pages + annexes.

WSP, 2024a. Classification des digues et étude de bris de digues, Ref : CAWL-RE-WM-0603-00. 33 pages + annexes.

WSP, 2024b. *Site-specific probabilistic seismic hazard analysis and earthquake acceleration time history development*. Ref: CAWL-RE-GT-0601-00. 50 pages + annexes.

WSP, 2025a. Travaux 2023/2024 — Agrandissement de la halde à stériles et construction des infrastructures de gestion des eaux. Rapport de construction — Assurance Et Contrôle De La Qualité. No. Réf. CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0003. 30 pages + annexe

WSP, 2025b. Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement. 33 pages et annexes. Réf : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0007.

WSP, 2025c. Bilan hydrique à l'échelle du site. Ref : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0008

WSP, 2025 d. Bassin E — Analyses de stabilité. Ref : CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003



7. ANNEXES

Annexe A

Plan de gestion des eaux (WSP, 2025b)

Annexe B

Bilan hydrique à l'échelle du site (WSP, 2025c)

Annexe C

Bassin E — Analyses de stabilité (WSP, 2025d)



GOLD FIELDS

Annexe A

Plan de gestion des eaux



Confidentiel

Gold Fields

Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement

Projet minier Windfall

DÉCEMBRE 2025

Référence WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0007

Version finale - Rev 2





GOLD FIELDS

PLAN DE GESTION DES EAUX
EN SOUTIEN À L'ÉTUDE
D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT
PROJET MINIER WINDFALL

VERSION FINALE - Rev 1
CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0007

DÉCEMBRE 2025


WSP CANADA INC.
16E ÉTAGE
1600, BD RENE LEVESQUE OUEST
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3H 1P9
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-514-343-0773

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Rénata Boily, ing., M.Sc. (OIQ n° 6030412)
Ingénieure en hydraulique

15 décembre 2025

Date

RÉVISÉ PAR



2025-12-15

Elsa Sormain, ing., M.Sc. (OIQ n° 5040590)
Ingénieure en hydraulique

15 décembre 2025

Date

LIMITATIONS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

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

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

CLIENT

GOLD FIELDS

Responsable secteur – Gestion des rejets miniers

Toby Hofton

Chef gestion de l'eau et traitement de l'eau

Jennifer Lallier

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet

Eric Poirier, ing. PMP

Responsable Gestion de l'eau

Elsa Sormain, ing. M. Sc.

Ingénieure de projet

Rénata Boily, ing. M. Sc.

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2025. Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement. Projet minier Windfall. Rapport produit pour Gold Fields. Référence WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0007. 32 pages et annexes.



TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction	1
1.1	Mise en contexte.....	1
1.2	Mandat et objectifs	1
2	Documents de référence, normes et réglementations applicables	5
3	Données de base.....	7
3.1	Données topographiques	7
3.2	Données hydrologiques	7
3.3	Infrastructures	7
4	Méthodologie	9
4.1	Phases d'exploitation pour la gestion des eaux	9
4.2	Gestion globale des eaux	11
4.3	Critères de conception	12
4.4	Conception des fossés collecteurs et de dérivation	14
4.5	Conception des bassins	15
4.6	Modélisation hydrologique et hydraulique	17
5	Résultats	23
5.1	Bassins.....	23
5.2	Fossés collecteurs et dérivation.....	26
6	Conclusion.....	29
	Références bibliographiques	31

TABLE DES MATIÈRES

(suite)

Tableaux

Tableau 1	Critères de conception hydrologiques et hydrauliques des fossés collecteurs et de dérivation	14
Tableau 2	Temps de rétention dans le bassin de polissage (CP) selon les débits de traitement	17
Tableau 3	Critères de conception hydrologiques et hydrauliques des bassins	18
Tableau 4	Superficie des bassins versants	19
Tableau 5	Description des événements de conception.....	20
Tableau 6	Règles de pompage.....	24
Tableau 7	Conception hydraulique des bassins.....	25
Tableau 8	Caractéristiques minimales requises des déversoirs d'urgence	26

Figures

Figure 1	Zones du PAR considérées pour les phases de gestion de l'eau.....	10
Figure 2	Distribution des pluies SCS type II d'une durée de 24 h pour les récurrences étudiées	20
Figure 3	Distributions étudiées de l'événement de pluie + fonte sur 30 jours en dents de scie	21
Figure 4	Coupe-type des fossés collecteurs.....	27
Figure 5	Coupe-type des fossés de dérivation	27

Annexes

A	Plan des infrastructures de surface
B	Diagramme de flux
C	Paramétrisation du modèle PCSWMM
D	Gestion des eaux de surface et bassins versants

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

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

Le projet est situé au nord du 49^e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur le territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site minier se trouve à environ 285 km au nord-est de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon.

1.2 Mandat et objectifs

WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée par Gold Fields pour réaliser diverses études pour le développement du projet minier. Le présent rapport fait partie intégrante du mandat de planification de la gestion globale des eaux du futur site minier qui inclut, notamment :

- un bilan d'eau sur toute la durée de vie de la mine (WSP, 2025d);
- une analyse de la qualité d'eau pour les différents systèmes de traitement et l'effluent (WSP, 2024 et WSP, 2025f) ;
- **la conception hydraulique des infrastructures de gestion de l'eau du site selon les événements de conception.**

Le mandat du présent rapport couvre uniquement ce dernier point, soit les aspects relatifs à la conception des infrastructures de gestion de l'eau de surface sur le site pour **les phases d'exploitation de la mine**. Ces trois volets vont toutefois de pair les uns avec les autres puisqu'ils sont interdépendants. Les objectifs de la stratégie globale de gestion des eaux de la mine ainsi que les objectifs spécifiques au dimensionnement des infrastructures de gestion des eaux sont présentés dans les sous-sections suivantes.

1.2.1 Objectifs et stratégie globale de la gestion de l'eau

Globalement, la stratégie de gestion des eaux pendant les phases d'exploitation vise à atteindre les objectifs suivants :

- Gérer, pomper, traiter et renvoyer à l'environnement l'entièreté des eaux de contact qui tombent ou transitent par le site minier¹, incluant :
 - eaux de ruissellement (pluie et fonte de neige);
 - eaux de dénoyage de la mine souterraine;
 - eaux de procédé;

¹ Exclut les eaux usées domestiques, l'eau potable et l'eau de la réserve incendie.

- toute autre eau qui pourrait être en contact avec des résidus miniers.
- Prédire la qualité de l'eau dans les bassins afin de planifier un traitement efficace et adapté.
- S'assurer que la qualité de l'eau à l'effluent final respecte les normes de rejet applicables.
- S'assurer que des ressources en eau soient suffisantes pour les activités liées aux procédés et les besoins du site minier.
- Prévoir les besoins en pompage pour s'assurer d'une gestion efficace des eaux, autant en temps normal qu'en cas de crue importante, par le biais d'un bilan d'eau global de la mine sur toute sa durée de vie et de simulations de crues.
- Concevoir des infrastructures de gestion de l'eau sécuritaires respectant les critères de dimensionnement dictés par la Directive 019 sur l'industrie minière (D019) (MELCCFP, 2025) et toute autre norme reconnue pour la gestion de l'eau.

Pour atteindre ces objectifs, deux modèles distincts sont utilisés. D'abord, un modèle détaillé du bilan hydrique à l'échelle du site a été élaboré à l'aide du progiciel GoldSim (version 14.0). Plus précisément, ce modèle permet d'estimer la quantité d'eau minière disponible et à traiter au cours de toute la durée de vie de la mine. Ce modèle simule l'évolution des besoins en eau et du développement de la mine selon la planification à long terme des activités minières. Il est paramétré pour prendre en compte tous les phénomènes hydrologiques (p. ex. infiltration, évaporation, ruissellement, etc.) pour l'intégrer au bilan total selon les bassins versants associés aux différents bassins et l'utilisation des surfaces. Plusieurs scénarios climatiques sont intégrés dans ce modèle, permettant de tester la robustesse des règles de gestion de l'eau qui sont implémentées et de valider le fonctionnement de celles-ci sous une multitude de conditions. Ce modèle utilise un pas de temps journalier pour ses simulations, ce qui permet d'avoir un portrait de la variation des volumes et des flux moyens sur une journée. Une importante pluie d'une durée de 24 h avec une intensité de pluie variable et une pointe sur quelques minutes ne peut alors pas être simulée adéquatement par ce modèle. Finalement, ce modèle fournit les données nécessaires au modèle de prédiction de la qualité de l'eau dans les bassins.

D'un autre côté, un modèle PCSWMM (version 7.6.3695) est utilisé dans l'objectif précis du dimensionnement des infrastructures de gestion de l'eau (bassins, fossés et pompage). Ce logiciel incorpore à la fois les éléments hydrologiques (p. ex. bassins et sous-bassins versants) et hydrauliques (p. ex. fossés, ponceaux et bassins). Ce modèle est paramétré pour simuler des événements de crue sur un pas de temps d'une minute, ce qui permet d'avoir un portrait précis de la variation des volumes et des débits de pointe atteints lors de certains événements ponctuels qui ne sont pas uniformes sur 24 h. Dans ce modèle, pour les besoins de la conception des bassins et du choix des débits de pompage, des hypothèses ont été posées pour simplifier les processus pour prendre en considération que ces événements se déroulent sur un court laps de temps. Par exemple, les phénomènes d'évaporation et d'exfiltration sont négligés puisque ceux-ci peuvent prendre plus de temps avant que leur impact soit visible sur le volume total dans les bassins. Des paramètres réalistes et conservateurs sont utilisés pour la simulation de ces événements. Les hypothèses concernant les opérations ont été établies de concert avec Gold Fields et impliquent, notamment, que certaines mesures pourront être mises en place ponctuellement dans le cas d'une prévision d'une importante crue.

Les règles de pompage entre les bassins et les usines de traitement de l'eau sont donc établies conjointement avec les deux modèles, permettant ainsi d'être en mesure de gérer les crues de conception, en plus d'être fonctionnelles sur le plan des opérations journalières de la mine.

À noter que les événements de conception ont également été testés dans le modèle GoldSim du bilan d'eau, afin de valider la cohérence des deux modèles. Cette vérification permet donc de s'assurer que les règles de pompage sont intégrées de façon similaire dans les deux logiciels et que les modèles réagissent de la même façon (quantité d'eau de ruissellement, démarrage des pompes, volumes, etc.). Les résultats considérés pour le dimensionnement des bassins sont tout de même ceux du modèle PCSWMM, en raison des hypothèses plus spécifiques aux crues de conception.

1.2.2 Objectifs spécifiques du rapport

En ce qui a trait à la conception des infrastructures de gestion des eaux, les objectifs spécifiques sont essentiellement les suivants :

- Effectuer des modélisations hydrologiques et hydrauliques pour le dimensionnement du réseau de drainage, incluant les fossés collecteurs et les bassins.
- Déterminer les débits de pompage et les règles de gestion requis entre les différents bassins et les usines de traitement des eaux, afin d'aider à la conception de ces dernières, tout en tenant compte des contraintes liées aux types de traitements proposés ainsi qu'aux contraintes d'espace disponible pour l'implantation des bassins.
- Assurer un dimensionnement robuste qui permet de gérer les événements de crues de conception sans débordement à l'environnement et en respectant les critères de sécurité des bassins.

Le présent rapport technique établit les critères et les données utilisées et présente les résultats pour la conception des infrastructures de gestion de l'eau de surface du site minier, soit les bassins et les fossés.

2 Documents de référence, normes et réglementations applicables

La conception des fossés et des bassins d'eau a été effectuée en conformité avec les diverses exigences réglementaires, les documents de référence ainsi que les recommandations reconnues dans le domaine minier. Il s'agit, entre autres, de :

- Association Canadienne des Barrages (ACB), 2013. Recommandations de sécurité des barrages 2007 (Édition 2013).
- Gold Fields, 2025. Design and management guideline for water retaining and stormwater management structures.
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)², 2025. Directive 019 sur l'industrie minière, 13 février 2025;
- Ministère des Transports du Québec (MTQ)³, 2020. Manuel de conception des ponceaux, Ouvrages routiers, Direction générale des structures, décembre 2020;
- Transportation Association of Canada (TAC), 2004. Guide to Bridge Hydraulics, Second Edition.

² Par le passé, ce ministère a été désigné par les différentes appellations suivantes :
Ministère de l'Environnement (MENVIQ; 1974 - 1994);
Ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF; 1994 - 1998);
Ministère de l'Environnement (MENV; 1998 - 2005);
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP; 2005 - 2012);
Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP; 2012 - 2014);
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC; 2014 - 2018);
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC; 2018 - 2022).

³ Aujourd'hui le ministère des Transports et de la Mobilité durable

3 Données de base

3.1 Données topographiques

Les données topographiques fournies par Gold Fields et utilisées dans le cadre de cette étude sont présentées comme suit :

- Les données topographiques du fichier 151-11330-62-G02, confectionné par WSP lors de l'ingénierie détaillée pour la construction de l'agrandissement de la halde à stérile imperméabilisée (2018).
- Le relevé topographique LiDAR daté de 2024.
- Le relevé topographique de la halde à stériles existante daté du 26 septembre 2021 (Fichier Autocad: 20210926 Waste Pad_ elev20 cm_res0cm_size5_DSM.dwg).

3.2 Données hydrologiques

Les données hydrologiques utilisées dans le cadre de cette étude sont présentées dans les rapports suivants :

- ENVIRONNEMENT CANADA, 2021. Normales climatiques 1981-2010. Station Lebel-sur-Quévillon, Québec, Canada.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2020. Données météorologiques pour la période 1982 à 2016 de la station CHIBOUGAMAU CHAPAIS A.
- WSP, 2020a. Technical Memorandum – Climate parameters for preliminary economical assessment report – Windfall Project, Quebec. No de référence : GAL093-20146303-20001-TM-Rev0. Préparé pour Minière Osisko inc. 12 pages.
- WSP Golder, 2022a. Detailed Climate Change Dataset. Windfall Project. Ref : GAL128-2148985706-R-RevB-05. Préparé pour Minière Osisko inc. 50 pages et annexes.

3.3 Infrastructures

Les données utilisées dans le cadre de cette étude concernant les infrastructures sont présentées dans les rapports suivants :

- WSP, 2025a. Infrastructure de surface – Arrangement général secteur industriel – Vue en plan. Préparé par WSP Version CAWL-301-G-0602-AU. 2025-04-08
- WSP, 2025b. Tailing management facility – Plan View. TMF Site Plan and Peripheral Stratigraphy. Plans préparés par WSP pour Groupe Minier Windfall. Dessin no. CAWL-805-C-0608. 11 mars 2025.
- WSP, 2025c. Agrandissement de la halde à stérile existante et infrastructures de gestion des eaux. Plans des ouvrages construits. Plans préparés par WSP pour Groupe Minier Windfall. Réf. WSP : CA0002392.5493. 28 février 2025
- WSP, 2020b. Agrandissement de la halde à stérile existante et gestion des eaux, incluant un nouveau bassin d'accumulation. Conception géotechnique et hydraulique. Projet Windfall Lake – Échantillonnage en vrac dans la portion supérieure de la zone Triple Lynx. Préparé par WSP pour Minière Osisko Inc. Réf WSP : 151-11330-79. 20 mars 2020. 14 pages et annexes.
- WSP, 2022b. Agrandissement de la halde à stériles existante et des infrastructures de gestion des eaux. Volet géotechnique, hydrotechnique et hydraulique. Document préparé par WSP pour Minière Osisko Inc. 32 pages et annexes.

4 Méthodologie

4.1 Phases d'exploitation pour la gestion des eaux

La gestion des eaux présentée dans ce rapport ne traite que des phases d'exploitation de la mine (années 1 à 10).

Pour fins de conception des infrastructures de gestion de l'eau du site minier et de l'élaboration des règles de pompage, deux configurations du site représentant deux phases distinctes considérées durant l'exploitation ont été étudiées et modélisées. D'un point de vue de la gestion de l'eau, ces configurations, considérées comme étant les cas critiques, ont les particularités suivantes :

Phase 1 : Années 1 à 4. On considère que l'entièreté de la zone 1 du PAR sera exploitée, ou du moins aménagée, de façon que le système de fossés de drainage récoltera l'eau de l'ensemble de la zone 1 pour l'acheminer gravitairement aux bassins PAR1 et PAR2. Bien que l'extension de la halde à stériles soit préparée et que le bassin F sera construit durant cette phase, ces superficies ne sont pas considérées en phase 1 puisque le bassin F ne sera pas en opération.

Phase 2 : Années 5-10. Il s'agit de la configuration finale du site. À ce stade, l'ensemble du PAR sera développé, de même que l'extension de la halde à stériles dont l'eau de ruissellement sera récoltée par le bassin F qui sera mis en opération pour cette phase.

Les sous-zones du développement du parc à résidus (PAR) sont illustrées à la figure 1. La section 4.6 présente la configuration du site minier pour les deux phases de gestion des eaux étudiées.

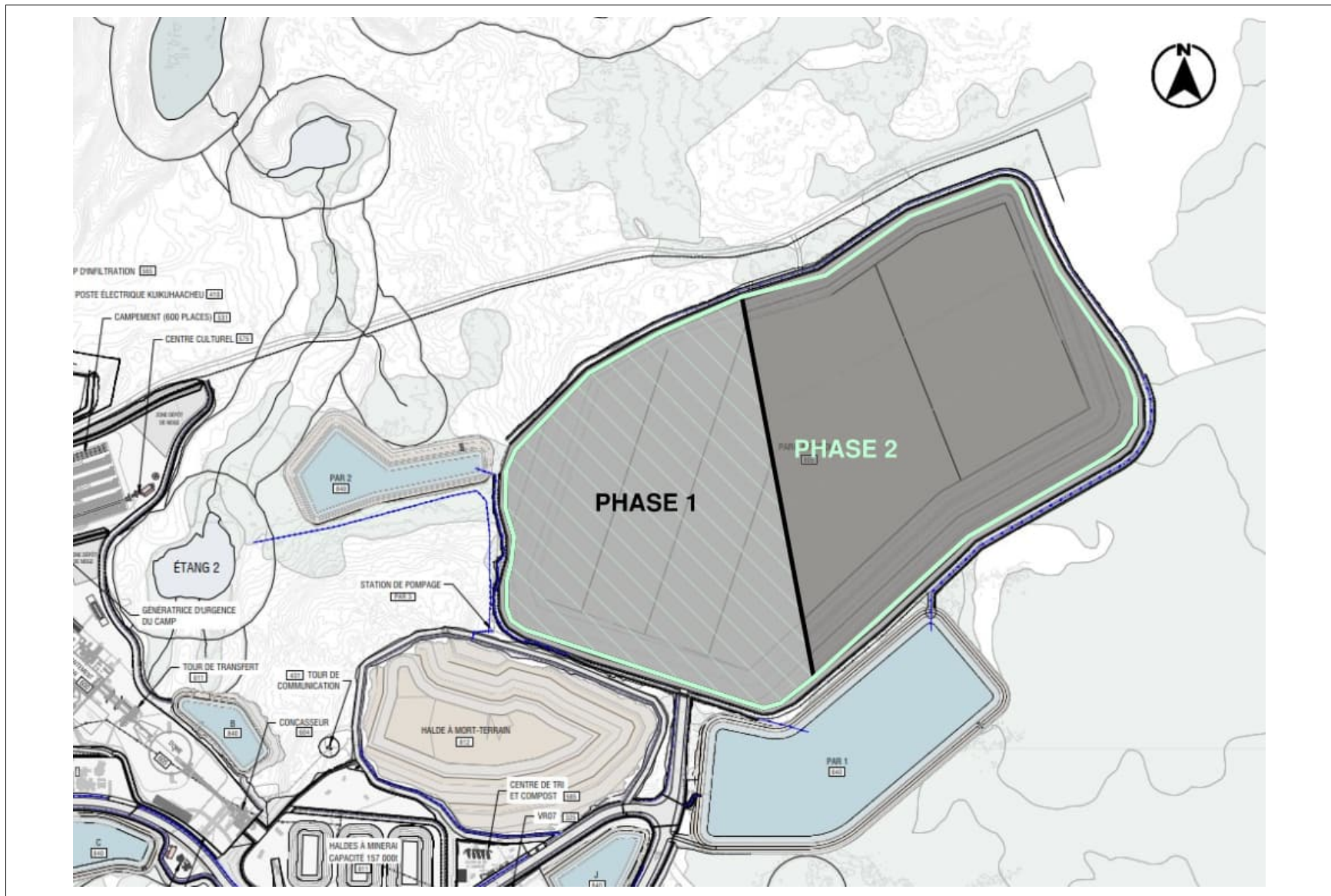


Figure 1 Zones du PAR considérées pour les phases de gestion de l'eau

4.2 Gestion globale des eaux

4.2.1 Directive 019

Selon la section 3.2.3 de la D019, « Les eaux de ruissellement à l'intérieur des zones d'activité, telles que celles provenant notamment du secteur de l'usine de traitement et des aires d'accumulation, doivent être captées et dirigées vers le système de traitement des eaux, pour ensuite être acheminées vers le point de rejet de l'effluent final » et « Aucune dilution des eaux usées minières [*eau de contact*] n'est permise ». Ainsi, le réseau de drainage proposé dans le cadre de ce projet permet de répondre à ces exigences.

4.2.2 Stratégie de gestion des eaux

Les bassins seront situés à des points bas topographiques autour des installations minières, où le ruissellement et les exfiltrations seront acheminés par gravité à travers le réseau de fossés de collecte des eaux de contact. Les usines de traitement des eaux (UTE) traiteront les eaux de contact avant qu'elles soient retournées à l'environnement, avec un bassin de polissage en aval pour améliorer la qualité de l'eau et permettre la surveillance. Les différentes UTE sur le site sont les suivantes :

- UTE UG (*WTP UG*);
- UTE CN/Métaux (*WTP CN/Metals*);
- UTE Biologique (*WTP Biological*);
- UTE MES & Sac Géotextile de Déshydratation, aussi appelée UTE MES (*WTP TSS & Geotextile Dewatering Tubes*).

Les structures de gestion de l'eau existantes, comme les fossés et bassins pour la halde à stériles, seront intégrées au nouveau système. Elles comprennent les fossés périphériques autour de la halde à stériles existante et les bassins (CP et A) qui lui sont associés, ainsi que les autres infrastructures pour le programme d'échantillonnage en vrac (bassins D et P) et l'UTE MES. Toutes les structures de gestion des eaux de contact ont un système de revêtement géosynthétique pour limiter l'infiltration d'eau dans le sol ou à travers les matériaux de remplissage, protégeant ainsi le milieu récepteur.

En phase 1, l'eau en contact avec la halde à stériles (bassins A et E) sera recueillie par un système de fossés périphériques et dirigée vers le bassin PAR1, avant d'être envoyée vers le bassin D via l'UTE CN/Métaux. En phase 2, les eaux recueillies aux bassins E et F (via E) seront directement acheminées vers le bassin D, tandis que les eaux du bassin A seront toujours dirigées au bassin PAR1. À ce moment, les eaux de PAR1 et D seront envoyées à l'UTE CN/Métaux avant d'être traitées à l'UTE Biologique.

Le ruissellement de la halde à minerai sera recueilli directement dans le bassin D de façon gravitaire. L'eau provenant de la halde à mort-terrain (bassin J) et de la zone industrielle (bassins B, C et P) sera recueillie dans des fossés, traitée et pompée dans le bassin de polissage avant d'être rejetée dans l'environnement.

L'eau des bassins B, P et J transitera par le bassin C pour avoir une seule ligne de pompage vers le traitement, avec des priorités pour l'UTE CN/Métaux (suivi de l'UTE Biologique avant de rejoindre le bassin de polissage) en temps normal, et l'UTE MES lorsque nécessaire pour la gestion de crue.

Les bassins de collecte du PAR (PAR 1 et PAR2) recueilleront le ruissellement et l'exfiltration des résidus déposés, et l'eau sera pompée vers l'UTE CN/Métaux, puis vers l'UTE Biologique (via le bassin D durant la phase 1) et enfin vers le bassin de polissage avant d'être rejetée à l'environnement.

Le bassin D alimentera l'UTE Biologique dans la phase 1 et l'UTE CN/Métaux dans la phase 2, et fournira l'eau d'appoint à l'usine de traitement du minerai dans les deux phases. Des fossés de dérivation de l'eau propre seront construits autour des installations minières pour intercepter et détourner le ruissellement des zones non perturbées.

L'annexe A présente la vue en plan des infrastructures minières prévues sur le site. La figure A et la figure B (annexe B) présentent les diagrammes de flux d'eau sur le site pour la phase 1 et la phase 2, respectivement.

4.3 Critères de conception

4.3.1 Crues de conception

Les infrastructures de gestion des eaux de surface du site sont conçues selon les critères définis dans la D019, ainsi que suivant les bonnes pratiques.

Certaines infrastructures de gestion de l'eau sur le site ne sont pas associées à des résidus miniers, comme les fossés et bassins récoltant l'eau du camp ou de la plateforme de l'usine, ou de la halde à mort-terrain (bassin B, C, J, P et CP futur [polissage]). Ces infrastructures sont conçues de façon à gérer adéquatement une crue ayant une récurrence de 100 ans.

D'après l'étude de géochimie (WSP, 2023) les résidus sur le site de Windfall ont un potentiel acidogène. Conformément à la D019, les bassins associés au PAR sont alors conçus pour être en mesure de gérer une crue de projet résultant d'une averse de pluie de récurrence de 2 000 ans et de durée 24 heures se produisant durant la fonte d'un couvert de neige de récurrence de 100 ans, fondant uniformément sur une période de 30 jours.

Comme exigé par les membres de la Direction principale des eaux usées du MELCCFP lors d'une rencontre en visio-conférence le 16 mai 2025, les bassins recevant les eaux de contact de la halde à stériles doivent également être en mesure de gérer adéquatement une crue de projet résultant d'une averse de pluie de récurrence de 2 000 ans (puisque les résidus ont un potentiel acidogène [WSP, 2023]) et de durée 24 heures se produisant durant la fonte d'un couvert de neige de récurrence de 100 ans, fondant uniformément sur une période de 30 jours.

4.3.2 Volume mort dans les bassins

Le volume mort représente le volume du bassin qui est considéré comme étant indisponible pour la gestion de la crue de conception. Ce volume est donc défini à l'élévation de mise en marche des pompes des différents bassins.

Il correspond à un volume pouvant inclure la sédimentation susceptible de se déposer dans le bassin, les volumes requis pour quelconques besoins en eau de la mine, ainsi qu'une certaine quantité d'eau qu'il est jugé acceptable d'accumuler avant d'activer le pompage, dans une optique d'optimisation des opérations.

4.3.3 *Revanche*

La revanche d'un ouvrage de gestion des eaux de surface est définie comme la hauteur minimale mesurée entre le niveau d'eau atteint lors du passage de la crue de projet du bassin et le terrain naturel décapé, les infrastructures adjacentes (tablier industriel, route) ou la berme périphérique du bassin.

La section 2.9.3 de la D019 traite des aires d'accumulation de résidus miniers et les divise en deux catégories, soit les ouvrages d'accumulation sans retenue d'eau (haldes à stériles, parc à résidus miniers épaissis, etc.) et les ouvrages d'accumulation avec retenue d'eau. Il est ainsi demandé, pour les ouvrages d'accumulation avec retenue d'eau, qu'une revanche minimale de 1 m ou 1,5 m soit respectée pour tout événement inférieur ou égal à la crue de projet (selon la sensibilité du milieu récepteur).

Dans le cadre de ce projet, il n'y a pas d'aire d'accumulation de résidus miniers avec retenue d'eau, puisque le PAR est de type résidus filtrés. Dans les normes internes de Gold Fields, considérant leur classification en termes de niveau de conséquences, la revanche minimale pour le bassin PAR2 devrait être de 0,5 m et celle du PAR1 de 1,0 m. Cependant, il a été décidé par Gold Fields de concevoir les bassins (de pair avec les règles de pompage) du PAR (PAR1 et PAR2) et le bassin D (phase 1) avec un critère de revanche de 1,5 m dans le but d'être davantage sécuritaire puisque les conséquences d'un déversement seraient plus importantes en raison de la qualité de l'eau prédite dans le modèle de qualité de l'eau. À noter que la revanche du bassin D en phase 2 est de 1,0 m puisque les eaux provenant du parc à résidus (PAR1 et PAR2) ne transitent jamais par ce bassin.

Les autres bassins du site collectent uniquement des eaux de ruissellement de diverses aires du site minier, de meilleure qualité selon le modèle de qualité de l'eau. Dans les normes internes de Gold Fields, considérant leur classification en termes de niveau de conséquences, la revanche minimale pour ces bassins devrait être de 0,3 m à 0,5 m. Toutefois, à la demande du MELCCFP, tous ces bassins doivent avoir une revanche minimale de 1 m, à l'exception du bassin de polissage CP puisqu'il s'agit d'un bassin de petite envergure au sens de la D019, qui contient de l'eau traitée visant à respecter les normes de rejet.

Gold Fields a également des critères de revanche en fonction des vagues dans les bassins. Pour les types de bassins présents sur le site de Windfall, le critère demande une revanche minimale qui correspond à une hauteur de vague générée par un vent de récurrence de 10 ans. Dans une optique de poser des hypothèses conservatrices qui peuvent être applicables à tous les bassins, une vérification de vague a été réalisée en considérant un vent de récurrence de 100 ans sur le bassin PAR1, qui est le plus grand bassin du site. Cette récurrence est conforme aux directives de l'ACB (2013) qui sont plus sévères que les critères de Gold Fields. La vague générée par un tel événement est de l'ordre de 20 cm, ce qui représente un critère moins conservateur que les revanches minimales préalablement établies selon les normes internes de Gold Fields. Le détail du calcul est présenté dans une note technique séparée (WSP, 2025e)

Pour les ouvrages de gestion de l'eau sans retenue d'eau comme les fossés, il est de bonne pratique de conserver une revanche de 0,3 m, ce qui a donc été considéré dans le cadre de cette étude.

4.3.4 Déversoirs d'urgence

Tous les bassins du site sont munis d'un déversoir d'urgence, permettant ainsi de planifier et de contrôler les points de débordement en cas de situation extrême. Ce déversoir d'urgence doit être capable d'évacuer de façon sécuritaire la crue maximale probable (CMP), tout en évitant que l'intégrité de l'ouvrage de rétention ne soit affectée.

La CMP se définit comme étant la plus forte crue susceptible de se produire en supposant que soient combinées les pires conditions météorologiques et hydrologiques possibles dans la région. De manière sécuritaire, la CMP a été définie comme l'écoulement généré par une pluie maximale probable (PMP) d'une durée de 24 h durant la fonte d'un couvert de neige de récurrence de 100 ans, fondant uniformément sur une période de 30 jours. Une revanche de 0,3 m est considérée entre le niveau d'eau atteint en cas de CMP et la crête de la digue. Ce critère, établi selon les bonnes pratiques, permet par le fait même de s'assurer que le rehaussement généré par une vague de récurrence de 100 ans (vague maximale de 20 cm dans le bassin PAR1 [WSP, 2025e]) ne causera pas un débordement au-dessus de la digue, malgré le niveau d'eau élevé atteint en CMP.

4.4 Conception des fossés collecteurs et de dérivation

Les fossés collecteurs et les fossés de dérivation sont conçus conformément aux recommandations de la D019, soit pour une pluie de récurrence de 100 ans. Deux événements sont simulés, soit la crue printanière de récurrence de 100 ans qui considère à la fois la pluie et la fonte de neige sur 30 jours, et la crue annuelle d'une durée de 24 h de cette même récurrence. L'événement le plus critique est retenu pour le dimensionnement.

La géométrie trapézoïdale a été sélectionnée pour la conception des fossés collecteurs. Ce type de fossé est couramment utilisé dans l'industrie puisque la méthode pour le calcul de l'écoulement est éprouvée et que la construction est relativement facile. Le coefficient de Manning utilisé pour la conception des fossés est de 0,035. Les dimensions minimales pour l'aire d'écoulement de l'eau des fossés collecteurs ainsi que les paramètres minimaux pour l'enrochement sont présentées au tableau 1. L'enrochement dans les fossés a été dimensionné en fonction des vitesses d'écoulement, selon les recommandations du Manuel de conception des ponceaux (MTQ, 2020). De plus, des ponceaux devront être mis en place sur le site afin de traverser des routes d'accès. Ces ponceaux sont dimensionnés pour passer la pluie de conception sans charge et leur coefficient de Manning est fixé à 0,024 dans le modèle, ce qui considère un ponceau en tuyau de tôle ondulée galvanisée (TTOG).

Tableau 1 Critères de conception hydrologiques et hydrauliques des fossés collecteurs et de dérivation

Paramètre	Critère	Source
Crue de conception	Pluie SCS 24 h de récurrence 100 ans (+CC)	D019 (MELCCFP, 2025)
Profondeur du fossé minimale (m)	1,0	Contraintes de construction et bonne pratique
Largeur du fond minimale (m)	1,0	Contraintes de construction
Pentes latérales minimales	2H:1V	Bonne pratique et stabilité
Pente longitudinale minimale (%)	0,3	Contraintes de construction et bonne pratique
Revanche (Distance entre le niveau d'eau maximal lors de la crue de conception et le haut de la berge) (m)	0,3	Bonne pratique
Calibre minimal d'enrochement (mm)	0 - 200	MTQ / Guide to Bridge Hydraulics (ATC)
Épaisseur minimale d'enrochement (mm)	300	MTQ / Guide to Bridge Hydraulics (ATC)

Pour les fossés collecteurs autour du PAR et de la halde à stériles, ces mêmes critères sont applicables. Cependant, une vérification est réalisée afin de vérifier que la revanche permet de gérer sans débordement l'événement de récurrence 2000 ans, additionné à une fonte du couvert de neige d'une période de retour de 100 ans sur 30 jours, qui correspond au critère de conception des bassins du PAR.

4.5 Conception des bassins

Les sections suivantes résument les critères et paramètres de conception hydraulique pour les infrastructures de gestion des eaux du site.

4.5.1 Bassins existants

Les bassins A, D et P ont été construits en 2023 et 2024 dans le cadre de l'étape d'échantillonnage en vrac et font l'objet d'un rapport de conception distinct (WSP, 2022b). Pour ces bassins, une vérification de leur capacité avec les nouvelles règles de gestion des eaux est réalisée pour valider et ajuster les taux de pompage, afin qu'ils soient adéquats pour gérer les eaux de la mine pendant les années d'exploitation selon les critères de conception qui ont été mis à jour depuis leur conception.

Le bassin CP est également un bassin déjà présent sur le site (WSP, 2020b). Ce bassin sera converti afin d'assurer le rôle de bassin de polissage pour les deux phases d'exploitation de la mine. Dans le but d'assurer une configuration adéquate pour son nouveau rôle de bassin de polissage, il est prévu que le bassin sera modifié (léger rehaussement du fond du bassin, du déversoir et des digues), mais sa capacité totale restera inchangée.

Le bassin existant SP1 et le bassin de polissage actuel perdront quant à eux leur utilité dans la phase d'exploitation. Ils seront donc démantelés, ce qui permettra la construction du bassin E à cet endroit.

4.5.2 Bassins B, C, E, F et J

Les bassins B, C et J sont conçus pour pouvoir gérer sans débordement l'événement le plus critique entre la pluie SCS 24 h de récurrence de 100 ans et la combinaison d'une pluie et d'une fonte de neige de récurrence de 100 ans, et avec une revanche minimum de 1 m.

À noter que le bassin F est construit seulement à partir de la phase 2 de la mine, afin de soutenir l'expansion de la halde à stériles. L'eau de ce bassin est pompée dans le bassin E, avant d'être envoyée vers PAR1 pour ultimement être traitée à l'usine de traitement.

4.5.3 Bassin D

Pour la phase 1, l'eau des bassins du PAR transite par le bassin D avant le traitement. Pour cette raison, la gestion des eaux du bassin D a été planifiée afin de répondre aux mêmes critères quant à la crue de sécurité et la revanche que les bassins du PAR (section 4.3.2).

Pour la phase 2, la stratégie de gestion de l'eau sur le site est de garder l'eau de contact des bassins du PAR séparée du reste du système d'eau de contact et de la mélanger uniquement dans l'usine de traitement.

L'événement de conception et la revanche applicable pour le bassin D sont donc les mêmes que pour les autres bassins qui récoltent des eaux provenant de la halde à stériles. La revanche minimale pour ce bassin a été fixée à 1,0 m.

À noter que le bassin D reçoit également les eaux d'exhaure en phase 2 et servira de source d'approvisionnement pour les besoins en eau de refroidissement de l'usine. Pour ce faire, un certain volume doit être conservé en tout temps dans le bassin pour assurer une quantité suffisante ainsi qu'une température adéquate. Ainsi, un volume de 30 000 m³ est gardé dans le bassin D durant les saisons d'été et d'automne, tandis qu'un volume de 10 000 m³ est gardé pendant l'hiver et le printemps.

4.5.4 Bassins du parc à résidus (PAR1 et PAR2)

Les bassins du PAR sont conçus pour pouvoir gérer la crue printanière de conception, composée d'une pluie d'une durée de 24 h avec une période de retour de 2000 ans et de la fonte uniforme sur 30 jours d'un couvert de neige d'une période de retour de 100 ans, en considérant une revanche de 1,5 m (voir section 4.3).

4.5.5 Bassin de polissage (CP existant)

Les apports du bassin de polissage CP proviennent de son propre bassin versant (c.-à-d. l'eau de pluie tombant directement sur le bassin), de l'eau tombant sur les UTE-MES & Sac Géotextile de Déshydratation et des eaux traitées sortant des usines de traitement des eaux. Il n'y a aucun traitement entre ce bassin et l'effluent final.

L'eau qui provient des UTE-MES & Sac Géotextile de Déshydratation est pompée directement dans le bassin de polissage en conditions d'opération, mais dans le cas où la turbidité serait trop élevée, l'eau pourrait être envoyée vers le bassin E. Dans le cadre de la conception des infrastructures de gestion des eaux, il est considéré que la qualité est acceptable et que l'eau est pompée vers le bassin de polissage (CP).

Le bassin est conçu de façon à être en mesure de gérer l'eau provenant de la crue de conception de récurrence de 100 ans, en considérant un volume mort de 0,4 m dans le bassin (correspondant à 2100 m³), un pompage vers l'effluent qui peut atteindre jusqu'à 1000 m³/h et une revanche de 0,5 m avec la crête de la digue du bassin.

La revanche considérée pour ce bassin est moindre puisqu'il s'agit d'un bassin de faible envergure au sens de la D019 et que l'eau contenue dans ce bassin est traitée.

En temps normal, ce bassin doit également être en mesure de garder l'eau traitée un certain temps pour permettre la validation d'une qualité adéquate avant le rejet à l'environnement. Le débit moyen annuellement envoyé au bassin CP par l'usine de traitement est de 289 m³/h et le débit maximal de traitement est de 940 m³/h (données provenant du bilan d'eau de la mine [WSP, 2025d]). Comme présenté au tableau 2, le bassin CP (polissage) permet de retenir les eaux arrivant au débit moyen de 289 m³/h pendant près de 24 h, sans pompage vers l'effluent et pendant environ 7 h au débit maximal de traitement, ce qui a été jugé suffisant par Gold Fields considérant les protocoles qui seront en place. La vérification a été également faite pour le débit moyen mensuel maximal (mois de mai le plus critique dans la vie de la mine selon le bilan d'eau).

Dans un cas où l'eau du bassin de polissage CP ne serait pas conforme à la décharge environnementale et que celui-ci se remplirait à capacité maximale, l'eau pourra être renvoyée vers le bassin E, lui permettant ainsi d'être recirculée et de repasser au traitement pour éviter les non-conformités.

Tableau 2 Temps de rétention dans le bassin de polissage (CP) selon les débits de traitement

Condition initiale du bassin de polissage CP	Temps de rétention sans pompage vers l'effluent		
	Débit moyen annuel (289 m ³ /h)	Débit moyen mensuel maximal - mai (481 m ³ /h)	Débit de traitement maximal (940 m ³ /h)
Bassin vide (capacité 6 700 m ³)	23,2 h	13,9 h	7,1 h
Bassin avec volume mort de 0,4 m (capacité 4 700 m ³)	15,9 h	9,6 h	4,9 h

4.5.6 Sommaire des critères de dimensionnement

Le tableau 3 résume les critères de conception hydrologique et hydraulique pour les bassins.

4.6 Modélisation hydrologique et hydraulique

Afin de réaliser la conception des fossés collecteurs ainsi que des bassins, un modèle PCSWMM du site a été réalisé. Ce logiciel incorpore à la fois les éléments hydrologiques (p. ex. bassins et sous-bassins versants) et hydrauliques (p. ex. fossés, ponceaux et bassins) dans un même modèle unidimensionnel (1D). Une fois les réseaux et leurs surfaces tributaires intégrés aux modèles hydrologiques et hydrauliques, il est possible de caractériser leurs comportements grâce aux simulations d'événements de pluie. Pour ce faire, les paramètres d'infiltration sont sélectionnés afin d'assurer une évaluation juste de l'écoulement lors des événements de pluie. Le détail des paramètres utilisés dans le modèle est présenté à l'annexe C.

4.6.1 Bassins versants

La délimitation des bassins versants (et sous-bassins) a été faite à partir des informations LiDAR fournies par Gold Fields, des orthophotos du site ainsi que de la topographie des infrastructures projetées (halde à stérile, halde à minerai, parc à résidus, etc.). À certains endroits sur le site, la topographie des infrastructures et du terrain naturel forme des points bas, qui ne permet pas de diriger les eaux gravitairement par les fossés jusqu'à un bassin. Dans ces cas, le point bas est aménagé avec une station de pompage pour pomper l'eau vers le fossé le plus près. Le dimensionnement de ce point bas et du débit de pompage requis est fait de façon à minimiser les impacts sur les infrastructures du site, et ce, pour une crue de récurrence dictée par le type de surface qui est drainée par ce point bas, tel que défini à la section 4.3.1. Une vérification est également effectuée afin d'identifier le point de débordement de ce point bas en cas de crue exceptionnelle ou de dysfonctionnement du système de pompage, afin de s'assurer que les eaux ne soient pas déversées directement dans l'environnement, mais dirigées vers un des bassins. Les détails du dimensionnement de ces points bas seront présentés dans une note technique distincte.

La délimitation des bassins versants du site dans les conditions retenues pour les phases 1 et 2 est présentée à l'annexe D. Le tableau 4 présente les superficies des bassins versants de chaque bassin le site.

Tableau 3 Critères de conception hydrologiques et hydrauliques des bassins

Paramètre	Bassin	Critère	Source
Crue de conception	PAR1, PAR2, D, A, E et F	Pluie SCS 24 h de récurrence 2000 ans (+CC) + Fonte de neige sur 30 jours de récurrence 100 ans (+CC)	D019 (MELCCFP, 2025) et demande du MELCCFP
	Bassin B, C, J, P et CP (polissage)	Plus critique parmi : - Pluie SCS 24 h de récurrence 100 ans (+CC) - Pluie + fonte de neige de récurrence 100 ans (+CC)	D019 (MELCCFP, 2025)
Débit de sortie	Tous les bassins	Débit limité par les capacités de traitement des UTE et optimisé pour limiter le stockage nécessaire	Limite de charge aux UTE et bonne pratique
	Bassin de polissage CP	Débit maximal de la pompe de l'effluent (selon autorisation ministérielle)	Bonne pratique
Revanche (voir la définition à la section 4.3.2)	PAR1, PAR2 et D (phase 1)	Plus critique parmi : - 1,5 m - vague de récurrence de 100 ans (sur le niveau d'eau en CMP)	D019 (MELCCFP, 2025), ACB, 2013
	A, B, C, D (phase 2), E, F, J et P	Plus critique parmi : - 1,0 m - vague de récurrence de 100 ans (sur le niveau d'eau en CMP)	Demande du MELCCFP et norme Gold Fields, ACB, 2013
	Bassin de polissage CP	Plus critique parmi : - 0,5 m - vague de récurrence de 100 ans (sur le niveau d'eau en CMP)	Bonne pratique, ACB, 2013
Volume mort	D	30 000 m ³ en été/automne 10 000 m ³ en hiver/printemps	Été/automne : Approvisionnement en eau de refroidissement Hiver : Maintien d'un volume minimal pour le procédé biologique
	Bassin de polissage CP	2100 m ³ (0,4 m) en tout temps dans le bassin	Bonne pratique, pour assurer un temps de rétention hydraulique et un contrôle de la qualité avant le rejet à l'environnement
	Tous les bassins	Élévation de démarrage des pompes, selon le rôle du bassin et les conditions du site	Bonne pratique
Revanche environnementale (distance entre le niveau d'eau maximal lors de la crue de conception et le seuil du déversoir d'urgence)	Tous les bassins	Minimum de 0,1 m	Bonne pratique
Dimensions du déversoir d'urgence	Tous les bassins	CMP (minimum de 3 m de largeur et 0,5 m de profondeur)	D019 (MELCCFP, 2025) Bonne pratique
Revanche dans le déversoir d'urgence (distance entre le niveau d'eau maximal lors de la CMP et la crête de la digue)	Tous les bassins	0,3 m min.	Bonne pratique

Tableau 4 Superficie des bassins versants

Bassin versant	Superficie (ha)		Note
	Phase 1	Phase 2	
Bassin A	12,8	12,8	
Bassin B	15,5		- Incluant la superficie du point bas qui est pompé vers le bassin B
<i>Point bas vers B</i>	3,7		
Bassin C	9,5		- Excluant la superficie tributaire du bassin B - Incluant les superficies des points bas qui sont pompés vers le bassin C
<i>Point bas vers C - 1</i>	2,7		
<i>Point bas vers C - 2</i>	1,9		
Bassin D	10,9		- Excluant la superficie tributaire des autres bassins qui se rejettent vers le bassin D - Incluant la superficie du point bas qui est pompé vers le bassin D
<i>Point bas vers D</i>	1,4		
Bassin E	13,0	13,0	- Excluant la superficie tributaire des autres bassins qui se rejettent vers le bassin E
Bassin F	-	7,7	- Le bassin F n'est construit que pour les besoins de la phase 2
Bassin J	15,3		- Incluant la superficie du point bas qui est pompé vers le bassin J
<i>Point bas vers J</i>	4,4		
Bassin P	8,5		
Bassin CP (Polissage)	1,7		
Bassin PAR 1	36,7	60,6	- Incluant la superficie tributaire du point bas qui est pompé vers le bassin PAR1 - Excluant la superficie tributaire du bassin PAR2 qui se rejette vers le bassin PAR1 - Phase 1 : Phase 1 du parc à résidus - Phase 2 : Conditions critiques = Phase 3 du parc à résidus
<i>Point bas vers PAR1</i>	1,2		
Bassin PAR 2	6,3		
Eaux propres déviées	4,5	5,2	- Exclut du bilan d'eau global de la mine

4.6.2 Événements climatiques extrêmes

Les infrastructures de gestion de l'eau du site sont conçues selon différents critères qui impliquent des événements climatiques de durée et d'intensité variées. L'étude climatique préparée par WSP dans le cadre de ce projet a permis de quantifier ces événements (WSP, 2022a). Les différents événements extrêmes utilisés dans le cadre de la conception de ces infrastructures sont présentés au tableau 5.

Un facteur de majoration est appliqué sur les événements extrêmes (tableau 5) pour prendre en compte l'effet des changements climatiques. Ce facteur, déterminé dans le cadre de l'analyse climatique, varie en fonction de la période de retour de l'événement, sa durée ainsi que selon deux horizons différents, soit 2050 et 2080. La valeur retenue pour la conception correspond à la valeur médiane à l'horizon 2050.

Tableau 5 Description des événements de conception

Événement	Répartition de l'événement	Quantité de pluie de l'événement (mm)	Majoration pour CC ⁽¹⁾	Quantité totale de pluie incluant CC ⁽¹⁾ (mm)
Crue annuelle de récurrence 100 ans	SCS type II, 24 h, récurrence 100 ans	98,0	22 %	119,6
Crue printanière de récurrence 100 ans	Pluie et fonte combinées d'une récurrence de 100 ans sur 30 jours	474,9	5 %	498,6
Crue de projet D019 associée à aire de rétention	SCS type II, 24 h, récurrence 2000 ans	135,5	24 %	168,0
	Fonte uniforme du couvert de neige de récurrence de 100 ans sur 30 jours	397,0	3,6 %	411,3
Crue maximale probable ⁽²⁾	SCS type II, 24 h, PMP	327,8	28 %	419,6
	Fonte uniforme du couvert de neige de récurrence de 100 ans sur 30 jours	397,0	3,6 %	411,3

(1) CC : Changements climatiques

(2) la dénomination 'crue maximale probable' a été prise pour fins de simplification pour cette analyse

Les figures 2 et 3 présentent graphiquement la pluviométrie des événements étudiés qui a été utilisée dans le modèle PCSWMM. Pour le cas de l'événement de pluie + fonte, trois distributions ont été étudiées comme on peut le voir à la figure 3 : un cas où la fonte est forte au début (valeur de fonte sur 1 jour à la 1^{re} journée) puis diminue, un cas où la fonte se produit majoritairement au milieu des 30 jours, et un cas où elle se produit principalement à la fin. De plus, il faut noter que la fonte uniforme du couvert de neige sur 30 jours (utilisée dans la simulation de la crue SCS 2000 ans et de la CMP) n'est pas représentée sur le diagramme de la figure 2, mais elle est considérée comme indépendante par un ajout d'un débit constant pendant 30 jours de façon ponctuelle dans le modèle.

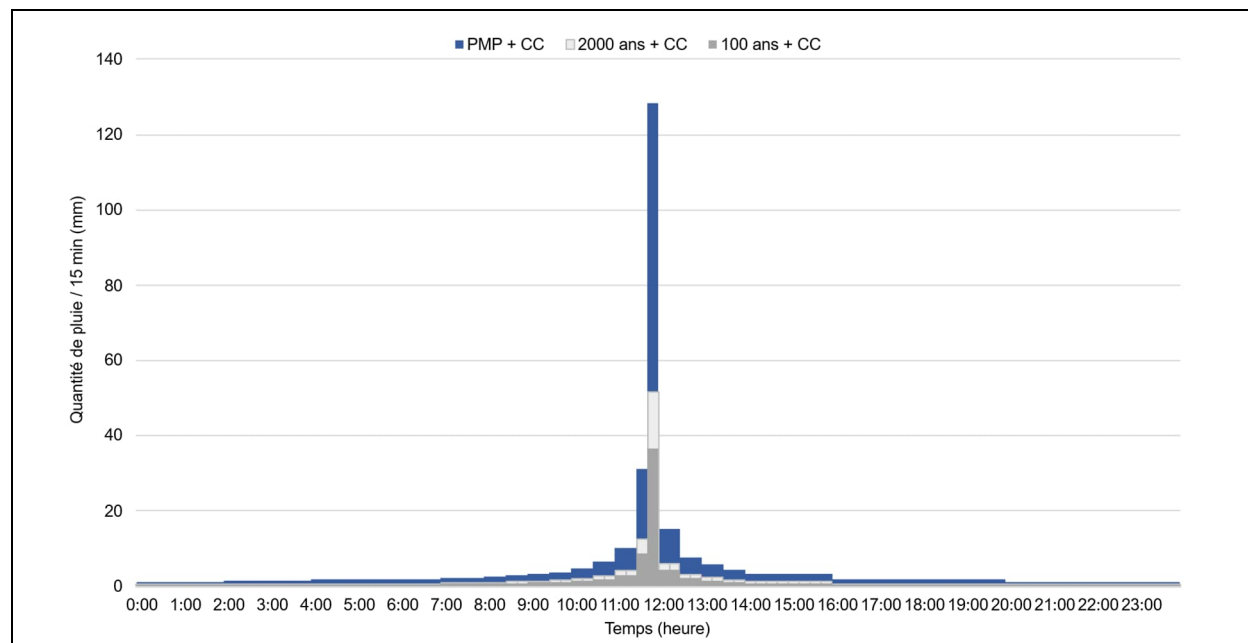


Figure 2 Distribution des pluies SCS type II d'une durée de 24 h pour les récurrences étudiées

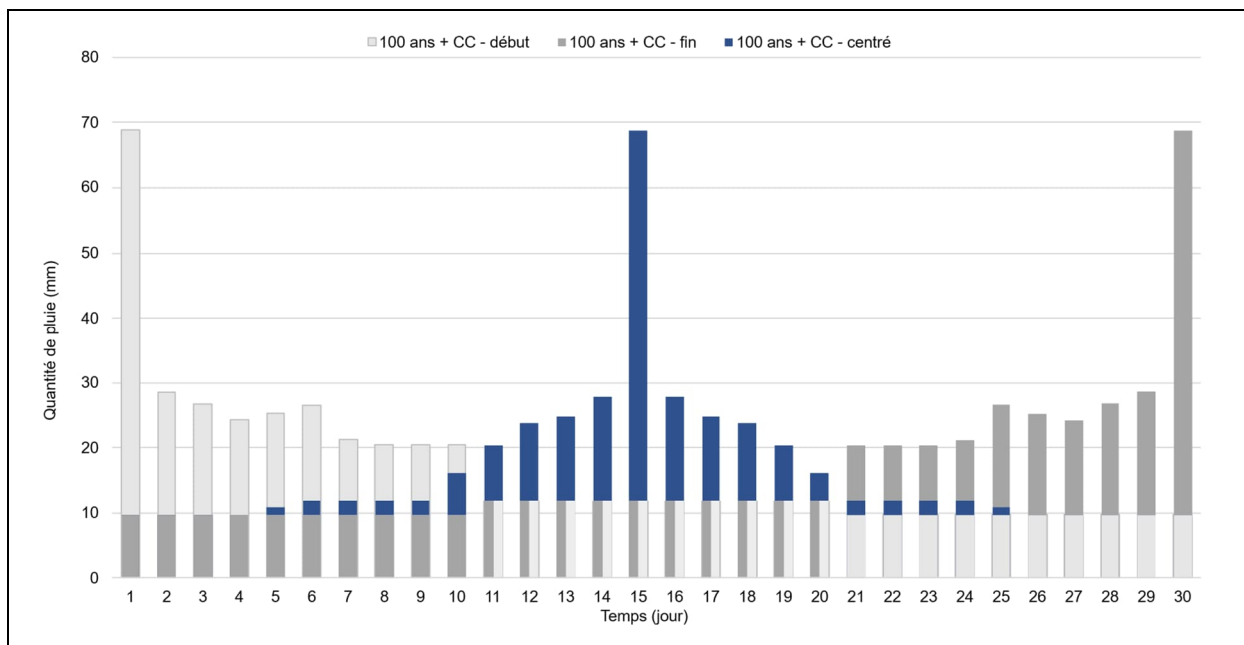


Figure 3 Distributions étudiées de l'événement de pluie + fonte sur 30 jours en dents de scie

4.6.3 Eaux d'exhaure

Les eaux d'exhaure sont composées des infiltrations et de l'eau industrielle souterraine. Ces eaux sont envoyées vers l'UTE UG, où la surverse de l'épaisseur retourne une partie de l'eau nécessaire à la production, tandis que l'excédent est dirigé vers l'UTE CN/Métaux ou le bassin D selon la phase. La sousverse alimente l'épaisseur de l'usine de filtration des résidus miniers.

Il a été considéré, pour la conception des infrastructures de gestion de l'eau, que cet excédent d'eau constitue un débit maximum de 139 m³/h (0,039 m³/s) vers l'UTE CN/Métaux pendant la phase 1 et un débit maximum de 189 m³/h (0,053 m³/s) vers le bassin D pendant la phase 2. Ces débits sont tirés du bilan d'eau de la mine, qui présente également davantage de détails sur la provenance de ces valeurs (WSP, 2025d).

4.6.4 Purge d'eau industrielle

Suivant les informations fournies par Gold Fields, il est considéré que la purge d'eau industrielle pourra être arrêtée en cas de crue importante qui serait critique pour le volume de stockage dans les bassins. Pour la simulation de la crue de conception sur PCSWMM, le débit de purge est donc négligé puisque celle-ci pourrait être arrêtée manuellement et recirculée pendant un certain temps.

4.6.5 Dépôts à neige

La plate-forme industrielle sera déneigée durant l'hiver et la neige sera entreposée dans des zones de dépôt de neige définies. Pour en tenir compte, une fraction de l'eau générée par l'événement de conception printanier sur la portion de cette plate-forme qui fait partie du bassin versant du bassin C a été retirée et ajoutée aux zones identifiées pour être des dépôts de neige qui font partie du bassin versant du bassin B.

L'hypothèse qui a été retenue est que 80 % de ce qui est attribuable à une fonte de neige durant l'événement est déplacé dans les dépôts de neige.

Le volume attribuable à la fonte de neige est donc augmenté sur les superficies de stockage, tandis qu'il est diminué sur les superficies déneigées durant l'hiver.

À noter que dans le cas où les zones de dépôt à neige seraient déplacées par rapport à ce qui est actuellement prévu, une vérification devrait être réalisée afin de valider les impacts sur les volumes totaux acheminés aux bassins (notamment les bassins B et C). Pour ne pas apporter de changement majeur aux volumes des bassins, le déplacement des dépôts à neige devrait être prévu dans les mêmes bassins versants qu'actuellement.

4.6.6 Conditions initiales des bassins

Conditions initiales avant la crue estivale

Il est considéré que tous les bassins seront tenus le plus vide possible durant l'été et que l'espace total de stockage des bassins sera donc disponible pour la gestion des crues estivales (à l'exception du volume mort considéré qui n'est pas compté). Si de l'eau est conservée dans les bassins en temps normal pour optimiser les opérations, celle-ci devrait être vidée et traitée à l'approche d'une pluie importante qui serait annoncée.

En revanche, de l'eau doit en tout temps être conservée dans le bassin D afin de permettre un apport constant à l'UTE Biologique pour assurer le maintien du procédé biologique et pour les besoins en eau de refroidissement de l'usine. Un volume de 30 000 m³ est considéré comme étant conservé durant toute la période estivale et automnale dans le bassin D pour la simulation de la crue estivale, afin d'assurer une quantité suffisante ainsi qu'une température adéquate.

Conditions initiales des bassins avant la crue printanière

Pour les simulations, tous les bassins sont initialement considérés au niveau du volume mort (élévation de démarrage des pompes) avant le début de l'hiver. Cependant, il est conseillé de vider complètement les bassins, lorsque possible, avant l'arrivée de l'hiver afin de maximiser l'espace disponible pour la gestion de la crue printanière et limiter les enjeux avec la glace dans les bassins. Ceux-ci devraient donc être vidés à l'automne, minimalement jusqu'au niveau d'arrêt des pompes, mais idéalement complètement vidés. À noter que toutes les précipitations hivernales (incluant la neige et la pluie) sont incluses dans les événements printaniers simulés. Il n'est donc pas nécessaire de vider la neige des bassins pour gérer la crue printanière.

Aussi, de l'eau doit en tout temps être conservée dans le bassin D afin de permettre un apport constant à l'UTE Biologique afin d'assurer le maintien du procédé biologique. Un volume de 10 000 m³ est donc considéré comme étant conservé durant l'hiver dans le bassin D pour la simulation de la crue printanière.

5 Résultats

5.1 Bassins

5.1.1 Règles de pompage

Un système de pompage est nécessaire, car les contraintes du site ne permettent pas un écoulement gravitationnel entre les bassins.

Les capacités de pompage ont été choisies en tenant compte de la capacité de traitement des usines (tableau 6).

5.1.2 Volumes de bassins

Les caractéristiques de chaque bassin (volume utile disponible, profondeur maximale et revanche minimale) ont été déterminées selon la méthodologie et les critères présentés précédemment, et sont indiquées au tableau 7.

Ces volumes ont été établis selon les résultats obtenus pour les crues de conception et l'utilisation au quotidien des bassins a été validée à l'aide du bilan d'eau global de la mine (WSP, 2025d).

5.1.3 Déversoirs d'urgence

Chaque bassin qui possède une digue est conçu avec un déversoir d'urgence. Ces déversoirs ont une profondeur qui varie entre 0,5 m et 1,0 m. La largeur et la profondeur du déversoir sont adaptées pour chacun des bassins pour passer la CMP, avec un minimum de 3 m de largeur et une revanche minimale de 0,3 m en hauteur.

Les déversoirs d'urgence prévus pour les différents bassins sont de forme trapézoïdale avec les dimensions présentées au tableau 8, ce qui permet de respecter le critère de conception qui demande une capacité suffisante pour évacuer l'événement de CMP.

Tableau 6 Règles de pompage

Pompe		Élévation	Élévation	Élévation	Taux pompage	Taux pompage	
Point de départ	Point de décharge	Arrêt de la pompe (m)	Démarrage de la pompe (m)	Taux pompage maximal (m)	variable (m ³ /h)	maximal (m ³ /h)	
Bassin A	Bassin E	401,3	401,5	402,2	50-150	1200	
Bassin B	Bassin C	398,3	398,4	398,4	-	215	
Bassin C ⁽⁵⁾		UTE CN/Métaux	402,55	402,65 ⁽⁴⁾	402,65 ⁽⁴⁾	-	310
		UTE MES	402,55	402,95	402,95	-	350
Bassin E	Phase 1	UTE CN/Métaux (Phase1)	403,5	403,6	403,6	-	1000
	Phase 2	Bassin D (Phase 2)				-	1000
Bassin D ^(1,2)	Phase 1	UTE Biologique	Été : 400,3	Été : 400,4	Courbe de pompe D		
	Phase 2	UTE CN/Métaux	Hiver : 398,9	hiver : 399,0	399,0	-	385
Bassin F	Bassin E	400,3	400,4	401,5	10-50	75	
Bassin J	Bassin C	398,3	398,4	398,65	45-80	145	
Bassin P	Bassin J	396,3	396,4	396,6	50-90	90	
Bassin PAR1	UTE CN/Métaux	396,6	396,65	396,9	85-250 Phase 1 85-205 Phase 2	250 ⁽³⁾ Phase 1 205 Phase 2	
Bassin PAR2 ⁽⁶⁾	Bassin PAR1	398,5	398,6	399,4	10-20	30	

(1) Le taux de pompage maximal du bassin D est de 60 m³/h en été si le volume du bassin D est inférieur à 35000 m³ et aucun pompage si le volume du bassin D est inférieur à 30000 m³

(2) Aucun pompage sortant du bassin D si le volume d'eau < 10000 m³ (en période hors estivale)

(3) Pas de pompage du bassin PAR1 si élévation de l'eau du bassin D > 402,1 m dans la phase 1

(4) Pas de pompage du bassin C (vers UTE CN/Métaux) si élévation de l'eau du bassin D > 402,5 m dans la phase 1

(5) Si le pompage de C à UTE CN/Métaux est < 150 m³/h et la hauteur d'eau dans C est > 0,4 m, alors l'eau du bassin C est pompée vers UTE MES

(6) Pas de pompage du bassin PAR2 si élévation de l'eau du bassin PAR1 > 3,0 m

Tableau 7 Conception hydraulique des bassins

Bassin	Élévation du fond du bassin (m)	Élévation de la crête du bassin ¹ (m)	Revanche minimale (m)	Volume disponible ² (m ³)	Volume mort ³ (m ³)	Profondeur maximale disponible ² (m)	Profondeur maximale atteinte ² (m)	Volume maximal atteint ² (m ³)	Scénario de crue critique
A ⁴	401,0	406,0	1,0	9 775	700	4,0	3,9	9 730	Phases 1 et 2, pluie 2000 ans + neige 100 ans
B	398,0	401,3	1,0	14 375	2 100	2,3	2,3	13 970	Phases 1 et 2, Crue estivale 100 ans – 24 h
C	402,25	405,9	1,0	25 380	3 200	2,65	2,0	18 370	Phase 2, Crue printanière 100 ans – 30 jours
CP ⁵	404,5	406,0	0,5	6 700	2 100	0,9	0,5	3660	Phases 1 et 2, Crue estivale 100 ans – 24 h
D ⁴	398,0	404,0	1,5 / 1,0	73 910	30 000 / 10 000 ⁶	4,9	3,6	52 120	Phase 1, Pluie 2000 ans + neige 100 ans
E	403,3	406,8	1,0	8 410	750	2,5	2,4	8 080	Phase 2, pluie 2000 ans + neige 100 ans
F	400,0	404,0	1,0	17 670	1 800	3,0	2,9	17 110	Phase 2, pluie 2000 ans + neige 100 ans
J	398,0	402,4	1,0	31 670	3 000	3,4	3,0	27 400	Phases 1 et 2, Crue printanière 100 ans – 30 jours
P ⁴	396,0	398,8	1,0	10 800	1 800	1,9	1,6	9 070	Phases 1 et 2, Crue estivale 100 ans – 24 h
PAR 1	396,5	402,5	1,5	341 600	10 100	4,5	3,8	280 300	Phase 2, Pluie 2000 ans + neige 100 ans
PAR 2	398,0	402,0	1,5	37 850	8 000	2,5	2,3	33 580	Phase 2, Pluie 2000 ans + neige 100 ans

(1) Crête ou élément de fermeture étanche du bassin (ex. terrain naturel, route ou autre infrastructure projetée)

(2) Incluant le volume mort et en fonction de la revanche minimale requise

(3) Au niveau de démarrage des pompes (voir tableau 7)

(4) Bassin existant, construit pour l'étape d'échantillonnage en vrac

(5) Le bassin CP est un bassin existant qui devient le bassin de polissage

(6) Été-Automne / Hiver-Printemps

Tableau 8 **Caractéristiques minimales requises des déversoirs d'urgence**

Bassin	Élévation du déversoir (m)	Élévation de la crête ¹ (m)	Largeur au fond (m)	Hauteur (m)	Pentes latérales	Élévation d'eau atteinte ² (m)
A ³	405,2	406,0	15,0	0,8	4 : 1	405,7
B	400,6	401,3	20,0	0,7	4 : 1	401,0
C	405,4	405,9	3,0	0,5	2 : 1	405,5
CP ⁴	405,6	406,0	4,0	0,4	4 : 1	405,6
D ³	403,0	404,0	3,0	1,0	2 : 1	403,1
E	406,1	406,8	25,0	0,7	4 : 1	406,5
F	403,4	404,0	15,0	0,6	2 : 1	403,7
J	401,9	402,4	10,0	0,5	2 : 1	402,1
P ³	398,0	398,8	12,0	0,8	4 : 1	398,5
PAR1	401,5	402,5	3,0	1,0	2 : 1	401,8
PAR2	401,0	402,0	3,0	1,0	2 : 1	400,9

(1) Crête ou élément de fermeture étanche du bassin (ex. terrain naturel, route ou autre infrastructure projetée)

(2) Au passage de la CMP, considérant un volume mort

(3) Bassin existant, construit pour l'étape d'échantillonnage en vrac

(4) Le bassin CP est un bassin existant qui devient le bassin de polissage

5.2 Fossés collecteurs et dérivation

Les fossés collecteurs d'eau de contact ont été positionnés de façon qu'ils puissent collecter les eaux d'exfiltration et de ruissellement des différentes infrastructures.

Les fossés de dérivation ont été placés sur le site de manière à dévier les eaux propres à l'extérieur du site minier. Ces fossés permettent donc d'éviter que les eaux de ruissellement de ces surfaces naturelles soient captées de façon gravitaire par les fossés collecteurs, mélangées avec les eaux de contact et qu'elles doivent ainsi passer par le traitement des eaux.

L'annexe D illustre le positionnement et le sens des fossés du site. Le parcours des différents tronçons de fossé a été choisi pour favoriser l'écoulement gravitaire, pour minimiser la quantité de sol naturel à excaver ainsi que pour minimiser le recours à des stations de pompage.

Conformément à la section 4.4 et compte tenu des vitesses d'écoulement faibles durant la crue de conception, le calibre d'enrochement minimal requis (D50) pour la plupart des fossés est de 150 mm sur une épaisseur de 300 mm.

Tous les fossés transportant l'eau de contact du site sont conçus avec des revêtements géosynthétiques afin qu'aucune eau de contact ne soit rejetée dans l'environnement. Par conséquent, aucun rejet direct d'eau de contact du site dans l'environnement n'est prévu, conformément à la réglementation applicable. La plupart des fossés qui permettent la gestion des eaux de ruissellement en contact avec des résidus sont munis d'une géomembrane en plus d'un géotextile, tandis que les fossés de la halde à mort-terrain ont uniquement un géotextile.

La figure 4 ainsi que la figure 5 présentent une coupe type des fossés d'eau de contact et des fossés de dérivation prévus sur le site.

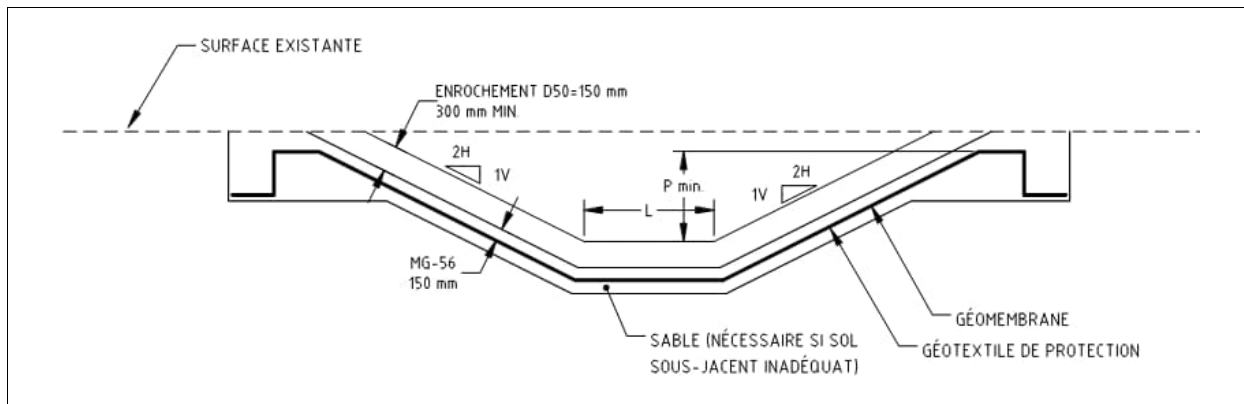


Figure 4 Coupe-type des fossés collecteurs

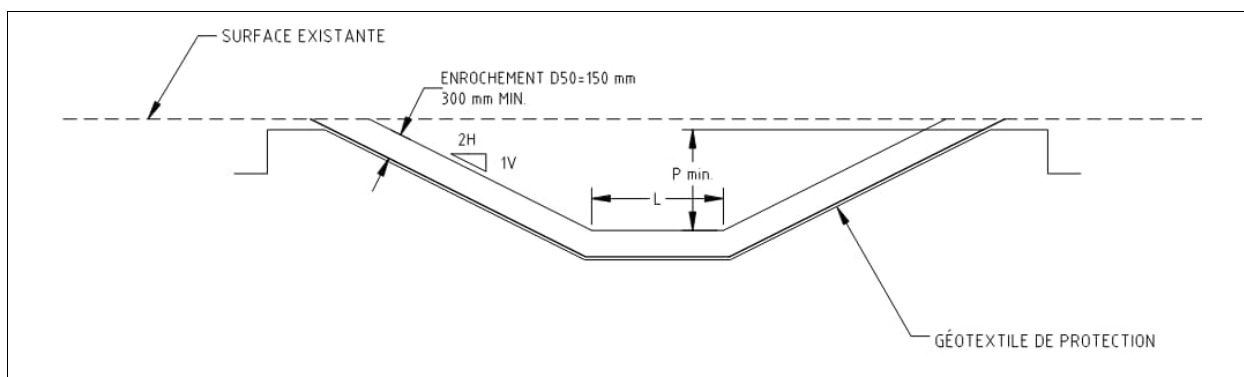


Figure 5 Coupe-type des fossés de dérivation

6 Conclusion

Ce document présente le plan de gestion des eaux ainsi que les dimensionnements des infrastructures de gestion de l'eau pour le site minier du projet Windfall dans le cadre du développement du projet minier.

L'ensemble des mesures de gestion des eaux proposées dans ce rapport vise à assurer une gestion rigoureuse et conforme des eaux de contact et de ruissellement au sein du site minier Windfall. Les critères de conception détaillés, qui ont mené au dimensionnement des fossés, des bassins et à l'établissement des règles de pompage, répondent aux exigences réglementaires en vigueur ainsi qu'aux bonnes pratiques de l'industrie.

Références bibliographiques

- ASSOCIATION CANADIENNE DES BARRAGES (ACB), 2013. *Recommandations de sécurité des barrages 2007 (Édition 2013)*.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2020. Données météorologiques pour la période 1982 à 2016 de la station CHIBOUGAMAU CHAPAIS A.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2021. Normales climatiques 1981-2010. Station Lebel-sur-Quévillon, Québec, Canada.
- MELCCFP, 2025. *Directive 019 sur l'industrie minière*, 13 février 2025. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).
- MTQ, 2020. *Manuel de conception des ponceaux*, Ouvrages routiers, Direction générale des structures, décembre 2020.
- Transportation Association of Canada (TAC), 2004. *Guide to Bridge Hydraulics*, Second Edition.
- WSP, 2018. *Données topographiques du fichier 151-11330-62-G02 confectionné par WSP lors de l'ingénierie détaillée pour la construction de l'agrandissement de la halde à stérile imperméabilisée* (2018).
- WSP Golder, 2020a. *Technical Memorandum – Climate parameters for preliminary economical assessment report – Windfall Project*, Quebec. No de référence : GAL093-20146303-20001-TM-Rev0. Préparé par Golder pour Minière Osisko. 12 pages.
- WSP, 2020b. *Agrandissement de la halde à stérile existante et gestion des eaux, incluant un nouveau bassin d'accumulation. Conception géotechnique et hydraulique. Projet Windfall Lake – Échantillonnage en vrac dans la portion supérieure de la zone Triple Lynx*. Préparé par WSP. Réf WSP : 151-11330-79. 20 mars 2020. 14 pages et annexes.
- WSP Golder, 2022a. *Detailed Climate Change Dataset. Windfall Project*. Ref. : GAL128-2148985706-R-RevB-05. Préparé par Golder pour Minière Osisko. 50 pages et annexes.
- WSP, 2022b. *Agrandissement de la halde à stériles existante et des infrastructures de gestion des eaux. Volet géotechnique, hydrotechnique et hydraulique*. Document produit pour minière Osisko Inc. par WSP. 32 pages et annexes.
- WSP, 2023. *Rapport sectoriel – Caractérisation géochimique des matériaux miniers*. Préparé par WSP. Réf. WSP : GAL137-2148985706
- WSP, 2024, - Étude De Dilution Des Effluents En Aval De La Mine. 9 octobre 2024. Réf. WSP : CAWL-TM-WM-0613-MTF-Rev0
- WSP, 2025a. *Infrastructure de surface – Arrangement général secteur industriel – Vue en plan*. Préparé par WSP Version CAWL-301-G-0602-AU. 2025-04-08

WSP, 2025b. *Tailing management facility – Plan View. TMF Site Plan and Peripheral Stratigraphy*. Préparé par WSP. Dessin no. CAWL-805-C-0608.

WSP, 2025c. *Agrandissement de la halde à stérile existante et infrastructures de gestion des eaux. Plans des ouvrages construits*. Plans préparés par WSP pour Groupe Minier Windfall. Réf. WSP : CA0002392.5493. 28 février 2025

WSP, 2025d. *Bilan hydrique à l'échelle du site*. Préparé par WSP. Réf. WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0008. Décembre 2025

WSP, 2025e. *Infrastructures de gestion des eaux – Détermination des vagues de conception et dimensionnement des ripraps*. Préparé par WSP. Réf. WSP : CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0002. Octobre 2025

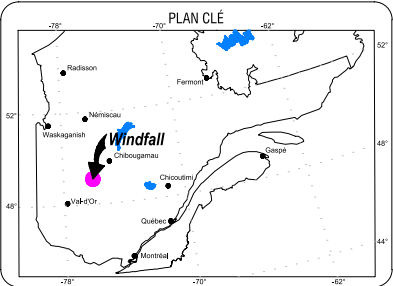
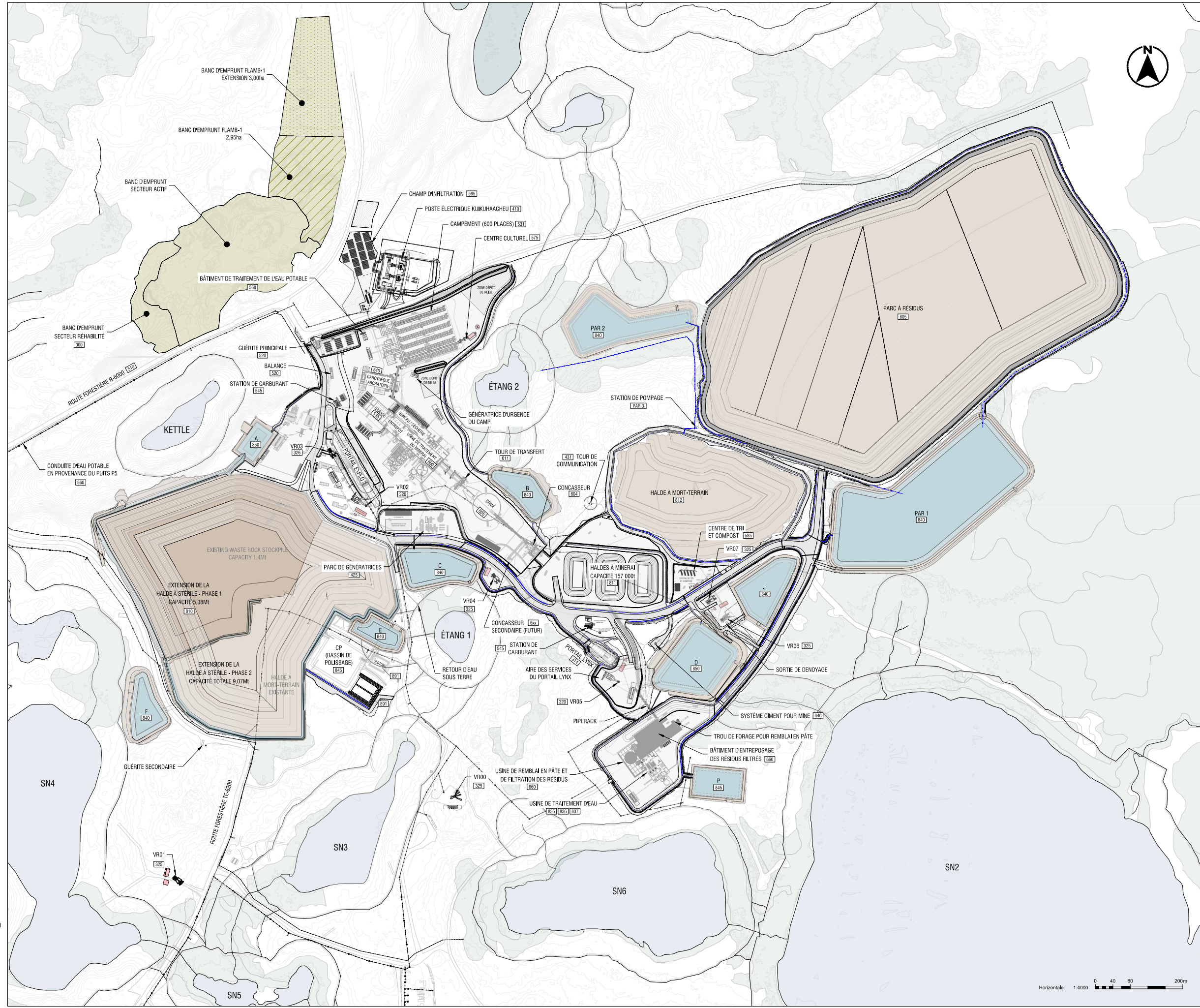
WSP, 2025f. *Modèle de qualité d'eau à l'échelle du site pour la conception détaillée du projet minier Windfall*. No. Ref. 0617-CAWL-RE-WM-Rev0

ANNEXE

A

PLAN DES
INFRASTRUCTURES
DE SURFACE





NOTES GÉNÉRALES

SYSTÈME DE COORDONNÉE :
UTM83-18 (UTM with NAD83 datum, Zone 18, Meter; Central Meridian 75d W)

FICHIERS SOURCE :

- COURBES TOPOGRAPHIQUES REPRÉSENTÉ AU MÈTRE, ISSUS DU RELEVÉ LIDAR FAIT LE 5 JUILLET 2024, TRANSMIS PAR LE CLIENT.
- INFRASTRUCTURES EXISTANTES - FICHIER "PLAN DE SURFACE.dwg", TRANSMIS PAR LE CLIENT LE 10 OCTOBRE 2020 ET MIS À JOUR EN AOÛT 2022.
- SURFACE DIFFÉRENTIELLE DE ROC CRÉE AVEC TOUS LES SONDAGES ET FORAGES RÉALISÉS PAR LE CLIENT ET SES SOUS-TRAITANTS.



REV	DATE	DESCRIPTION	DES.PRE.VER.
AT	2025-03-27	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [S.D.] E.P.
AS	2025-02-07	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [S.D.] E.P.
AR	2024-11-13	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [S.D.] E.P.
AQ	2024-09-19	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [S.D.] E.P.
AP	2024-08-07	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [S.D.] E.P.
AO	2024-06-20	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [S.D.] E.P.
AN	2024-04-25	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [E.P.] S.D.
AM	2024-02-22	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [E.P.] S.D.
AL	2024-01-17	EMIS POUR COORDINATION	J.B. [E.P.] S.D.
AK	2023-11-09	EMIS POUR ÉTUDE D'IMPACT	J.B. [E.P.] S.D.

SCÉAU & SIGNATURE



CONÇU :	STÉPHAN DUPUIS, ing. OIQ #139669	2025-03-27
DESSINÉ :	JASMINE BIBEAU, tech.	2025-03-27
PRÉPARÉ :	STÉPHAN DUPUIS, ing. OIQ #139669	2025-03-27
VÉRIFIÉ :	ÉRIC POIRIER, ing. OIQ #120063	2025-03-27
ÉCHELLE :	1:4000	DATE

PROJET : **WINDFALL**

SOUS-PROJET : **INGÉNIEURIE DE DÉTAIL**

TITRE : **INFRASTRUCTURE DE SURFACE
ARRANGEMENT GÉNÉRAL
SECTEUR INDUSTRIEL
VUE EN PLAN**

NO. DESSIN : **CAWL-301-G-0602-AT**
CODE DE PROJET - SECTEUR - DISCIPLINE - NO. SEQ - REV



DERNIÈRE SAUVEGARDE : 2025-03-27
 DATE D'IMPRESSION : 2025-03-27
 C:\p\p_mnw\wsp-414\014\014-448\CAWL-301-G-0602-AT.DWG
 CREIN PAGES

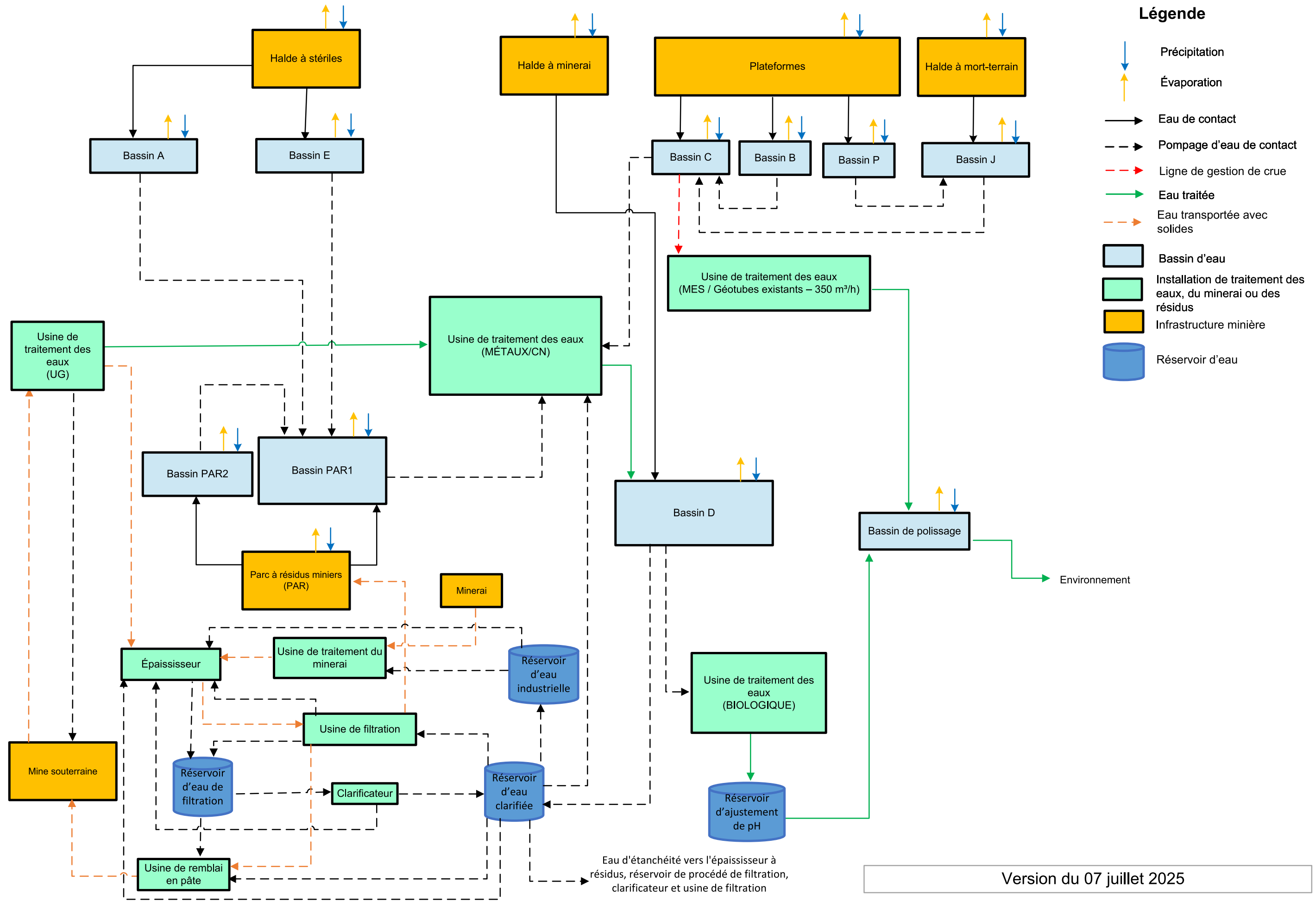
ANNEXE

B

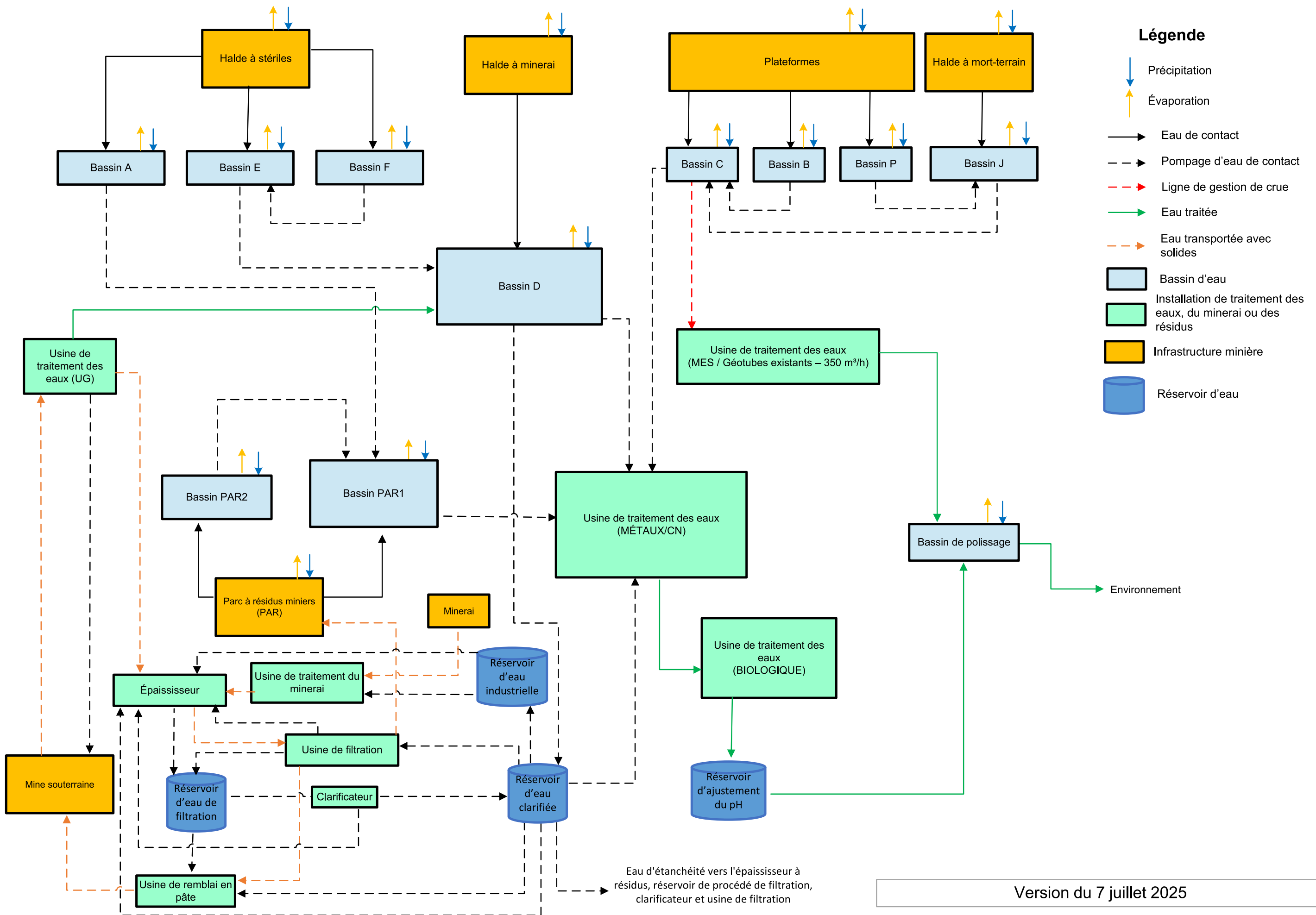
DIAGRAMME DE FLUX



Projet Windfall – Diagramme de flux – Phase 1



Projet Windfall – Diagramme de flux – Phase 2



ANNEXE

C

PARAMÉTRISATION DU MODÈLE PCSWMM



PARAMÉTRAGE DU MODÈLE PCSWMM

Cette annexe présente le paramétrage du modèle PCSWMM.

1.1 Types des surfaces

Les types de surface présentés au tableau 1 sont retenus pour l'élaboration du modèle hydrologique du site minier.

Tableau 1 Description des types de surfaces

NOM	DESCRIPTION
Bassin	Surfaces des bassins de rétention
Halde	Toutes les surfaces occupées par une halde (stériles, mort-terrain, minéral, etc.)
Infrastructures	Toutes les surfaces qui sont occupées par des infrastructures minières autres que les haldes, les bassins et le parc à résidus
Naturel	Surfaces de terrain naturel qui ne sont pas touchées par les infrastructures minières
Chemin	Toutes les surfaces qui sont occupées par une route, incluant le fossé latéral (chemin de halage, chemin d'accès, etc.)

1.2 Pourcentage d'imperméabilité

Le pourcentage d'imperméabilité associé aux différentes surfaces est présenté dans le tableau 2.

Tableau 2 Pourcentages d'imperméabilité utilisés par type de surface

NOM	% IMPERMÉABLE	
	Été / automne	Printemps
Bassin	100	100
Halde	50	85
Infrastructures	90	90
Naturel	10	10
Chemin	95	95

1.3 Modèle d'infiltration

Les calculs d'infiltration s'appuient sur le modèle de Horton. Les paramètres du modèle de Horton retenus pour les calculs d'infiltration sont présentés dans le tableau 3. Le temps de séchage considéré est de 7 jours.

Tableau 3 Paramètres d'infiltration de Horton utilisés par type de surface

NOM	ÉTÉ / AUTOMNE			PRINTEMPS		
	f_0 (mm/h)	f_c (mm/h)	k (h ⁻¹)	f_0 (mm/h)	f_c (mm/h)	k (h ⁻¹)
Bassin	-	-	6,5	-	-	6,5
Halde	40	15	6,5	15	15	6,5
Infrastructures	40	15	6,5	1	1	6,5
Naturel	25	3,25	6,5	1	1	6,5
Chemin	40	15	6,5	1	1	6,5

1.4 Pertes par dépressions de surface

Pour représenter efficacement les phénomènes de ruissellement, le modèle hydrologique prend en compte les pertes générées par la présence de dépressions de surface. Ces pertes représentent les premiers millimètres d'une pluie stockés en surface qui ne contribuent pas au ruissellement. Elles sont quantifiées en fonction de l'occupation des sols et en considérant des comportements distincts selon la pente (tableau 4).

Tableau 4 Pertes par dépressions de surface

NOM	ÉTÉ / AUTOMNE		PRINTEMPS	
	Pertes section imperméable (mm)	Pertes Section perméable (mm)	Pertes section imperméable (mm)	Pertes Section perméable (mm)
Bassin	0	0	0	0
Halde	5	8	5	8
Infrastructures	1	5	1	1
Naturel	2	5	0	0
Chemin	5	5	5	5

1.5 Coefficient de Manning

Pour représenter efficacement la résistance à l'écoulement des différentes surfaces, le modèle hydrologique prend comme intrant le coefficient de Manning. Plus ce coefficient est élevé, plus la résistance à l'écoulement est grande. Le coefficient est estimé pour les différents types d'utilisation du sol en fonction des valeurs retrouvées dans la littérature, entre autres dans le *Code de conception d'un système de gestion des eaux pluviales admissible à une déclaration de conformité - version administrative dynamique* (MELCCFP, 2023). Les valeurs pour cette étude sont présentées au tableau 5.

Tableau 5 Coefficient de Manning

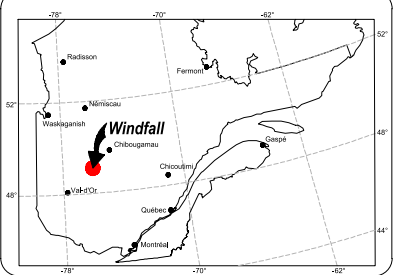
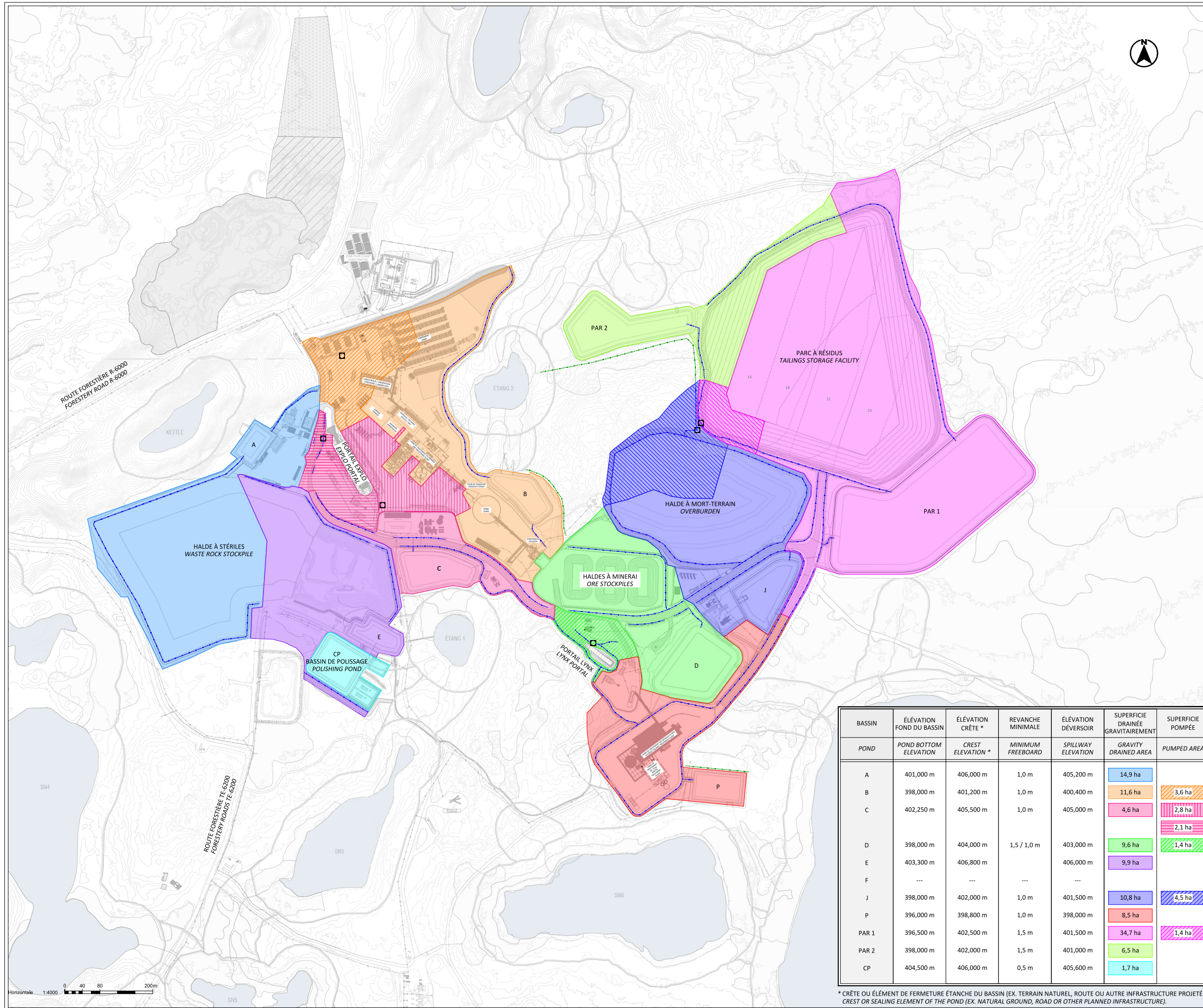
NOM	DESCRIPTION	COEFFICIENT DE MANNING POUR LES SURFACES IMPERMÉABLES	COEFFICIENT DE MANNING POUR LES SURFACES PERMÉABLES
Bassin	Surfaces de bassins de rétention	0,005	0,25
Halde	Toutes les surfaces occupées par une halde (stériles, mort-terrain, minéral, etc.)	0,05	0,25
Infrastructures	Toutes les surfaces qui sont occupées par des infrastructures minières autres que les haldes, les bassins et le parc à résidus	0,016	0,25
Naturel	Surfaces de terrain naturel qui ne sont pas touchées par les infrastructures minières	0,016	0,25
Chemin	Toutes les surfaces qui sont occupées par une route (chemin de halage, chemin d'accès, etc.)	0,1	0,25

ANNEXE

D

GESTION DES EAUX DE
SURFACE ET BASSINS
VERSANTS





NOTES GÉNÉRALES / GENERALES SPECIFICATIONS
 SYSTÈME DE COORDONNÉE / COORDINATE SYSTEM :
 UTM83-18 (UTM with NAD83 datum, Zone 18, Meter, Central Meridian 75d W)

LÉGENDE
 FOSSE EAU DE CONTACT / CONTACT WATER DITCH
 FOSSE DE DÉVIATION / DIVERSION DITCH
 POMPE / PUMP



A	2025-10-09	POUR INFORMATION FOR INFORMATION	J.B.	E.S.	R.B.
REV	DATE	DESCRIPTION	DES/PRE/VER/DRA	PRE/VER/VER	

SCEAU & SIGNATURE / SEAL & SIGNATURE



DESSINÉ / DRAWN: JASMINE BIBEAU, tech.
 PRÉPARÉ / PREPARED: ELSA SORMAIN, ing. OIQ #5040590
 VÉRIFIÉ / VERIFIED: RÉNATA BOILY, ing. OIQ #6030412
 ÉCHELLE / SCALE: 1 : 4000 | DATE / DATE: 2025-10-09

PROJET / PROJECT :
WINDFALL
 SOUS-PROJET / SUBPROJECT :
MISE À JOUR DE LA FAISABILITÉ / FEASIBILITY UPDATE

TITRE / TITLE :
**GESTION DES EAUX / CIVIL ENGINEERING
 BASSINS VERSANTS - PHASE 1 / WATER MANAGEMENT
 VUE EN PLAN / CIVIL ENGINEERING
 WATERSHEDS - PHASE 1 / PLAN VIEW**

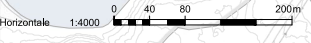
NO. DESSIN / DRAWING # :
CAWL-WSP0-2700-CI-DGA-0001

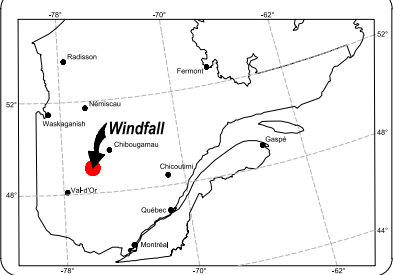
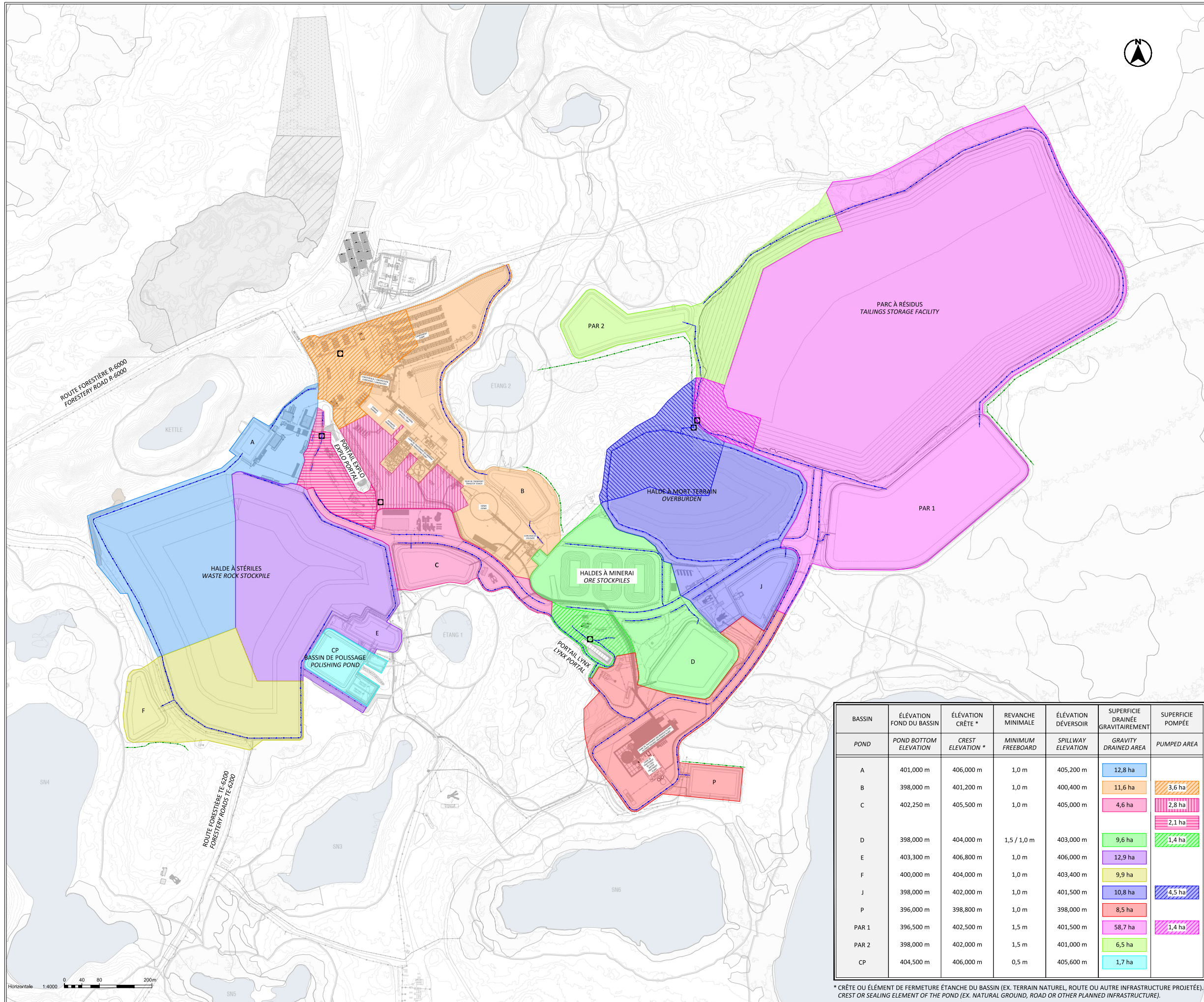
FORMAT PAPIER / PAPER SIZE : RÉVISION / REVISION :
A1 A

BASSIN	ÉLÉVATION FOND DU BASSIN	ÉLÉVATION CRÊTE *	REVANCHE MINIMALE	ÉLÉVATION DÉVERSOIR	SUPERFICIE DRAINÉE GRAVITAIREMENT	SUPERFICIE POMPÉE
POND	POND BOTTOM ELEVATION	CREST ELEVATION *	MINIMUM FREEBOARD	SPILLWAY ELEVATION	GRAVITY DRAINED AREA	PUMPED AREA
A	401,000 m	406,000 m	1,0 m	405,200 m	14,9 ha	
B	398,000 m	401,200 m	1,0 m	400,400 m	11,6 ha	3,6 ha
C	402,250 m	405,500 m	1,0 m	405,000 m	4,6 ha	2,8 ha 2,1 ha
D	398,000 m	404,000 m	1,5 / 1,0 m	403,000 m	9,6 ha	1,4 ha
E	403,300 m	406,800 m	---	406,000 m	9,9 ha	
F	---	---	---	---		
J	398,000 m	402,000 m	1,0 m	401,500 m	10,8 ha	4,5 ha
P	396,000 m	398,800 m	1,0 m	398,000 m	8,5 ha	
PAR 1	396,500 m	402,500 m	1,5 m	401,500 m	34,7 ha	1,4 ha
PAR 2	398,000 m	402,000 m	1,5 m	401,000 m	6,5 ha	
CP	404,500 m	406,000 m	0,5 m	405,600 m	1,7 ha	

* CRÊTE OU ÉLÉMENT DE FERMETURE ÉTANCHE DU BASSIN (EX. TERRAIN NATUREL, ROUTE OU AUTRE INFRASTRUCTURE PROJETÉE).
 CREST OR SEALING ELEMENT OF THE POND (EX. NATURAL GROUND, ROAD OR OTHER PLANNED INFRASTRUCTURE).

DERNIÈRE SAUVÉGARDE / LAST BACKUP: 2025-10-10
 DATE D'IMPRESSION / PRINTING DATE: 2025-10-10
 CHEMIN D'ACCÈS / ACCESS PATH: C:\P\W\WSP-C416\DM557351\CAWL-WSP0-2700-CI-DGA-0001.DWG





NOTES GÉNÉRALES / GENERALES SPECIFICATIONS
 SYSTÈME DE COORDONNÉE / COORDINATE SYSTEM :
 UTM83-18 (UTM with NAD83 datum, Zone 18, Meter, Central Meridian 75d W)

LÉGENDE

- FOSSÉ EAU DE CONTACT / CONTACT WATER DITCH
- FOSSÉ DE DÉVIATION / DIVERSION DITCH
- POMPE / PUMP



A	2025-10-09	POUR INFORMATION FOR INFORMATION	J.B.	E.S.	R.B.
REV	DATE	DESCRIPTION	DES/PRE/DRA	PRE/VER/VER	

SCEAU & SIGNATURE / SEAL & SIGNATURE



DESSINÉ / DRAWN: JASMINE BIBEAU, tech.
 PRÉPARÉ / PREPARED: ELSA SORMAIN, ing. OIQ #5040590
 VÉRIFIÉ / VERIFIED: RENATA BOILY, ing. OIQ #6030412
 ÉCHELLE / SCALE: 1 : 4000 | DATE / DATE: 2025-10-09

PROJET / PROJECT :
WINDFALL
 SOUS-PROJET / SUBPROJECT :
MISE À JOUR DE LA FAISABILITÉ / FEASIBILITY UPDATE

TITRE / TITLE :
GESTION DES EAUX / CIVIL ENGINEERING
BASSINS VERSANTS - PHASE OPÉRATION / WATER MANAGEMENT
VUE EN PLAN / CIVIL ENGINEERING
WATERSHEDS - OPERATION PHASE PLAN VIEW

NO. DESSIN / DRAWING # :
CAWL-WSP0-2700-CI-DGA-0002

FORMAT PAPIER / PAPER SIZE : RÉVISION / REVISION :
A1 **A**

BASSIN	ÉLÉVATION FOND DU BASSIN	ÉLÉVATION CRÊTE *	REVANCHE MINIMALE	ÉLÉVATION DÉVERSOIR	SUPERFICIE DRAINÉE GRAVITAIREMENT	SUPERFICIE POMPÉE
POND	POND BOTTOM ELEVATION	CREST ELEVATION *	MINIMUM FREEBOARD	SPILLWAY ELEVATION	GRAVITY DRAINED AREA	PUMPED AREA
A	401,000 m	406,000 m	1,0 m	405,200 m	12,8 ha	
B	398,000 m	401,200 m	1,0 m	400,400 m	11,6 ha	3,6 ha
C	402,250 m	405,500 m	1,0 m	405,000 m	4,6 ha	2,8 ha 2,1 ha
D	398,000 m	404,000 m	1,5 / 1,0 m	403,000 m	9,6 ha	1,4 ha
E	403,300 m	406,800 m	1,0 m	406,000 m	12,9 ha	
F	400,000 m	404,000 m	1,0 m	403,400 m	9,9 ha	
J	398,000 m	402,000 m	1,0 m	401,500 m	10,8 ha	4,5 ha
P	396,000 m	398,800 m	1,0 m	398,000 m	8,5 ha	
PAR 1	396,500 m	402,500 m	1,5 m	401,500 m	58,7 ha	1,4 ha
PAR 2	398,000 m	402,000 m	1,5 m	401,000 m	6,5 ha	
CP	404,500 m	406,000 m	0,5 m	405,600 m	1,7 ha	

* CRÊTE OU ÉLÉMENT DE FERMETURE ÉTANCHE DU BASSIN (EX. TERRAIN NATUREL, ROUTE OU AUTRE INFRASTRUCTURE PROJETÉE).
 CREST OR SEALING ELEMENT OF THE POND (EX. NATURAL GROUND, ROAD OR OTHER PLANNED INFRASTRUCTURE).

DERNIÈRE SAUVÉGARDE / LAST BACKUP: 2025-10-10
 DATE D'IMPRESSION / PRINTING DATE: 2025-10-10
 CHEMIN D'ACCÈS / ACCESS PATH: C:\P\W\WSP-CI\01\06557351\CH\W\WSP0-2700-CI-DGA-0002.DWG

wsp





GOLD FIELDS

Annexe B

Bilan hydrique à l'échelle du site



Gold Fields

Projet minier Windfall

Bilan hydrique à l'échelle du site

Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James

DÉCEMBRE 2025

Référence WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0008_Rev1

Version finale





GOLD FIELDS

PROJET MINIER WINDFALL
BILAN HYDRIQUE À L'ÉCHELLE
DU SITE

TERRITOIRE D'EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

VERSION FINALE

RÉFÉRENCE WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0008_REV1

DÉCEMBRE 2025

WSP CANADA INC.
11E ÉTAGE
1600, BOULEVARD RENÉ-LÉVESQUE OUEST
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3H 1P9
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-514-340-0046
TÉLÉCOPIEUR : +1-438-843-8111

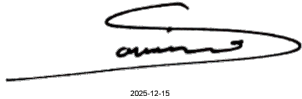
WSP.COM

GESTION DES RÉVISIONS

VERSION	DATE	DESCRIPTION
Rev0	2025-12-05	Version finale
Rev1	2025-12-11	Version finale

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



2025-12-15

Amina Sami, ing., M.Ing. (OIQ n° 6042134)
Ingénieure Ressources en eau

11 décembre 2025

Date

RÉVISÉ PAR



25-12-15

Adwoa Cobbina, ing., M.Sc. (OIQ n° 6047169)
Ingénieure principale, Ressource en eau

11 décembre 2025

Date

LIMITATIONS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

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

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

CLIENT

GOLD FIELDS

Responsable secteur – Gestion des rejets miniers	Toby Hofton
Chef gestion de l'eau et traitement de l'eau	Jennifer Lallier

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Responsable - Gestion de l'eau	Adwoa Cobbina, ing., M.Sc.
Ingénieure de projet	Amina Sami, ing., M.Ing.

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2025. Projet minier Windfall. Bilan hydrique à l'échelle du site. Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Rapport produit pour Gold Fields. Référence WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0008_Rev1. 45 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction	1
2	Climat	3
2.1	Aperçu du climat actuel	3
2.2	Considérations relatives aux changements climatiques	5
2.3	Événements climatiques de conception	6
3	Méthodologie du bilan hydrique	7
3.1	Concept et stratégie de gestion de l'eau à l'échelle du site	8
3.1.1	Phase d'exploitation	11
3.1.2	Phase de fermeture	12
3.2	Description du modèle de bilan hydrique	12
3.2.1	Module sur le climat	13
3.2.2	Module de neige	15
3.2.3	Module pluie-ruissellement	16
3.3	Diagramme de flux conceptuel	18
4	Données d'entrée et hypothèses du modèle	21
4.1	Eaux d'exhaures	21
4.2	Bassins et règles opérationnelles de pompage	21
4.3	Besoins en eau de l'usine de traitement du minerai	23
4.4	Incertitudes et limites du modèle	25
5	Résultats du bilan hydrique	27
5.1	Simulations d'ensembles de données climatiques futures	27
5.1.1	Simulations probabilistes	27
5.1.2	Demande et approvisionnement d'eau de l'usine de traitement du minerai	29
5.1.3	Afflux aux usines de traitement des eaux	29
5.1.4	Rejet d'effluents vers l'environnement	32
5.1.5	Résumé des résultats des bassins	34
5.2	Simulations déterministes	38
6	Conclusion	43
	Références bibliographiques	45



TABLE DES MATIÈRES (suite)

Tableaux

Tableau 1	Statistiques combinées extrêmes sur les précipitations et la fonte des neiges pour différentes durées et périodes de retour (mm) (WSP Golder, 2022b)	4
Tableau 2	Statistiques sur les précipitations extrêmes pour différentes durées et périodes de retour (mm)	4
Tableau 3	Description des événements de conception et majoration pour changement climatique.....	6
Tableau 4	Planification et phasage des activités de la mine pour le bilan hydrique Windfall	9
Tableau 5	Zonage du PAR pour le bilan hydrique de Windfall	10
Tableau 6	Zone de restauration envisagée du PAR pour le bilan hydrique de Windfall.....	10
Tableau 7	Paramètres de la fonte des neiges	16
Tableau 8	Paramètres de ruissellement utilisés dans le modèle GoldSim	17
Tableau 9	Résumé des débits de dénoyage totaux estimés pour la durée des activités de la mine	21
Tableau 10	Règles de pompage des bassins	22
Tableau 11	Courbe de pompe du bassin D	23
Tableau 12	Descriptions des différentes conditions durant la phase d'exploitation de la mine.	24
Tableau 13	Paramètres d'exploitation minière*	24
Tableau 14	Eau industrielle requise et excès d'eau	24
Tableau 15	Débits mensuels moyens et maximaux estimés vers les UTE d'après 60 réalisations en conditions climatiques futures.....	32
Tableau 16	Taux mensuels moyens et maximaux de rejet d'effluents dans l'environnement, basés sur 60 réalisations en conditions climatiques futures.	33
Tableau 17	Volume annuel de rejets d'effluent vers l'environnement, basé sur 60 réalisations en conditions climatiques futures (M-m ³).....	33
Tableau 18	Volume maximal dans les bassins, basé sur 60 réalisations en conditions climatiques futures (en m ³).	34
Tableau 19	Volume maximal dans les bassins (en m ³) pour les événements de conception	38

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Figures

Figure 1	Zones du parc à résidus (PAR)	10
Figure 2	Événement de conception d'une récurrence de 100 ans sur un scénario climatique moyen	14
Figure 3	Événement de conception d'une récurrence de 2 000 ans sur un scénario climatique moyen	15
Figure 4	Schéma du modèle pluie-ruissellement.....	16
Figure 5	Diagramme général de gestion de l'eau - Phase 1	19
Figure 6	Diagramme général de gestion de l'eau-Phase 2	20
Figure 7	Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte quotidiennes des neiges d'après 60 années de données climatiques historiques	28
Figure 8	Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte des neiges mensuelles d'après 60 années de données climatiques historiques	28
Figure 9	Demande et approvisionnement en eau de l'usine de traitement du minerai – basé sur 60 scénarios climatiques futurs	29
Figure 10	Apports mensuels moyens pour l'UTE Métaux – 60 scénarios climatiques futurs projetés	30
Figure 11	Apports mensuels moyens pour l'UTE Biologique – 60 scénarios climatiques futurs projetés	30
Figure 12	Apports mensuels moyens pour l'UTE MES/Géotubes – 60 scénarios climatiques futurs prévus	31
Figure 13	Apports mensuels moyens à l'UTE MES UG - 60 scénarios climatiques futurs projetés	31
Figure 14	Volume d'eau de contact dans le bassin PAR1 - Basé sur 60 réalisations	35
Figure 15	Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR1 - Basé sur 60 réalisations.....	35
Figure 16	Volume d'eau de contact dans le bassin PAR2 - Basé sur 60 réalisations	36
Figure 17	Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR2 - Basé sur 60 réalisations.....	36
Figure 18	Volume d'eau de contact dans le bassin D - Basé sur 60 réalisations	37
Figure 19	Élévation d'eau de contact dans le bassin D - Basé sur 60 réalisations	37
Figure 20	Volume d'eau de contact dans le bassin PAR1 pendant les évènements de conception	39

Figure 21	Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR1 pendant les évènements de conception.....	39
Figure 22	Volume d'eau de contact dans le bassin PAR2 pendant les évènements de conception	40
Figure 23	Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR2 pendant les évènements de conception.....	40
Figure 24	Volume d'eau de contact dans le bassin D pendant les évènements de conception	41
Figure 25	Élévation d'eau de contact dans le bassin D pendant les évènements de conception	41

Annexes

A	Plan des infrastructures de surface
B	Bassins versants
C	Diagrammes de flux
D	Volume journalier maximal pour les 60 réalisations

1 Introduction

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

Le projet de mine d'or Windfall (ci-après le « Projet ») se situe dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur le territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le Projet comprend une installation de gestion des résidus d'une capacité totale de 9,0 millions de tonnes (Mt) de résidus miniers, une mine souterraine, une halde à stériles d'une capacité de 9,11 Mt, une halde à minerai et une halde à mort-terrain.

Les résidus miniers seront produits à un taux nominal d'environ 3 400 tonnes par jour (tpj) au cours de la durée de vie de la mine (10 ans). Environ 60 % des résidus générés par le traitement des matériaux minéralisés seront filtrés et dirigés vers le parc à résidus miniers (PAR) situé au nord-est de l'usine de filtration, tandis que le reste sera renvoyé sous terre, sous forme de matériau de remblai en pâte. Le plan présenté à l'annexe A montre la disposition générale du site pendant l'exploitation.

WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée par Gold Fields pour réaliser diverses études pour le développement du projet minier. Le présent rapport fait partie intégrante du mandat de planification de la gestion globale des eaux du futur site minier qui inclut, notamment :

- la conception hydraulique des infrastructures de gestion de l'eau du site selon les événements de conception (WSP, 2025a);
- une analyse de la qualité d'eau pour les différents systèmes de traitement et l'effluent (WSP, 2025b);
- **un bilan hydrique à l'échelle du site sur toute la durée de vie de la mine.**

Le mandat du présent rapport couvre uniquement le bilan hydrique à l'échelle du site pour les phases d'exploitation de la mine. Ces trois volets vont toutefois de pair les uns avec les autres puisqu'ils sont interdépendants.

Le présent rapport fournit un résumé des hypothèses générales, du cadre du modèle et des principaux résultats découlant du modèle de bilan hydrique à l'échelle du site élaboré pour le site du Projet.

Le présent document doit être lu avec l'énoncé des limites de l'étude qui précède le texte et fait partie intégrante du présent document.

2 Climat

2.1 Aperçu du climat actuel

La station Chapais 2 (ID 7091305) est prise comme station climatique historique de base pour représenter le site, car elle contient une longue période d'enregistrement, est relativement proche du site et a une altitude relativement similaire. Le reste des stations climatiques régionales entourant Chapais sont utilisées pour combler les données manquantes et étendre Chapais 2, ce qui permet d'obtenir une période d'enregistrement qui couvre les années 1962 à 2021 (60 ans). La disponibilité des données historiques climatiques de la station Chapais 2 est relativement bonne. Toutefois, certaines années possèdent un manque de données important (c.-à-d. les années où les données sont disponibles sur moins de 340 jours), et d'autres un manque mineur de données (c.-à-d. une année incomplète avec plus de 340 jours de données disponibles). Afin d'obtenir une base de données continues d'environ 30 ans pour les variables des précipitations et de la température, une analyse (ERA5) du Centre européen des prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT) est utilisée pour le remplissage et l'extension des données climatiques, tel que présenté dans WSP Golder (2022b).

Selon les données historiques, janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de $-18,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ et juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. La température minimale extrême de l'air a été enregistrée à $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$ en janvier 2014, et la température maximale extrême de l'air a été enregistrée à $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en août 1975.

Les précipitations annuelles totales moyennes au cours de la période de référence sont évaluées à 980 mm, juillet étant le mois le plus humide (121,0 mm) et février étant le plus sec (42,3 mm), en moyenne. Les précipitations annuelles moyennes sont basées sur l'année civile. L'année 1996 est choisie pour représenter la condition climatique moyenne en fonction des précipitations annuelles totales de 980 mm. Cette année climatique moyenne est utilisée en combinaison avec les conditions de l'événement de conception dans le modèle de bilan hydrique (section 3.2.1).

L'évapotranspiration potentielle est estimée à l'aide de l'équation de Hargreaves qui utilise les températures minimales et maximales quotidiennes comme intrants (Hargreaves et Samani, 1985). La moyenne annuelle de l'évapotranspiration potentielle totale est estimée à 647 mm, ce qui est inférieur aux précipitations totales moyennes annuelles de 980 mm d'après l'évaporation mesurée à la station d'Amos (ID 7090120). Cela indique que l'évapotranspiration potentielle peut être proche de l'évapotranspiration réelle pendant la majeure partie de l'année, car les limites d'humidité ne se produiraient généralement pas.

Les tableaux 1 et 2 présentent respectivement les statistiques des événements extrêmes combinés liés aux précipitations et à la fonte des neiges, et celles des précipitations extrêmes seules, en fonction de différentes durées et périodes de retour.

Les événements climatiques extrêmes utilisés dans la conception hydrotechnique des infrastructures de gestion de l'eau sont résumés à la section 2.3.

Tableau 1 Statistiques combinées extrêmes sur les précipitations et la fonte des neiges pour différentes durées et périodes de retour (mm) (WSP Golder, 2022b)

Durée (jours)	Période de retour (années)										
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	2000	5000
1	34,9	43,1	48,5	55,4	60,5	65,5	70,5	77,2	82,2	87,2	93,8
2	52,0	62,9	70,1	79,2	86,0	92,7	99,4	108,2	114,9	121,6	130,4
3	67,0	80,7	89,8	101,2	109,7	118,2	126,6	137,7	146,1	154,5	165,6
4	80,5	96,8	107,5	121,2	131,3	141,3	151,3	164,4	174,4	184,4	197,5
5	93,3	112,6	125,3	141,5	153,4	165,3	177,1	192,7	204,5	216,3	231,9
6	103,8	127	142,4	161,8	176,2	190,5	204,7	223,5	237,7	251,9	270,7
7	115,1	140,7	157,6	179,0	194,9	210,7	226,4	247,1	262,8	278,4	299,1
10	144,1	177,5	199,6	227,6	248,4	269,0	289,5	316,6	337,0	357,5	384,5
20	212,4	257,8	288,0	326	354,2	382,3	410,2	447,0	474,9	502,7	539,5
30	257,6	315,8	354,3	402,9	439	474,9	510,6	557,7	593,3	628,9	675,9
50	327,7	397,8	444,2	502,9	546,4	589,6	632,6	689,4	732,3	775,2	831,8
75	401,9	481,3	533,9	600,4	649,7	698,6	747,4	811,7	860,3	908,9	973,1
90	450,7	532,7	587,1	655,7	706,6	757,2	807,5	874,0	924,2	974,4	1040,7
120	529,4	623,0	684,9	763,2	821,2	878,9	936,3	1012,1	1069,3	1126,6	1202,2

Tableau 2 Statistiques sur les précipitations extrêmes pour différentes durées et périodes de retour (mm)

Durée	Période de retour (années)										
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	2000	5000
1 jour	39,8	52,3	60,6	71,1	78,9	86,7	94,4	104,5	112,2	119,9	130,0
24 heures ^(a)	45,0	59,1	68,5	80,3	89,2	98,0	106,7	118,1	126,8	135,5	146,9
2 jours	50,1	65,0	74,9	87,3	96,6	105,8	114,9	127	136,1	145,2	157,3
3 jours	56,9	73,5	84,4	98,3	108,6	118,8	129,0	142,4	152,6	162,7	176,1
4 jours	61,4	78,0	89,0	102,8	113,1	123,3	133,5	147,0	157,1	167,2	180,7
5 jours	67,0	84,5	96,0	110,6	121,4	132,1	142,8	156,9	167,6	178,2	192,3
6 jours	73,3	91,7	103,9	119,3	130,8	142,1	153,4	168,3	179,6	190,9	205,8
7 jours	78,6	98,9	112,2	129,1	141,7	154,1	166,5	182,9	195,2	207,6	223,9
10 jours	92,4	114,7	129,5	148,2	162,0	175,8	189,5	207,6	221,3	234,9	253,0
20 jours	135,7	162,7	180,5	203,1	219,8	236,5	253,0	274,9	291,4	307,9	329,7
30 jours	176,0	205,8	225,6	250,6	269,1	287,5	305,8	330,0	348,3	366,6	390,7
50 jours	248,1	290,5	318,5	354,0	380,2	406,3	432,3	466,6	492,6	518,5	552,7
75 jours	336,8	389,7	424,8	469,1	502,0	534,6	567,1	610,0	642,4	674,8	717,7
90 jours	385,8	442,5	480,1	527,6	562,8	597,7	632,6	678,5	713,2	747,9	793,8
120 jours	474,9	544,6	590,8	649,1	692,4	735,3	778,1	834,6	877,2	919,9	976,3

a) Facteur de 1,13 appliqué à une durée de 1 jour pour estimer les précipitations extrêmes sur 24 heures selon les recommandations d'Hydrologie des crues au Canada (CNRC, 1990).

2.2 Considérations relatives aux changements climatiques

Les futurs changements prévus aux statistiques climatiques de référence sont élaborés pour le site en fonction de différentes projections provenant de plusieurs modèles et scénarios suivant les lignes directrices et les pratiques exemplaires les plus récentes (WSP Golder, 2022b).

L'analyse des changements climatiques est fondée sur 30 modèles climatiques mondiaux (MCG) disponibles et deux scénarios de voies socioéconomiques partagées (SSP), soit SSP2-4.5 et SSP5-8.5 (WSP Golder, 2022b). Une série temporelle a été développée par WSP Golder (2022b) à l'aide de projections climatiques. Un total de 60 séries chronologiques est généré, une pour chaque membre de l'ensemble multi-modèle fourni par la NASA (2021). Les 60 scénarios climatiques sont utilisés dans le modèle de bilan hydrique (section 3.2.1).

Les projections relatives aux changements climatiques sont résumées en fonction de l'ampleur des changements de la base de référence du régime climatique pour deux horizons temporels différents. Les horizons temporels sont les suivants :

- a) Base de référence : 1962 à 2021;
- b) Horizon des années 2050 : 2041 à 2070;
- c) Horizon des années 2080 : 2071 à 2099.

Selon le plan minier actuel, les activités minières ne s'étendent pas au-delà de 2036 et le suivi post-fermeture ne devrait pas se prolonger au-delà de 2047. Par conséquent, les infrastructures de gestion des eaux ne seront pas présentes sur le site dans les années 2080. Ainsi, les conditions de changements climatiques prévues pour les années 2050 sont utilisées pour la conception des infrastructures de gestion de l'eau du Projet.

Les projections pour l'ensemble multi-modèle sont résumées en termes de centiles, où le 50^e centile représente la valeur médiane, et les centiles élevés (c.-à-d. les 90^e et 95^e centiles) représentent les projections extrêmes pour le site. Aux fins de l'analyse des changements climatiques, le 50^e centile a été appliqué. Le scénario climatique résultant est caractérisé par les tendances suivantes :

- La température moyenne annuelle change de 2,9 °C dans les années 2050, ce qui indique une tendance à la hausse en raison des changements climatiques. Il en résulte une plage de température mensuelle moyenne de 2,3 °C à 4,6 °C.
- Les précipitations totales annuelles augmentent de 9 % dans les années 2050, ce qui indique une tendance à la hausse des précipitations sur l'échelle annuelle.
- Avec l'augmentation des températures due au changement climatique, on s'attend à ce que la capacité de rétention de l'humidité atmosphérique augmente, ce qui entraîne une plus grande ampleur des précipitations maximales probables. Dans les années 2050, la pluie maximale probable (PMP) de un jour, de deux jours et de trois jours augmente respectivement de 28 %, 19 % et 23 %.
- Les statistiques des précipitations extrêmes devraient augmenter de 3 % à 24 % d'ici les années 2050, selon les différentes durées et périodes de retour. On prévoit notamment une hausse de 22 % pour l'événement de 1 jour associé à une période de retour de 100 ans et une hausse de 24 % pour l'événement de 1 jour associé à une période de retour de 2 000 ans.

- Les changements projetés dans les statistiques de précipitations et fonte des neiges combinées varient de +3 % à +17 %, selon les durées et les périodes de retour, pour les années 2050. Un facteur de majoration de 5 % est appliqué sur l'événement de pluie et fonte, combiné d'une récurrence de 100 ans sur 30 jours.

2.3 Événements climatiques de conception

Conformément à la Directive 019 sur l'industrie minière (D019) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP, 2025), les bassins associés au PAR sont alors conçus pour être en mesure de gérer une crue de projet résultant d'une averse de pluie de récurrence de 2 000 ans et de durée 24 heures se produisant durant la fonte d'un couvert de neige de récurrence de 100 ans, fondant uniformément sur une période de 30 jours. Comme exigé par les membres de la Direction principale des eaux usées du MELCCFP lors d'une rencontre en visio-conférence le 16 mai 2025, les bassins recevant les eaux de contact de la halde à stériles doivent également être en mesure de gérer adéquatement une crue de projet résultant d'une averse de pluie de récurrence de 2 000 ans (puisque les résidus ont un potentiel acidogène [WSP, 2023]) et de durée 24 heures se produisant durant la fonte d'un couvert de neige de récurrence de 100 ans, fondant uniformément sur une période de 30 jours.

La pluie de récurrence de 2 000 ans et de durée 24 heures est de l'ordre de 135,5 mm (voir tableau 2). Le couvert de neige de récurrence de 100 ans est de 397,0 mm (WSP Golder 2022b).

Le reste des infrastructures de gestion de l'eau sur le site ne sont pas associées à des résidus miniers, comme les fossés et bassins récoltant l'eau du camp ou de la plateforme de l'usine, ou de la halde à mort-terrain (bassins B, C, J, P et CP futur [polissage]). Ces infrastructures sont conçues de façon à gérer adéquatement une crue ayant une récurrence de 100 ans. Cette crue est générée par un événement de pluie et fonte combinées d'une récurrence de 100 ans sur 30 jours. Cet événement est de l'ordre de 474,9 mm (voir tableau 1).

Les différents événements extrêmes utilisés dans le cadre de la conception hydrotechnique des infrastructures de gestion des eaux du site (WSP, 2025a) et le facteur de majoration de changement climatique correspondant sont présentés au tableau 3.

Tableau 3 Description des événements de conception et majoration pour changement climatique.

Événement	Répartition de l'événement	Quantité de pluie de l'événement (mm)	Majoration pour CC ⁽¹⁾	Quantité totale de pluie incluant CC ⁽¹⁾ (mm)
Crue annuelle de récurrence 100 ans	SCS type II, 24 h, récurrence 100 ans	98,0	22 %	119,6
Crue printanière de récurrence 100 ans	Pluie et fonte combinées d'une récurrence de 100 ans sur 30 jours	474,9	5 %	498,6
Crue de projet D019 associée à aire de rétention	SCS type II, 24 h, récurrence 2000 ans	135,5	24 %	168,0
	Fonte uniforme du couvert de neige de récurrence de 100 ans sur 30 jours	397,0	3,6 %	411,3
Crue maximale probable ⁽²⁾	SCS type II, 24 h, PMP	327,8	28 %	419,6
	Fonte uniforme du couvert de neige de récurrence de 100 ans sur 30 jours	397,0	3,6 %	411,3

(1) CC : Changements climatiques

(2) la dénomination 'crue maximale probable' a été prise pour fins de simplification pour cette analyse

3 Méthodologie du bilan hydrique

Les objectifs du modèle de bilan hydrique à l'échelle du site sont les suivants :

- a) Assurer un dimensionnement robuste des bassins pour gérer les événements de crues de conception sans débordement à l'environnement et en respectant les critères de sécurité.
- b) Déterminer les débits de pompage et les règles de gestion requis entre les différents bassins et les usines de traitement des eaux, afin d'aider à la conception de ces dernières, tout en tenant compte des contraintes liées aux types de traitements proposés et autres contraintes liées aux bassins.
- c) Estimer la quantité d'eau de contact disponible sur le site minier.
- d) Déterminer les exigences en matière de traitement de l'eau.
- e) Soutenir l'évaluation des besoins en eau des activités minières.
- f) Soutenir l'élaboration du modèle de prévision de la qualité de l'eau dans les bassins.

Un modèle détaillé du bilan hydrique à l'échelle du site est développé avec le progiciel GoldSim (version 14.0). Basé sur la simulation Monte Carlo, GoldSim permet de modéliser les performances futures tout en intégrant les incertitudes. Ce bilan hydrique évalue la quantité d'eau de contact disponible et à traiter durant toute la vie de la mine et fournit les données nécessaires au modèle de prévision de la qualité de l'eau dans les bassins (WSP, 2025b).

Le modèle prend en compte les phénomènes hydrologiques (infiltration, évaporation, ruissellement) et intègre divers scénarios climatiques, afin de tester la robustesse des règles de gestion de l'eau et d'en valider le fonctionnement sous différentes conditions. Les simulations sont réalisées avec un pas de temps journalier, ce qui permet de représenter la variation des volumes et des flux moyens quotidiens. Toutefois, ce modèle ne peut reproduire fidèlement une pluie intense de 24 heures avec des pointes sur quelques minutes.

Les événements de conception (voir tableau 3) ont été testés dans le modèle GoldSim pour valider le dimensionnement. Cependant, les résultats retenus pour le dimensionnement des bassins proviennent du modèle PCSWMM.

PCSWMM intègre à la fois les composantes hydrologiques (p. ex. bassins et sous-bassins versants) et hydrauliques (p. ex. fossés, ponceaux, bassins). Le modèle est configuré pour simuler des événements de crue avec un pas de temps d'une minute, offrant ainsi une représentation précise des variations de volumes et des débits de pointe lors d'événements ponctuels non uniformes sur 24 heures. Pour la conception des bassins et la détermination des débits de pompage, des hypothèses simplificatrices ont été retenues afin de tenir compte du caractère bref de ces phénomènes. Les détails de la conception hydraulique sont présentés dans le *Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement* (WSP, 2025a).

Les règles de pompage entre les bassins et au traitement sont donc établies conjointement avec les deux modèles, permettant ainsi d'être en mesure de gérer les crues de conception, en plus d'être fonctionnelles sur le plan des opérations journalières de la mine

La section suivante décrit la stratégie de gestion de l'eau du site ainsi que les intrants et hypothèses du modèle de bilan d'eau.

3.1 Concept et stratégie de gestion de l'eau à l'échelle du site

Le plan de gestion de l'eau du site tient compte de 19 mois de construction (ou de préproduction) (années -2 à -1), et de la durée d'exploitation de la mine de 10 ans (années 1 à 10). La conception des infrastructures de gestion de l'eau est réalisée pour deux phases d'exploitation (phases 1 et 2, tableau 4).

La stratégie de gestion de l'eau sur le site minier vise à :

- détourner le ruissellement des zones non perturbées par des canaux de dérivation, dans la mesure du possible;
- collecter le ruissellement et les exfiltrations des installations minières (eau de contact) à travers les fossés de collecte et dans les bassins pour réutilisation dans le processus minier, avec l'excédent acheminé à l'usine de traitement de l'eau avant d'être rejeté dans l'environnement;
- collecter les apports d'eau d'exhaures de la mine souterraine pour utilisation dans le processus d'exploitation minière, avec l'excédent transporté à l'usine de traitement de l'eau avant le rejet dans l'environnement.

Les types d'eau pris en compte pour ce projet sont :

- Eau propre : Eau qui n'a pas été altérée physiquement ou chimiquement par les activités du Projet. Cette eau est généralement détournée dans la mesure du possible et autorisée à se déverser directement dans le milieu récepteur.
- Eau de contact : Eau qui peut être altérée physiquement ou chimiquement par les activités du projet. Sur le site minier, les eaux de contact sont divisées en deux sous-catégories, selon leur qualité :
 - On suppose que l'eau de contact de la terre végétale et de la halde à mort-terrain et le ruissellement du camp, des plates-formes d'usines de traitement et des routes de transport ne nécessitent que de la sédimentation avant de se déverser dans l'environnement.
 - L'eau de contact du reste des installations minières (c.-à-d. le PAR, la halde à stériles et la halde à minerai) nécessite généralement un traitement supplémentaire à la sédimentation, avant le rejet dans l'environnement.
- L'eau traitée : Est définie comme l'eau qui a subi un traitement pour les métaux, le cyanure (CN), les espèces azotées ou les matières en suspension (MES), ou toute combinaison de ceux-ci, avant d'être rejetée dans l'environnement.

Le ruissellement et les exfiltrations provenant de différentes aires du site minier et les eaux d'exhaures seront recueillis séparément en fonction de la qualité de l'eau, dans la mesure du possible. Des usines de traitement des eaux (UTE) traiteront les eaux de contact avant qu'elles soient retournées à l'environnement, avec un bassin de polissage (bassin CP) en aval pour améliorer la qualité de l'eau et permettre la surveillance. Les différentes UTE sur le site sont les suivantes :

- UTE UG;
- UTE CN / Métaux;
- UTE Biologique;
- UTE MES / Géotubes.

Les différentes phases du projet, utilisées pour élaborer le plan de gestion de l'eau, sont présentées dans la sous-section suivante et résumées au tableau 4.

Tableau 4 Planification et phasage des activités de la mine pour le bilan hydrique Windfall

Phase ID	Années	Activité minière	Gestion des résidus
Construction	Années -2 à -1	Construction d'infrastructures de surface (plate-forme, routes, bassins). Aménagement souterrain et dénoyage; Déposition limitée de stériles dans la halde à stériles existante.	La production de résidus filtrés pour déposition au PAR commence progressivement.
Exploitation - Phase 1	Années 1 à 3	Extraction souterraine et traitement du minerai à la capacité nominale de l'usine. PAR zone 1A en service. Vers la fin de la phase 1, préparation de la zone PAR 1B, construction d'infrastructures de surface supplémentaires (fossés et bassin F), extension de la halde à stériles pour préparer la phase 2.	Résidus filtrés au PAR et remblai en pâte souterrain.
Exploitation - Phase 2	Années 4 à 10	Extraction souterraine et traitement du minerai à la capacité nominale de l'usine. Prolongement du PAR (zone 1C, 1D, 2 et 3 (voir tableau 5 et figure 1). Bassin F opérationnel.	Résidus filtrés au PAR et remblai en pâte souterrain.
Fermeture progressive	-	Il a été supposé que la construction de couvertures au-dessus des zones/sous-zones du PAR était terminée six mois après le début de l'utilisation de la zone/sous-zone suivante du PAR (voir tableau 6 et figure 1).	Résidus filtrés au PAR et remblai en pâte souterrain.
Fermeture - Transition	Années 10 et 11:	Il a été supposé que le dénoyage souterrain s'arrêterait à la fin de cette période. Activités de fermeture (construction des recouvrements au-dessus des haldes et du PAR, démantèlement des infrastructures et réhabilitation des surfaces).	Aucun résidu généré.
Fermeture active	Années 11 et suivantes (durée inconnue). Les dates de début et de fin de la fermeture active peuvent varier par infrastructure selon la date effective à laquelle l'infrastructure est effectivement restaurée et collecte des eaux respectant les critères de rejet à l'environnement, respectivement.	La surveillance de la qualité de l'eau, le pompage des bassins qui ne seront pas démantelés et le traitement de l'eau seront les seules activités qui resteront pendant cette phase. Les bassins qui collecteront des eaux de qualité respectant les critères de rejet à l'environnement seront démantelés progressivement durant cette phase (à l'exception du bassin de polissage qui restera en place jusqu'à la fin de cette phase).	Aucun résidu généré.
Fermeture passive	À partir de la fin de la fermeture active. Durée de 5 à 20 ans minimum.	La surveillance de la qualité de l'eau dans le milieu naturel (au droit des zones d'écoulement en provenance du site minier restauré) sera la seule activité qui restera au cours de cette phase.	Aucun résidu généré.

Tableau 5 Zonage du PAR pour le bilan hydrique de Windfall

Sous-zone du PAR	Période de déposition de résidus	Zone de déposition active (m ²)	Empreinte du PAR cumulée (m ²)
Sous-zone 1A	L'année 1 à l'année 2	101 600	101 600
Sous-zone 1B	L'année 2 à l'année 4	98 727	163 370
Sous-zone 1C	L'année 4 à l'année 5	88 529	210 780
Sous-zone 1D	L'année 5 à l'année 6	59 567	240 060
Zone 2	L'année 6 à l'année 9	122 511	362 570
Zone 3	L'année 9 à l'année 10 + contingence	103 052	465 630

Tableau 6 Zone de restauration envisagée du PAR pour le bilan hydrique de Windfall

Zone de restauration envisagée (m ²)	Date de restauration envisagée
64 650	Année 3
122 250	Année 4
175 550 (85 % of PAR Zone 1)	Année 5
240 060	Année 6
362 570	Année 9
465 630	Année 10

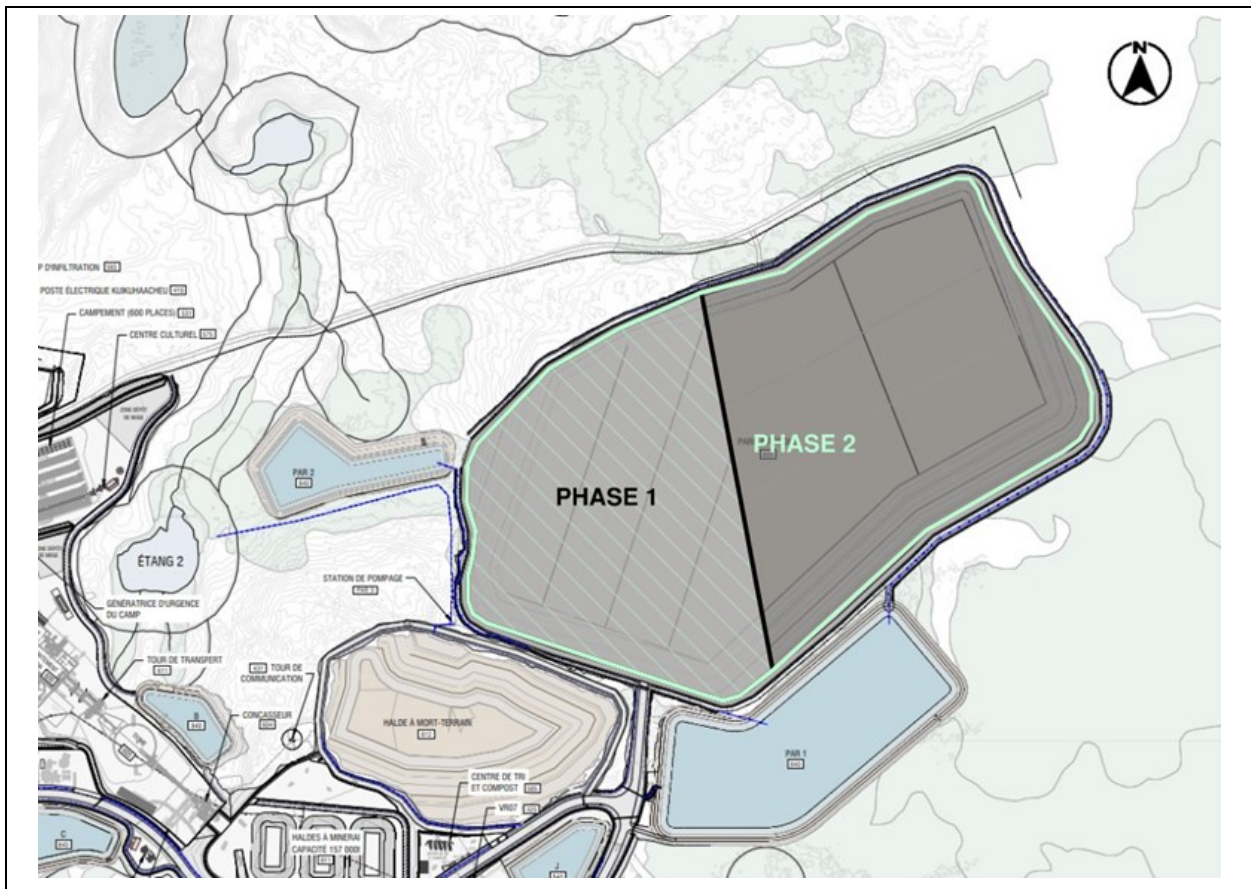


Figure 1 Zones du parc à résidus (PAR)

3.1.1 Phase d'exploitation

Les stratégies et structures de gestion de l'eau suivantes sont considérées pendant l'exploitation pour atteindre les objectifs de gestion de l'eau :

- a) L'eau qui est en contact avec la halde à stériles (c.-à-d. les bassins A, E, F) sera recueillie et dirigée vers l'UTE CN/Métaux via le bassin du PAR 1 dans la phase 1. Durant la phase 2, le bassin F transitera par le bassin E avant d'être dirigé vers l'UTE CN/Métaux via le bassin D. Le ruissellement de la halde à minerai sera recueilli directement dans le bassin D.
L'eau provenant de la halde à mort-terrain (bassin J) et de la zone industrielle qui comprend les plates-formes du concasseur, de l'usine de traitement d'eau, des routes, etc. (bassins B, C et P) sera recueillie dans des fossés et traitée avant d'être pompée dans le bassin de polissage et rejetée dans l'environnement. L'eau des bassins B, P et J transitera par le bassin C afin d'avoir une seule ligne de pompage se rapportant au traitement. Pour optimiser les bassins et les capacités de traitement, l'eau de ces bassins (bassins B, C, P et J) sera pompée vers le traitement avec les priorités suivantes :
 - UTE CN/Métaux;
 - UTE MES/Géotubes.
- b) Les bassins du PAR seront construits pour recueillir le ruissellement et l'exfiltration des résidus déposés. L'eau recueillie dans les bassins du PAR sera pompée vers l'UTE Métaux avant d'être envoyée vers l'UTE Biologique (via le bassin D durant la phase 1), et ensuite pompée vers le bassin de polissage avant d'être rejetée à l'environnement.
- c) Des canaux de dérivation de l'eau propre seront construits, au besoin, autour des installations minières pour intercepter et détourner le ruissellement des zones non perturbées sur l'ensemble du site minier.
- d) Le bassin D alimentera l'UTE Biologique dans la phase 1 et l'UTE Métaux dans la phase 2 et fournira l'eau d'appoint à l'usine de traitement du minerai dans les phases 1 et 2.
- e) Les bassins seront situés à des points bas topographiques autour des installations minières, où le ruissellement et les exfiltrations des installations seront acheminés par gravité à travers le réseau de fossés de collecte des eaux de contact.
- f) Les UTE permettront de traiter les eaux de contact avant un rejet vers l'environnement. Un bassin de polissage (bassin CP) en aval des UTE sera construit pour améliorer davantage la qualité de l'eau et pour permettre la surveillance, fournissant un point de contrôle final avant le rejet.
- g) Les apports d'eau d'exhaures à la mine souterraine seront recueillis et pompés à l'UTE UG pour être utilisés pour l'exploitation souterraine. Les excès d'eau traitée seront rejetés dans l'environnement après un traitement ultérieur.
- Les structures de gestion de l'eau existantes seront intégrées au nouveau système. Elles comprennent les fossés périphériques autour de la halde à stériles existante et les bassins (CP et A) qui lui sont associés, ainsi que les autres infrastructures pour le programme d'échantillonnage en vrac (bassins D et P) et l'UTE Géotubes (WSP, 2025c);

Toutes les structures de gestion des eaux de contact ont été conçues avec un système de revêtement géosynthétique pour limiter l'infiltration d'eau dans le sol ou l'infiltration d'eau à travers les matériaux de remplissage (p. ex. digue, berme), afin de protéger le milieu récepteur. Les structures de gestion de l'eau peuvent évoluer tout au long de la phase d'exploitation après le développement de l'empreinte des installations minières. L'annexe A présente une vue en plan des infrastructures minières prévues sur le site.

3.1.2 Phase de fermeture

Au cours de cette phase, toutes les zones touchées par l'exploitation minière (p. ex. les sites de construction, les PAR, les haldes à stériles et les surfaces et accotements des routes) seront revégétalisées afin de contrôler l'érosion et de ramener le site à une apparence naturelle intégrée dans le paysage environnant. La conception de l'infrastructure de gestion de l'eau variera en fonction de la configuration de fermeture et des concepts pour les infrastructures de surface de la mine telles que le PAR, les haldes, les bassins, le site de l'usine et d'autres infrastructures. Les concepts généraux de fermeture des infrastructures de surface de la mine comprennent ce qui suit :

- restauration des zones touchées par la mine (haldes à stériles et zones d'installation);
- démantèlement des bassins en remblai et des structures de transport d'eau, une fois que les activités de fermeture et de restauration seront suffisantes.

La fermeture s'échelonnera dans le temps selon le phasage suivant :

- **Fermeture progressive (en cours d'exploitation)** : Il est supposé que la construction des couvertures au-dessus des zones/sous-zones du PAR commencera durant la construction de la prochaine zone du PAR (tableau 5).
- **Fermeture-transition (post-exploitation)** : Phase après l'exploitation, où les activités de construction relatives à la fermeture, au démantèlement de certaines structures civiles et à la restauration auront lieu.
- **Fermeture active (post-restauration)** : Phase suivant les travaux de fermeture au cours de laquelle les efforts seront axés sur la surveillance, le pompage, le traitement des eaux et l'entretien au besoin.
- **Fermeture passive (post-restauration)** : La surveillance de la qualité de l'eau sera la seule activité qui demeurera au cours de cette phase.

3.2 Description du modèle de bilan hydrique

Le modèle de bilan hydrique suit les débits entrants et sortants entre les diverses installations minières et structures de gestion de l'eau. Les volumes d'eau stockés dans les installations minières et les structures de confinement de l'eau sont estimés en fonction de la différence entre les entrées et les sorties. Le modèle est configuré pour fonctionner sur un pas de temps journalier, ce qui signifie que les entrées, les sorties et les changements de stockage sont estimés pour chaque jour de la période de simulation. La période de simulation s'étend du début de l'exploitation jusqu'à la fermeture active du projet.

Le bilan hydrique comprend trois modules hydrologiques principaux (sous-modèles) utilisés pour estimer les flux :

1. module sur le climat;
2. module du couvert de neige;
3. module de transformation pluie-ruissellement.

Ces modules fournissent les estimations du débit de ruissellement et d'infiltration pour les composantes du modèle à l'échelle du site. Le drainage et l'infiltration des précipitations au-dessus des installations minières sont estimés en fonction des caractéristiques climatiques disponibles (sections 2.0 et 3.2.1) et des précipitations et des coefficients de ruissellement présumés (section 3.2.3).

Les données d'entrée préliminaires du modèle, les paramètres et les détails propres au site qui constituent la base du modèle de bilan hydrique sont présentés aux sous-sections suivantes.

3.2.1 Module sur le climat

Le module sur le climat alimente le bilan hydrique en fournissant des profondeurs de précipitations, une température quotidienne moyenne et une évapotranspiration quotidienne basée sur la station climatique Chapais 2 (section 2.0). Le bilan hydrique est créé pour permettre la simulation d'une série d'options de conditions climatiques, en utilisant à la fois des approches de simulation déterministe et probabiliste, qui sont décrites dans cette section.

Les simulations probabilistes et déterministes fournissent des résultats qui sont utiles pour soutenir l'élaboration du taux de traitement de l'eau sur le site du projet et pour vérifier le dimensionnement des structures de gestion de l'eau. Par conséquent, les deux types de simulation sont inclus dans le bilan hydrique et présentés dans ce rapport.

Simulations probabilistes

La simulation probabiliste permet d'évaluer un large éventail de données climatiques pour chaque pas de temps et permet d'évaluer les résultats du bilan hydrique en fonction de la probabilité d'occurrence. Ces résultats sont appropriés pour éclairer la sélection des débits de conception pour les structures de gestion de l'eau, en adoptant une approche fondée sur les risques (probabilité d'occurrence) et pour déterminer les exigences en matière de débit de traitement de l'eau.

Des simulations probabilistes ont été utilisées pour exécuter plusieurs séries chronologiques climatiques sur la durée de vie de la mine, afin de présenter des résultats statistiques et de fournir l'éventail des conditions auxquelles on peut s'attendre dans une installation minière ou une structure de gestion de l'eau particulière.

Les résultats probabilistes sont fondés sur 60 scénarios climatiques projetés (section 2.2), chacun représentant une réalisation. Les résultats du modèle probabiliste pour chaque élément du modèle et pour chaque réalisation ont été rassemblés en une distribution de probabilité représentant la probabilité de dépassement d'un résultat spécifique. À titre d'exemple, une série chronologique quotidienne représentant le volume du 95^e centile pour un bassin de stockage spécifique représente le volume dans le bassin qui a une probabilité de dépassement de 5 % chaque jour.

Les résultats probabilistes représentent une synthèse de flux ou de volumes potentiels qui peuvent se produire à un élément du modèle et à un pas de temps spécifique. Les résultats pour un pas de temps spécifique ne reflètent pas une condition (ou un événement) climatique spécifique à ce pas de temps, mais plutôt une évaluation probabiliste de l'ensemble des résultats des 60 réalisations du modèle à ce pas de temps.

Les résultats statistiques récapitulatifs sont présentés pour les valeurs minimales, moyennes et maximales de la série temporelle sur l'ensemble des 60 réalisations.

Simulations déterministes

Les simulations déterministes comprennent une séquence climatique sélectionnée pour toute la période de la simulation (durée des activités de la mine). En tant que telle, la simulation déterministe est adaptée pour évaluer les effets sur le système de gestion de l'eau de conditions climatiques spécifiques ou de séquences climatiques historiques connues.

Deux scénarios déterministes sont présentés ici pour tester la résilience du système de gestion de l'eau pour deux conditions d'évènement de conception spécifiques, basées sur les critères de la D019. Ces évènements sont superposés à l'année climatique moyenne historique sélectionnée (section 2.1). Les deux évènements de conception sélectionnés sont les suivants :

1. Un évènement de pluie sur couvert de neige d'une récurrence de 100 ans et d'une durée de 30 jours, construit en incluant les évènements de pluie + fonte de neige de 1 à 30 jours (les bassins B, C, J, P, Polissage et D dans la phase 2 [WSP, 2025a]).
2. Une pluie de 24 heures et d'une récurrence de 2 000 ans pendant la fonte d'un couvert de neige d'une récurrence de 100 ans, fondant uniformément sur une période de 30 jours (les bassins PAR1, PAR2, A, E, F et D dans la phase 1 [WSP, 2025a]).

Ces évènements sont présentés au tableau 3 de la section 2.3.

Il est supposé que chaque évènement de conception se produit de la mi-avril à la mi-mai, lorsque la température est généralement supérieure à 0 °C et que la neige commence à fondre. Trois distributions sont testées pour chaque évènement de conception, de manière à tester la sensibilité du modèle.

L'année moyenne choisie à partir de la station Chapais 2 est l'année 1996, avec 980 mm de précipitations annuelles totales, ce qui est le plus proche des précipitations totales annuelles moyennes. Les figures 2 et 3 présentent la répartition quotidienne de la pluie et de la fonte des neiges à partir d'évènements de conception d'une récurrence de 100 ans et de 2000 ans sur une année climatique moyenne, respectivement.

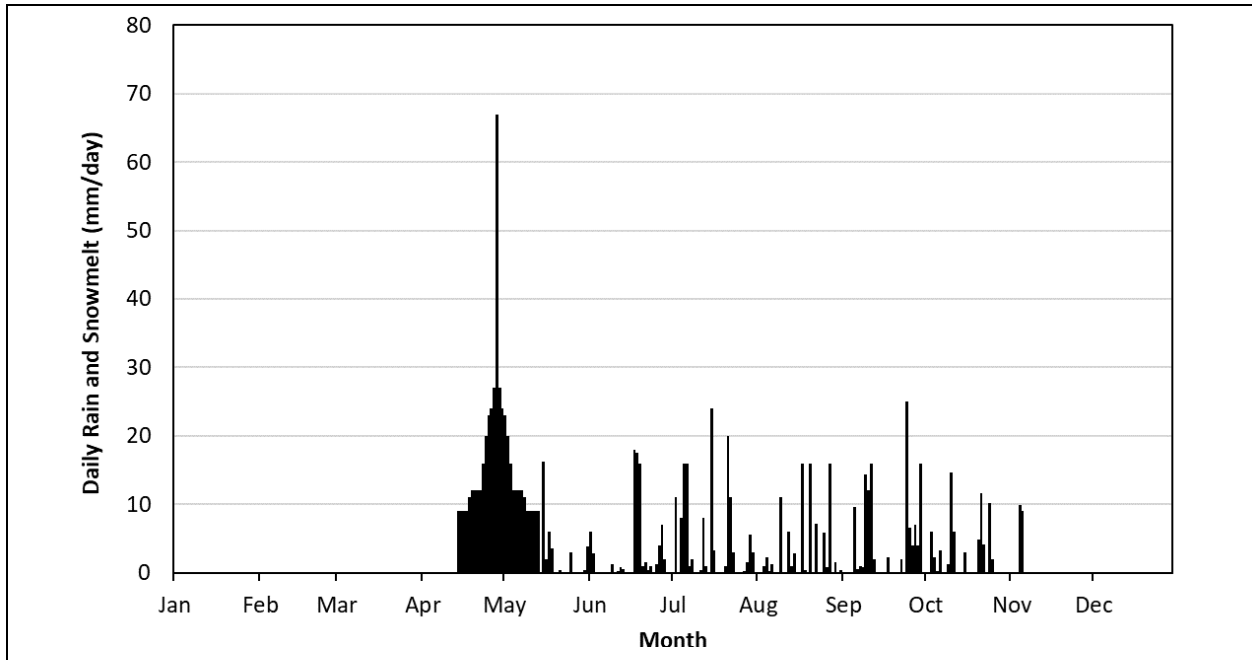


Figure 2 Événement de conception d'une récurrence de 100 ans sur un scénario climatique moyen

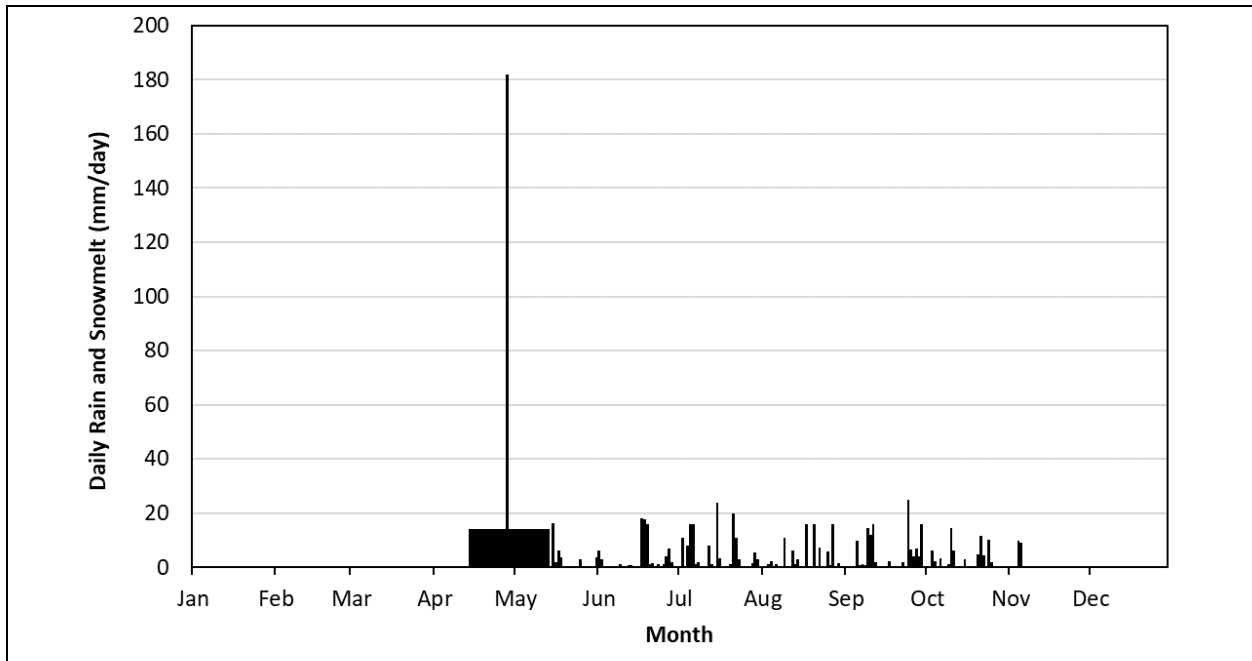


Figure 3 Événement de conception d'une récurrence de 2 000 ans sur un scénario climatique moyen

3.2.2 Module de neige

Le module du manteau neigeux utilise les séries chronologiques des précipitations et des températures fournies par le module climatique et simule l'accumulation et la fonte du manteau neigeux sur le site. Le module accumule les précipitations sous forme de neige lorsque la température moyenne de l'air est inférieure à 0 °C et la fonte de neige est simulée lorsque la température moyenne de l'air est supérieure à 0 °C. Le module suit l'équivalent en eau de la neige.

La fonte des neiges est estimée à partir du modèle présenté dans l'équation 1 (Pysklywec et al., 1968) et permet de déterminer l'équivalent en eau de la neige.

$$SM = 1,008 (1,8 \times Ta + 4,4) \left(\frac{mm}{jour} \right) \quad \text{Équation 1}$$

Où T_a est la température quotidienne moyenne de l'air en °C.

Les paramètres de la fonte des neiges utilisés dans le modèle sont fournis au tableau 7.

La formation et la fonte de la couche de glace pendant les saisons hivernales dans les bassins du site (A, B, C, E, F, J, P, PAR1, PAR2 et Polissage) sont prises en compte dans le modèle GoldSim. L'accumulation quotidienne de glace est simulée lorsque la température moyenne de l'air est inférieure à 0 °C et la fonte de la glace est simulée lorsque la température moyenne de l'air est supérieure à 0 °C. Aucune formation de glace n'est attendue dans le bassin D en raison d'apports d'eau de procédé chaude limitant la formation de glace.

Tableau 7 Paramètres de la fonte des neiges

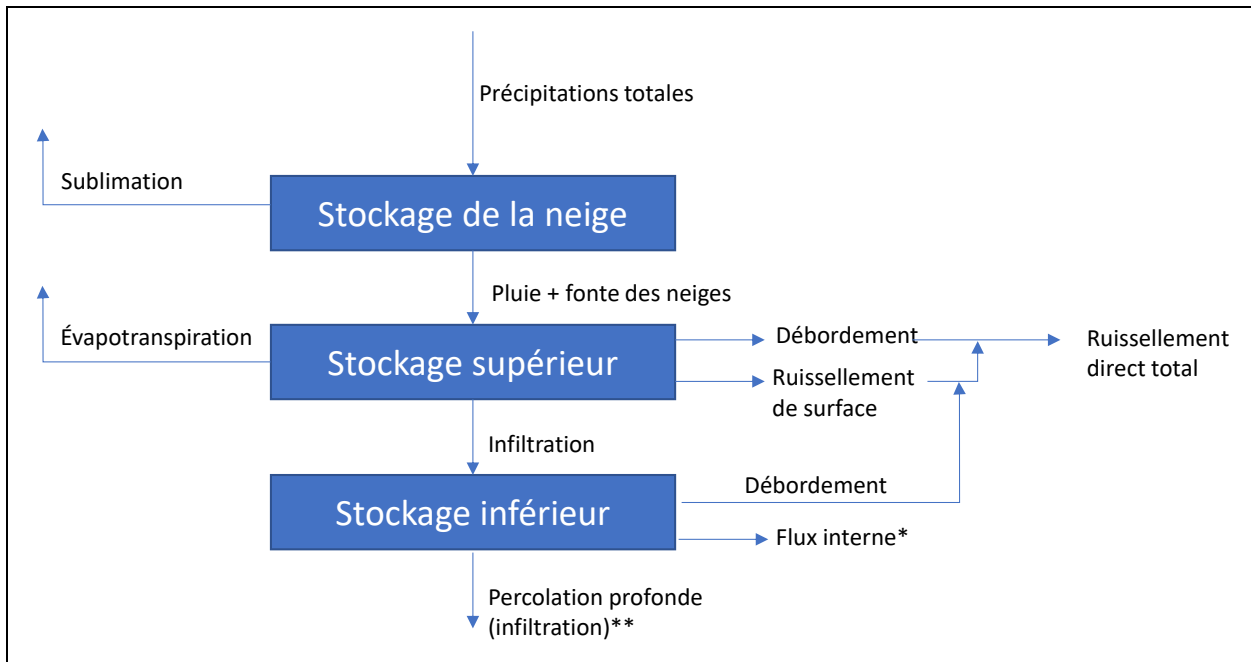
Paramètre	Identifiant GoldSim	Unité	Valeur	Hypothèse
Température moyenne	Température journalière	°C	Climat à la station Chapais 2 (Section 2.0)	Température quotidienne moyenne de l'air
Profondeur de la neige	Neige initiale	cm	0,0	Manteau neigeux initial au début de la simulation (hors hiver)
Coefficient de fonte des glaces	Coefficient de la fonte des glaces	mm/(day °C) 0.5	19,0	Un coefficient constant de fonte des glaces sur les lacs (présumé)
Seuil de neige	Température seuil neige/pluie	°C	0,0	Température seuil pour convertir le P en neige ou en pluie
Sublimation	Potentiel de sublimation moyen	mm/jour	0	Aucune perte de sublimation n'est prise en compte dans le modèle de bilan hydrique

3.2.3 Module pluie-ruisellement

Le module pluie-ruisellement utilisé dans le bilan hydrique est basé sur des procédures hydrologiques standard (Maidment, 1993). Le flux d'eau quotidien par unité de surface de captage (mm/m²) est calculé comme suit :

$$\text{Pluie} + \text{Fonte de neige} - \text{Évapotranspiration} - \Delta \text{Stockage dans le sol} = \text{Ruisellement}$$

La figure 4 fournit une représentation graphique du système du modèle GoldSim précipitations-ruisellement.



*Le ruissellement de stockage inférieur (flux interne) est sujet à résurgence. Comme mesure conservatrice, on considère que le ruissellement de stockage inférieur pénètre dans les bassins.

**La percolation profonde est considérée comme perdue dans les bassins versants non recouverts de géomembrane.

Figure 4 Schéma du modèle pluie-ruisellement

Le système de ruissellement des précipitations est composé des éléments de stockage suivants :

- Stockage de neige : Fourni par les chutes de neige et sujet à sublimation.
- Stockage supérieur : Alimenté par les chutes de neige et les précipitations et sujet à l'évapotranspiration, au ruissellement de surface et à l'infiltration dans l'entrepôt inférieur.
- Stockage inférieur : Fournis par infiltration en provenance du stockage supérieur et sujet à l'écoulement interne (c.-à-d. écoulement de base ou ruissellement du stockage inférieur) et à la percolation profonde.

Le ruissellement direct total du modèle est la somme du ruissellement de surface, du débordement en provenance du stockage supérieur et du débordement du stockage inférieur (c.-à-d. l'écoulement intercalé), qui sont présumés atteindre le système de collecte des eaux de surface. Le ruissellement du stockage inférieur (flux interne) est sujet à résurgence. À titre de mesure conservatrice, il est considéré que le ruissellement du stockage inférieur se rend dans les bassins.

L'infiltration du stockage inférieur est définie comme une percolation profonde et est considérée comme une perte dans le modèle de ruissellement de surface à partir de zones de captage non revêtis. Dans les zones alignées, on considère que l'infiltration du stockage inférieur contribue à l'infiltration totale. Les valeurs des paramètres de ruissellement utilisés dans le bilan sont fournies au tableau 8. Ces paramètres sont choisis en fonction des caractéristiques physiques des surfaces modélisées attendues sur le site et de l'expérience de WSP sur d'autres projets.

Tableau 8 Paramètres de ruissellement utilisés dans le modèle GoldSim

Paramètres	Description	Zone développée	Couvert naturel et halde à mort-terrain ⁽¹⁾	Halde à stériles et à minerai	PAR
Capacité de stockage supérieur (mm)	Indique la profondeur maximale (en millimètres) que la couche de stockage supérieure peut contenir. Le dépassement de cette valeur entraînerait un débordement, contribuant au ruissellement de surface.	60	65	100	10
Coefficient de stockage supérieur- (1/jour)	Ce paramètre représente le taux de transfert de la couche de stockage supérieure en ruissellement de surface.	0,85	0,125	0,3	0,8
Infiltration potentielle du stockage supérieur (mm/jour)	Taux d'infiltration potentielle de la couche de stockage supérieur vers la couche de stockage inférieur.	5	30	100	21.6
Capacité de stockage inférieur (mm)	Indique la profondeur maximale (en millimètres) que la couche de stockage inférieur peut contenir. Le dépassement de cette valeur entraînerait un débordement, contribuant au ruissellement de surface.	60	300	300	300
Coefficient de stockage inférieur - (1/jour)	Ce paramètre représente le taux de transfert de la couche de stockage inférieure en flux interne.	0,25	0,25	0,5	0,25
Infiltration potentielle du stockage inférieur (mm/jour)	Taux d'infiltration potentielle à partir de la couche de stockage inférieur	0,1	2	0,0002	0,0002
Potentiel d'évapotranspiration disponible (%)	Pourcentage de l'évapotranspiration potentielle.	50	100	20	50

Note : (1) Les paramètres ont été calibrés dans le cadre de l'étude de dilution de l'effluent (WSP, 2025d).

Les bassins versants inclus dans le modèle de bilan hydrique GoldSim ont été délimités dans le cadre du *Plan de gestion des eaux* (WSP, 2025a). La délimitation du bassin versant pour chaque bassin à l'étude est présentée à l'annexe B.

Le développement progressif de la halde à stériles et du PAR est pris en compte dans le modèle de bilan hydrique. D'autres installations sont modélisées en fonction de l'empreinte minière finale.

3.3 Diagramme de flux conceptuel

Au cours de la phase d'exploitation de la mine, le bilan hydrique simule la collecte et l'écoulement de l'eau sur le site du projet pour les installations et l'infrastructure suivantes :

- eau de contact provenant de matériaux minéralisés (minerai) et de stériles;
- eau de contact provenant des plates-formes et des chemins de halage;
- eau de contact du PAR;
- eau de procédé;
- eau de contact provenant de la halde à mort-terrain;
- eau d'exhaures de la mine souterraine.

Les diagrammes de flux conceptuels présentés pour chaque phase d'exploitation minière sont présentés aux figures 5 et 6. Les transferts d'eau comprennent les entrées, les sorties, les transferts internes entre l'infrastructure d'eau et les installations minières.

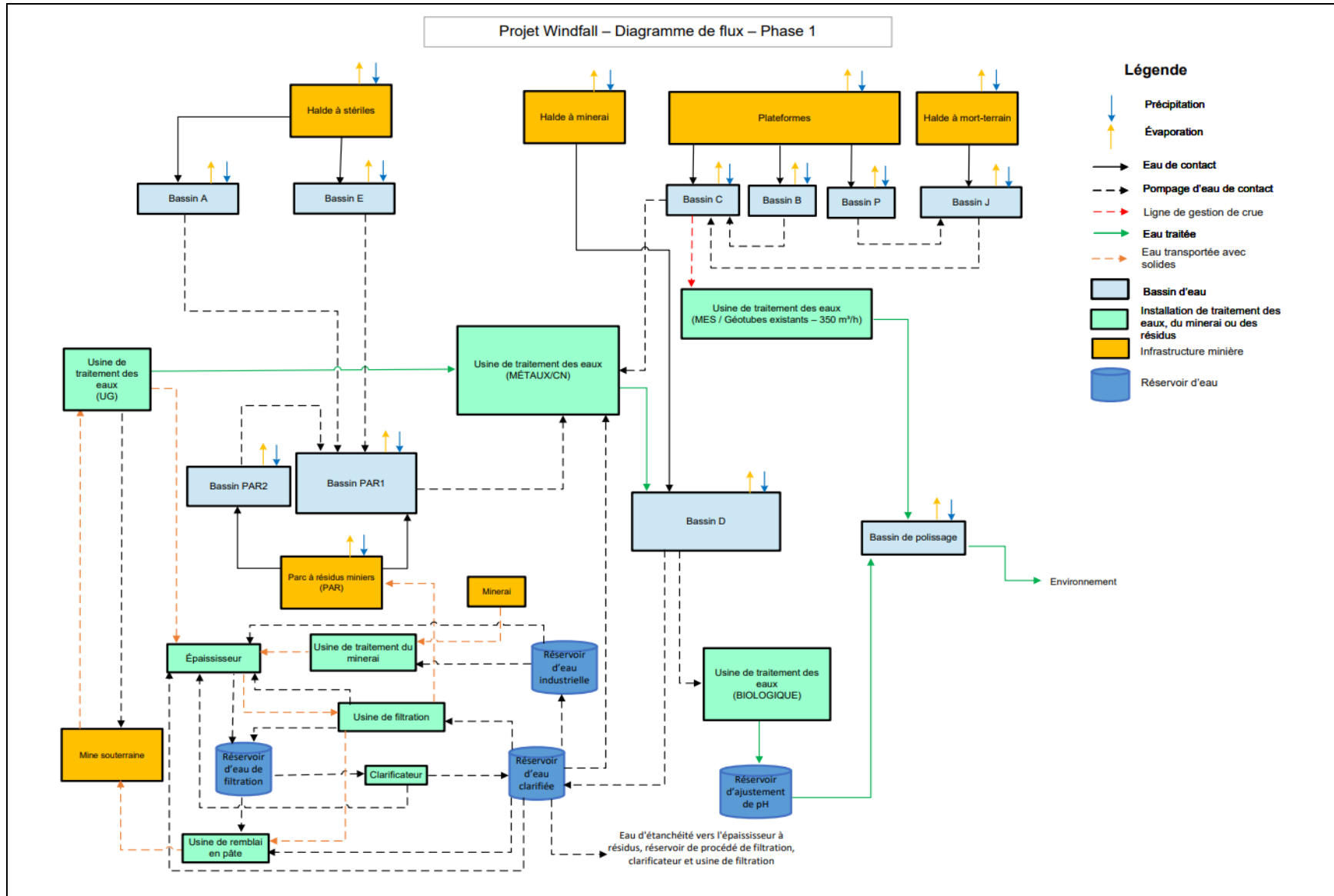


Figure 5 Diagramme général de gestion de l'eau - Phase 1

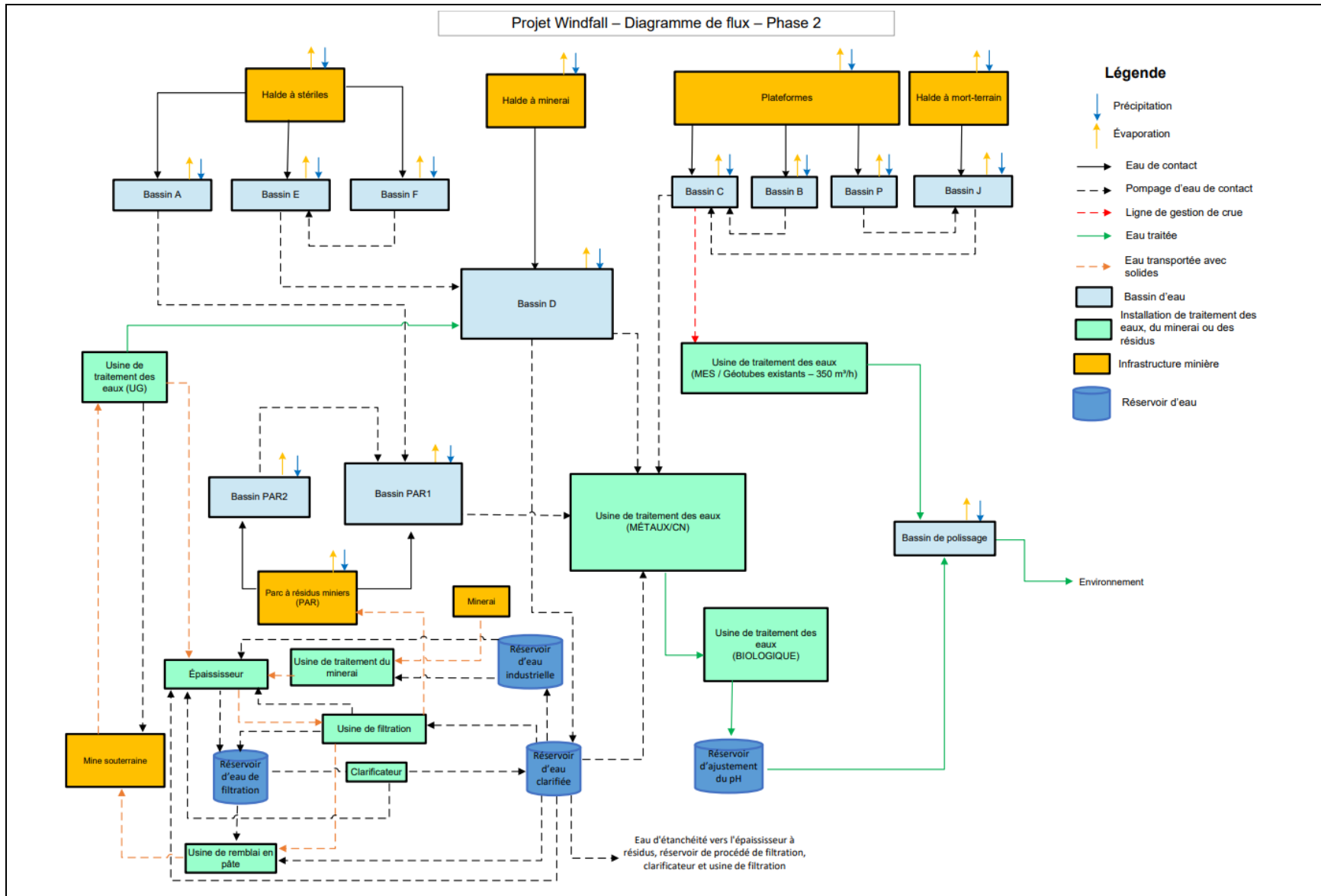


Figure 6 Diagramme général de gestion de l'eau- Phase 2

4 Données d'entrée et hypothèses du modèle

Cette section présente les intrants et les hypothèses utilisés dans le bilan hydrique.

4.1 Eaux d'exhaures

Les débits de dénoyage de la mine souterraine pendant la durée de vie de la mine sont présentés au tableau 9. Les débits sont basés sur le modèle d'écoulement des eaux souterraines élaboré pour la mine (WSP Golder, 2022c) et sur l'estimation des eaux industrielles souterraines nécessaires à l'équipement fourni par Osisko (2023).

Tableau 9 Résumé des débits de dénoyage totaux estimés pour la durée des activités de la mine

Année du projet	Phase	Taux de dénoyage total (inclus l'eau industrielle souterraine pour l'équipement) (m ³ /j)	Eaux industrielles souterraines pour l'équipement (m ³ /j)
-2	Construction	2 982	782
-1	Construction	3 886	1 324
1	Exploitation	4 474	1 549
2	Exploitation	4 758	1 582
3	Exploitation	5 040	1 585
4	Exploitation	5 344	1 631
5	Exploitation	5 572	1 652
6	Exploitation	5 789	1 618
7	Exploitation	6 005	1 645
8	Exploitation	6 185	1 615
9	Exploitation	6 069	1 359
10	Exploitation	6 069	1 359
11	Fermeture-Transition	3 533	0
12	Fermeture-Transition	2 355	0

4.2 Bassins et règles opérationnelles de pompage

Les bassins inclus dans le bilan se composent de trois bassins pour la halde à stériles (bassins A, E et F), deux bassins pour le PAR (bassins 1 et 2), un bassin pour la halde à mort-terrain (bassin J), trois bassins pour la zone industrielle (bassins B, C et P), et le bassin D qui recevra l'eau de certains autres bassins, ainsi que le ruissellement direct de la halde à minerai. L'eau du site passe par un bassin de polissage (CP) avant d'être rejetée dans l'environnement. L'eau de contact est acheminée aux UTE pour un traitement approprié afin de s'assurer que les exigences en matière de qualité de l'eau sont respectées, et elle sera pompée dans le bassin de polissage.

Un système de pompage est requis, car les contraintes du site ne permettent pas un écoulement gravitaire entre les bassins.

Les capacités de pompage ont été choisies en tenant compte de la capacité des usines de traitement. Un résumé des règles de pompage considérées dans le modèle est présenté au tableau 10.

Tableau 10 Règles de pompage des bassins

Pompe		Élévation Arrêt de la pompe (m)	Élévation Démarrage de la pompe (m)	Élévation Taux pompage maximal (m)	Taux pompage variable (m ³ /h)	Taux pompage maximal (m ³ /h)
Point de départ	Point de décharge					
Bassin A	Bassin E	401,3	401,5	402,2	50-150	1200
Bassin B	Bassin C	398,3	-	398,4	-	215
Bassin C ⁽⁵⁾	UTE CN/Métaux	402,55	-	402,65 ⁽⁴⁾	-	310
	UTE MES/Géotubes	402,55	-	402,95	-	350
Bassin E	Phase 1	403,5	-	403,6	-	1000
	Phase 2				Bassin D (Phase 2)	-
Bassin D ^(1,2)	Phase 1	398,7	-	Courbe de pompe D		
	Phase 2			UTE CN/Métaux	398,8	-
Bassin F	Bassin E	400,3	400,4	401,5	10-50	75
Bassin J	Bassin C	398,3	398,4	398,65	45-80	145
Bassin P	Bassin J	396,3	396,4	396,6	50-90	90
Bassin PAR1	UTE CN/Métaux	396,6	396,65	396,9	85-250 Phase 1 85-205 Phase 2	250 ⁽³⁾ Phase 1 205 Phase 2
Bassin PAR2 ⁽⁶⁾	Bassin PAR1	398,5	398,6	399,4	10-20	30

(1) Le taux de pompage maximal du bassin D est de 60 m³/h en été si le volume du bassin D est inférieur à 35000 m³ et aucun pompage si le volume du bassin D est inférieur à 30000 m³

(2) Aucun pompage sortant du bassin D si le volume d'eau < 10000 m³ (en période hors estivale)

(3) Pas de pompage du bassin PAR1 si élévation de l'eau du bassin D > 402,1 m dans la phase 1

(4) Pas de pompage du bassin C (vers UTE CN/Métaux) si élévation de l'eau du bassin D > 402,5 m dans la phase 1

(5) Si le pompage de C à UTE CN/Métaux est < 150 m³/h et la hauteur d'eau dans C est > 0,4 m, alors l'eau du bassin C est pompée vers UTE MES

(6) Pas de pompage du bassin PAR2 si élévation de l'eau du bassin PAR1 > 3,0 m

Plusieurs règles et seuils de pompage sont déterminés pour atteindre les objectifs du plan de gestion de l'eau et de la qualité de l'eau, qui sont de limiter le volume d'eau de contact et les charges constituantes de la qualité de l'eau au traitement pendant les périodes humides, tout en assurant une capacité suffisante dans les bassins pour les événements de conception.

En général, tous les bassins de gestion de l'eau et les installations de traitement peuvent être pompés à la capacité de pompage maximale dans le bilan hydrique. Cependant, certains bassins et installations de traitement ont une logique de pompage opérationnelle spéciale pour gérer les débits élevés et les charges constituantes de la qualité de l'eau :

- Bassin PAR1 – A une capacité de pompage maximale de 250 m³/h en phase 1 et 205 m³/h en phase 2. Cependant, le taux de pompage est régi par la capacité de traitement maximale de l'UTE Métaux. Il est supposé que l'ordre de priorité pour le pompage vers l'UTE Métaux, du plus élevé au plus bas, soit le dénoyage (phase 1), la purge (purge d'eau de procédé), le bassin du PAR 1, le bassin D (phase 2) puis le bassin C. Il n'y a pas de pompage du bassin PAR1, vers le traitement en hiver (décembre, janvier et février).

- Bassin D – A une capacité de pompage maximale de 590 m³/h dans la phase 1 et de 385 m³/h dans la phase 2. Un volume minimal d'eau, de 30 000 m³ en été et de 10 000 m³ en période hors estivale, est maintenu dans le bassin D afin d'assurer le bon fonctionnement du système d'eau de refroidissement de l'usine de traitement du minerai. Il est supposé que la capacité maximale de pompage en été soit de 60 m³/h si le volume du bassin stocké est inférieur à 35 000 m³ pour satisfaire aux critères de volume minimal pour le système d'eau de refroidissement. Ce volume minimal permet aussi de maintenir une charge minimale d'azote dans le système de traitement d'eau et d'atténuer les pics de charges provenant de l'eau de procédé et du bassin PAR1 dans la phase 2. La période estivale débute à partir du mois de mai, une fois le couvert de neige fondu, et se termine à la fin du mois de septembre.
- Unités de traitement - Le taux de pompage maximal vers l'UTE Métaux et vers l'UTE Biologique est de 590 m³/h. Le taux de pompage maximal vers l'UTE MES/Géotubes est de 350 m³/h. Il est supposé que l'ordre de priorité pour le pompage vers l'UTE Métaux, du plus élevé au plus bas est :
 - Phase 1 : Le dénoyage de la mine, la purge (purge d'eau de procédé), le pompage du bassin PAR1 et le pompage du bassin C.
 - Phase 2 : La purge (purge d'eau de procédé), le pompage du bassin D, le pompage du bassin PAR1 et le pompage du bassin C.

Le tableau 11 présente la courbe de pompe utilisée pour le bassin D durant la phase 1 dans le modèle bilan d'eau (WSP, 2024a).

Tableau 11 Courbe de pompe du bassin D

Élévation d'eau du bassin (m)	Débit (m ³ /h)
398,36	230
398,52	300
398,66	350
398,82	400
399,00	450
399,20	500
399,42	550
399,66	600

4.3 Besoins en eau de l'usine de traitement du minerai

Il est supposé que la demande d'eau de l'usine de traitement du minerai est satisfaite principalement par l'eau extraite de l'usine de filtration (réservoir d'eau clarifiée) tout au long de la durée de vie de la mine. Le reste de la demande en eau de l'usine de traitement du minerai provient du bassin D, qui reçoit les eaux de surface des installations minières (PAR dans la phase 1, halde à stériles et halde à minerai) et du dénoyage souterrain de la mine.

Il est supposé que toute quantité d'eau de mine dépassant la demande de l'usine de traitement du minerai est envoyée aux UTE appropriées et au bassin de polissage, avant d'être déversée dans l'environnement.

Le modèle de bilan hydrique tient compte de tous les flux de résidus, du remblai de pâte et des résidus filtrés. L'eau contenue dans les divers flux de résidus est estimée en fonction du taux de production des résidus et des caractéristiques des différents matériaux de résidus.

Le ressuage des résidus filtrés et des résidus en pâte n'est généralement pas significatif. Dans le modèle de bilan hydrique, il est supposé que le volume d'eau dans les résidus filtrés dans le PAR reste piégé dans le matériau des résidus. Le ressuage du remblai en pâte dans la mine souterraine a été estimé à partir d'essais géotechniques effectués sur les matériaux de remblai de pâte (WSP Golder, 2022a).

Il a été supposé qu'une moyenne de 25 m³/h de purge d'eau de procédé est envoyée à l'UTE Métaux tout au long de l'année, sauf pendant la crue et lorsque le bassin D et le bassin PAR1 sont à leur capacité maximale au cours de la phase 2.

Le bilan hydrique varie selon les conditions d'opération (production ou arrêts), présentées au tableau 12.

Tableau 12 Descriptions des différentes conditions durant la phase d'exploitation de la mine.

Scénario	Définitions	Ratio d'exploitation (heures par mois) ⁽¹⁾
Scénario 1	Opérations complètes. Usine de traitement du minerai active. Usine de filtration et usine de remblai en pâte actives. Le remblai en pâte fonctionne 40 % du temps lorsque l'usine de traitement du minerai est en opération.	269
Scénario 2	Opérations sans remblai. Usine de traitement du minerai active. Usine de remblai en pâte à l'arrêt et usine de filtration active (60 % du temps lorsque l'usine de traitement du minerai est active).	403
Scénario 3	Arrêt complet. Usine de traitement du minerai, usine de filtration et usine de remblai en pâte à l'arrêt.	29,0
Scénario 4	Arrêt partiel avec remblai actif. Usine de traitement du minerai et usine de filtration à l'arrêt. Usine de remblai en pâte active.	29,0

Remarque :

(1) fourni par Osisko le 15 juin 2022.

Le tableau 13 présente les caractéristiques des divers types de résidus produits et des apports d'eau souterraine pris en compte dans le bilan hydrique. Le tableau 14 présente l'eau industrielle et l'excès d'eau considérés dans le bilan pour différents scénarios.

Tableau 13 Paramètres d'exploitation minière*

Paramètre	Valeur	Référence
Densité des solides	2,8 t/m ³	WSP Golder. 2022a
Densité de l'eau	1 t/m ³	Hypothèse
Eaux souterraines : % de solides (% en poids)	2 à 6 % (4 % utilisés dans le calcul)	Osisko, le 25 avril 2022 (Osisko, 2022b)
Humidité du minerai	4,2 %	Estimation à partir du taux d'humidité du minerai fraîchement extrait de la mine (BBA, 2022)
Boues souterraines épaissies : % solide (% en poids)	46 %	Reçu d'Osisko le 25 avril 2022 (Osisko, 2022b)

Tableau 14 Eau industrielle requise et excès d'eau

Paramètre	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Eau industrielle pour l'alimentation de l'usine de traitement et pâte (m ³ /h)	151,9	151,9	0	24,9 ⁽¹⁾
Excès d'eau provenant des usines de filtration et de remblai en pâte (m ³ /h)	92,7	130,9	0	0

Remarque :

(1) WSP 2022.

4.4 Incertitudes et limites du modèle

Le modèle de bilan hydrique est configuré pour représenter la gestion de l'eau du projet tel que décrit dans le présent rapport, et est basé sur les paramètres d'entrée disponibles au moment de la préparation du présent document. Étant donné que les modèles ne peuvent fournir qu'une approximation des réponses et des dynamiques hydrologiques naturelles et anthropiques (c'est-à-dire les décisions quotidiennes en matière de pompage), ils présentent intrinsèquement des limites et reposent sur une série d'hypothèses.

Les incertitudes et les lacunes dans les connaissances suivantes s'appliquent au bilan hydrique présenté dans le présent document :

- Les règles d'opération détaillées pour les transferts d'eau (p. ex. les niveaux marche-arrêt des pompes, l'échelonnement du débit pompé) incluses dans le présent rapport pourraient nécessiter d'autres ajustements au cours de l'exploitation de la mine.
- Le modèle de bilan hydrique devra être raffiné dans le futur pour prendre en compte les éventuelles modifications et précisions dans la séquence de développement des infrastructures du site.
- Les résultats du bilan proviennent de méthodes et de paramètres permettant l'estimation du ruissellement et de l'infiltration et sont basés sur l'expérience et la compréhension des conditions du site de WSP. Un certain degré d'incertitude demeure pour certains paramètres clés, en particulier ceux liés aux installations ayant des caractéristiques de trajectoire d'écoulement plus complexes, comme la halde à stériles, la halde à minerai et le PAR.

5 Résultats du bilan hydrique

Les résultats sont présentés dans les sections suivantes pour les scénarios de simulation suivants :

- Résultats de la simulation de l'ensemble de données climatiques futures, y compris :
 - précipitations probabilistes – générées en exécutant le modèle pour 60 réalisations;
 - demande et offre d'eau de l'usine de traitement;
 - apports au traitement de l'eau;
 - rejet d'effluents dans l'environnement;
 - résumé des résultats des bassins.
- Résultats de simulation déterministe présentant les volumes de stockage dans les bassins pendant les événements de conception de la D019.

5.1 Simulations d'ensembles de données climatiques futures

Les données climatiques probabilistes sont utilisées pour évaluer le rendement de la stratégie de gestion de l'eau pour diverses conditions de précipitations.

Les résultats probabilistes sont fondés sur 60 scénarios climatiques projetés (section 2.2), chacun représenté par une réalisation. Les résultats du modèle probabiliste pour chaque élément du modèle et pour chaque réalisation sont rassemblés en une distribution de probabilité représentant la probabilité de dépassement d'un résultat spécifique.

5.1.1 Simulations probabilistes

Les données de précipitations probabilistes, pour les moyennes quotidiennes et mensuelles, sont représentées aux figures 7 et 8, respectivement. Comme il est mentionné à la section 3.2.1, les résultats sont exprimés sous la forme d'une évaluation probabiliste de la variation des précipitations et ne reflètent pas une condition (ou un événement) climatique particulière.

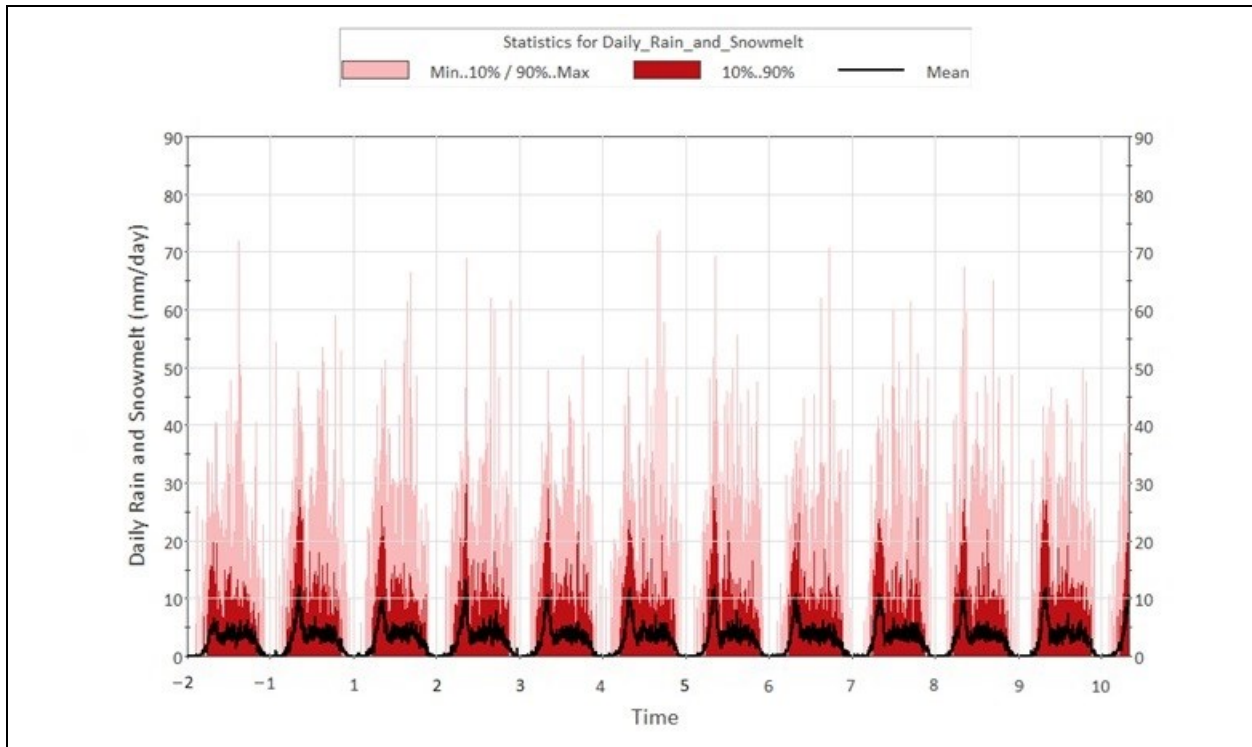


Figure 7 Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte quotidiennes des neiges d'après 60 années de données climatiques historiques

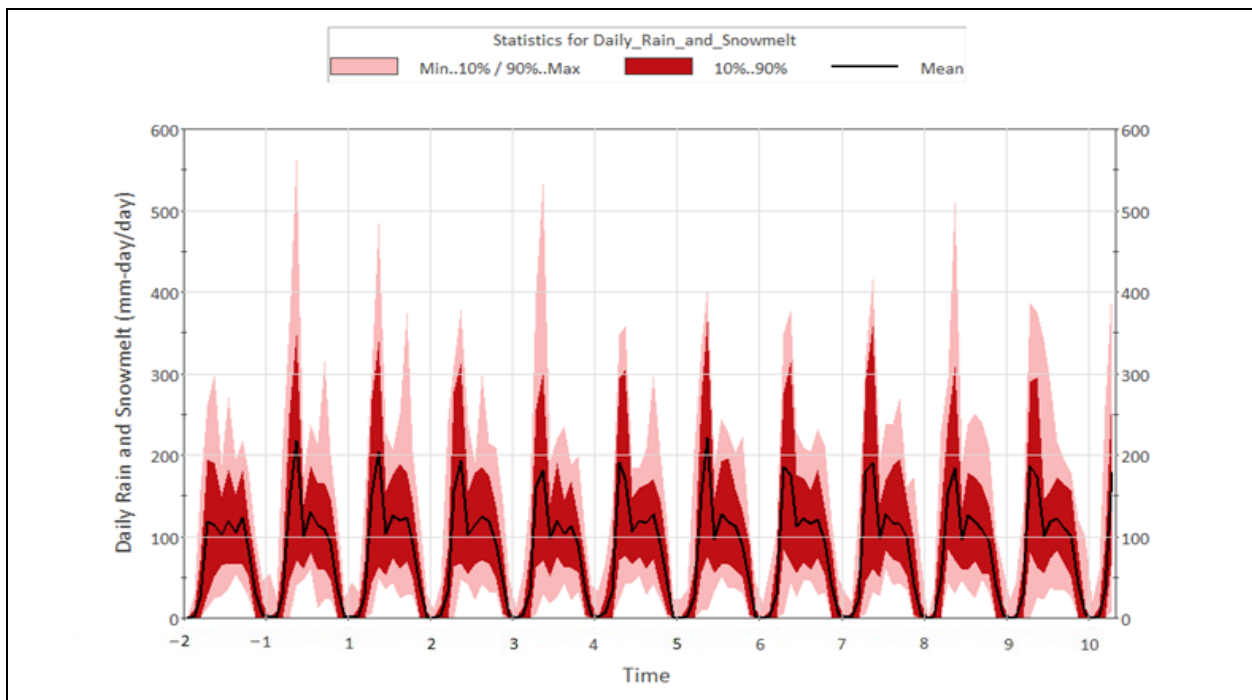


Figure 8 Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte des neiges mensuelles d'après 60 années de données climatiques historiques

5.1.2 Demande et approvisionnement d'eau de l'usine de traitement du minerai

Les résultats du bilan hydrique fondés sur les hypothèses présentées à la section 4 montrent que la majorité de la demande d'eau de l'usine de traitement du minerai est satisfaite par l'eau extraite de l'usine de filtration (réservoir d'eau clarifié) tout au long de la durée de vie de la mine. Le reste de la demande en eau de l'usine est prélevé dans le bassin D, qui provient des eaux de surface des installations minières (PAR, halde à stériles, halde à minerai et routes de plates-formes / transports) et du dénoyage souterrain de la mine.

La demande et l'approvisionnement en eau de l'usine de traitement du minerai sur la durée de vie de la mine sont présentés à la figure 9.

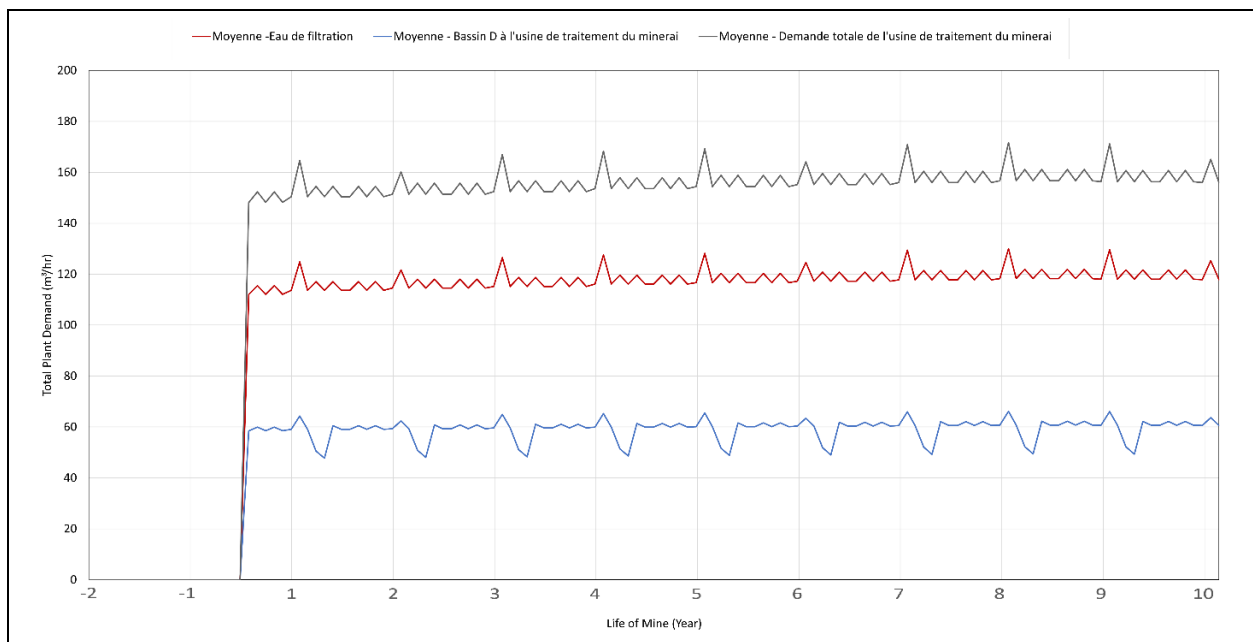


Figure 9 Demande et approvisionnement en eau de l'usine de traitement du minerai – basé sur 60 scénarios climatiques futurs

5.1.3 Afflux aux usines de traitement des eaux

Le ruissellement et les exfiltrations du bilan provenant de différentes zones minières et des apports d'eau d'exhaure sont recueillis séparément en fonction de la qualité de l'eau, dans la mesure du possible. Comme mentionné à la section 3.1, des unités de traitement distinctes seront développées sur le site minier : MES/Géotubes, Métaux, Biologique et enlèvement des MES pour les eaux d'exhaures (UTE UG).

Les résultats probabilistes du bilan hydrique pour l'afflux dans les UTE sont dérivés des 60 scénarios climatiques futurs projetés et analysés pour obtenir des résultats moyens et extrêmes

Le bilan a considéré un taux de pompage maximal à chaque UTE (voir section 4.2). Les résultats pour les débits moyens mensuels de chaque UTE sont présentés aux figures 10 à 13. Les débits mensuels maximaux et moyens des UTE pour l'année la plus critique de chaque phase d'exploitation sont fournis au tableau 15.

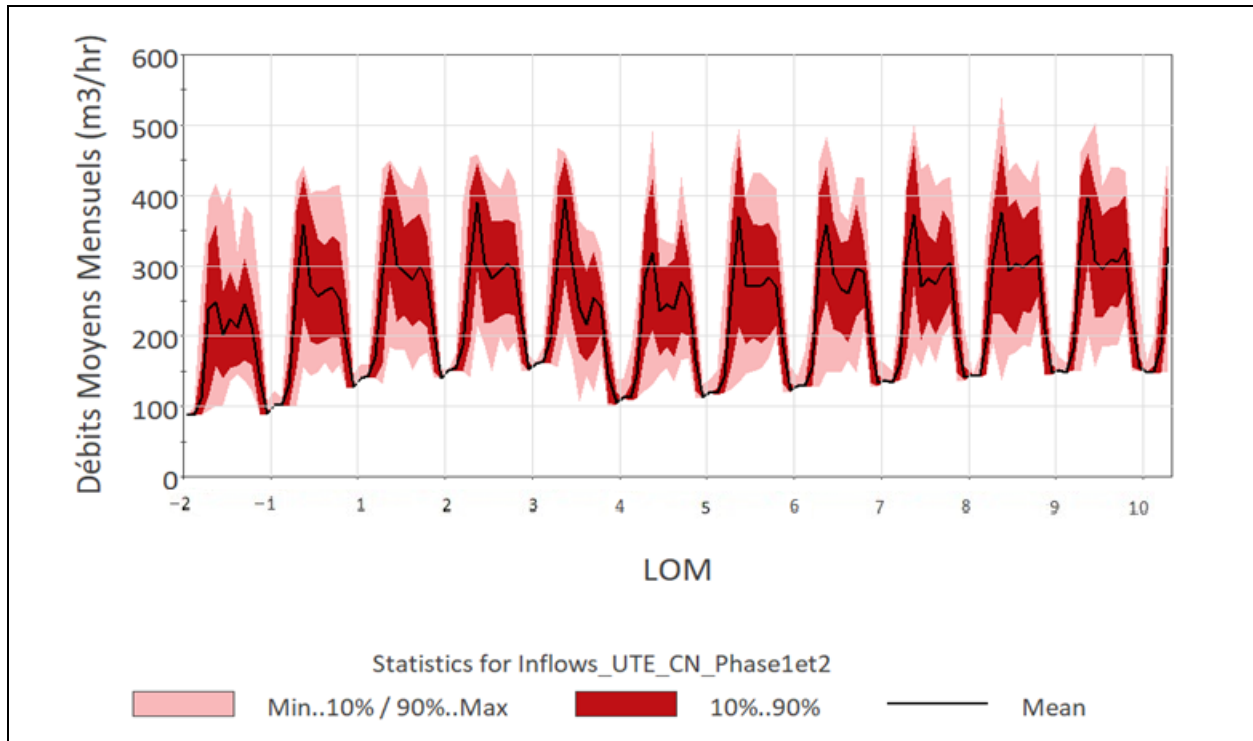


Figure 10 Apports mensuels moyens pour l'UTE Métaux – 60 scénarios climatiques futurs projetés

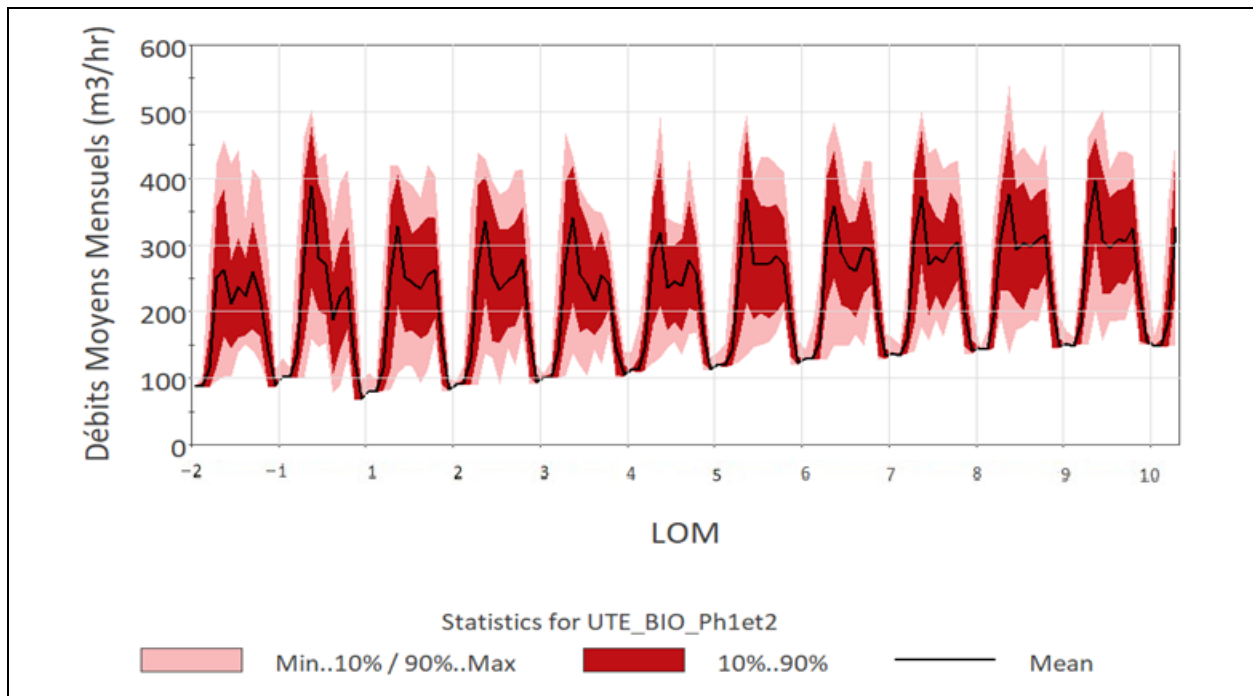


Figure 11 Apports mensuels moyens pour l'UTE Biologique – 60 scénarios climatiques futurs projetés

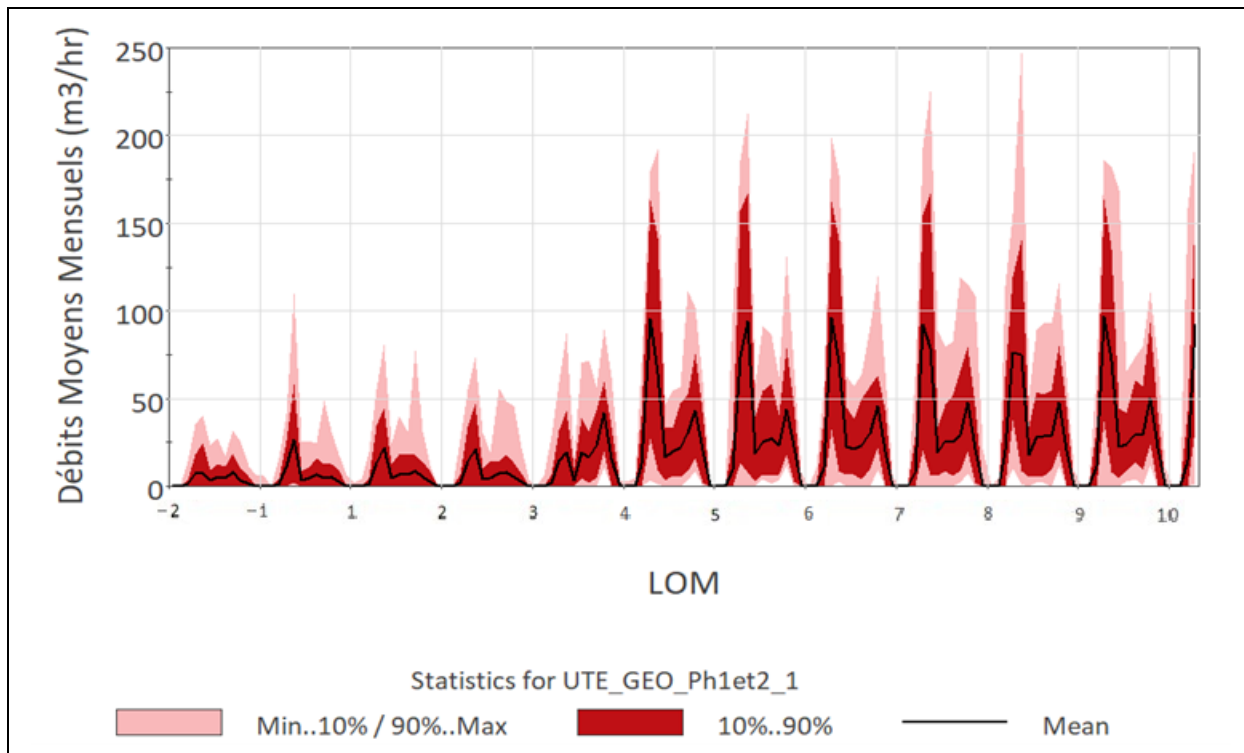


Figure 12 Apports mensuels moyens pour l'UTE MES/Géotubes – 60 scénarios climatiques futurs prévus

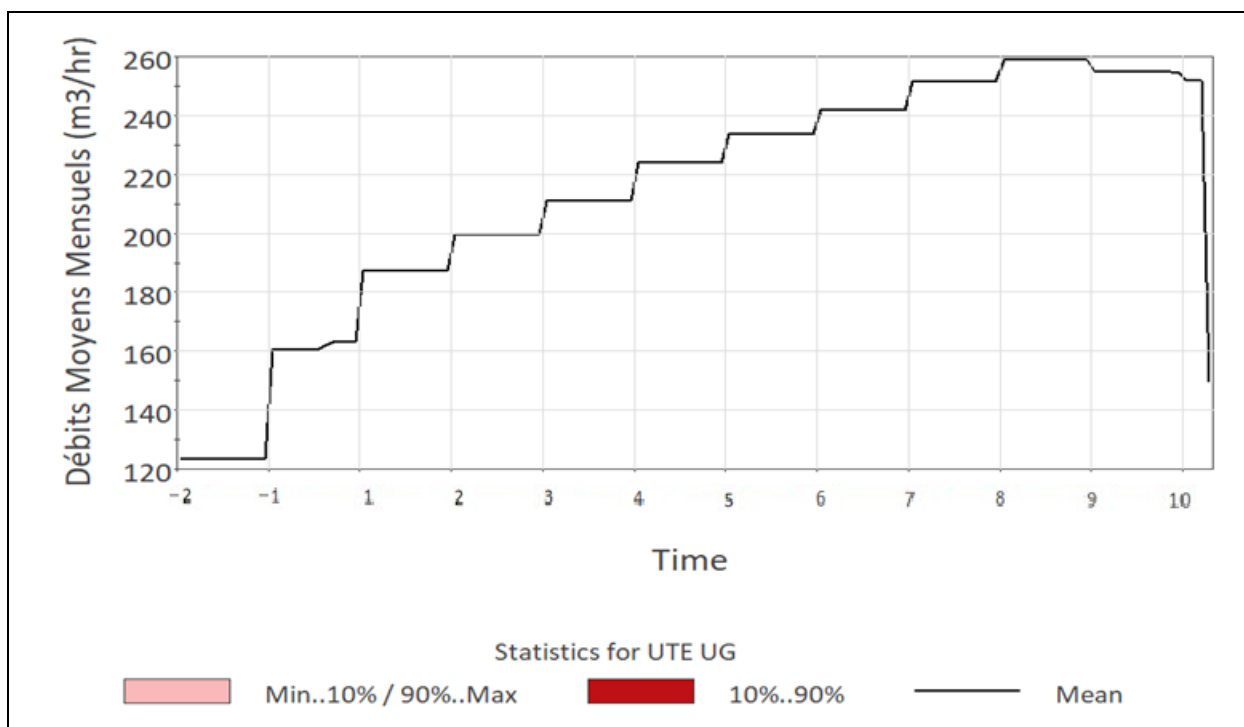


Figure 13 Apports mensuels moyens à l'UTE MES UG - 60 scénarios climatiques futurs projetés

Tableau 15 Débits mensuels moyens et maximaux estimés vers les UTE d'après 60 réalisations en conditions climatiques futures.

Phase	Mois	Unité	UTE MES UG	UTE Métaux		UTE Biologique		Géotubes	
			moyenne	moyenne	max	moyenne	max	moyenne	max
Dernière année civile - Phase 1 (Année 3)	Janv.	m ³ /h	199,5	150,4	153,1	91,1	95,2	0,0	0,0
	Fév.	m ³ /h	199,5	153,7	175,5	91,8	119,6	0,0	0,0
	Mars	m ³ /h	199,5	185,4	391,3	129,6	356,5	1,8	26,3
	Avril	m ³ /h	199,5	305,6	454,1	271,8	439,1	14,1	55,1
	Mai	m ³ /h	199,5	389,3	457,8	335,9	429,8	21,4	73,4
	Juin	m ³ /h	199,5	304,7	435,2	255,2	395,6	3,8	30,3
	Juil	m ³ /h	199,5	282,0	421,2	232,8	375,8	4,9	19,4
	Août	m ³ /h	199,5	292,2	408,7	245,9	383,2	7,2	55,8
	Sept.	m ³ /h	199,5	302,0	438,9	255,4	410,6	8,0	48,6
	Octobre	m ³ /h	199,5	294,0	421,5	279,2	414,3	5,1	45,4
	Novembre	m ³ /h	199,5	217,4	352,4	163,1	311,9	2,6	21,9
Décembre	m ³ /h	210,8	152,6	174,1	93,9	121,3	0,1	3,8	
Annuel	m ³ /h	200,4	252,4	357,0	203,8	321,1	5,7	31,7	
Dernière année civile - Phase 2 (Année 10)	Janv.	m ³ /h	254,6	151,4	170,6	151,4	170,6	0,0	0,0
	Fév.	m ³ /h	254,6	148,2	162,8	148,2	162,8	0,0	1,9
	Mars	m ³ /h	254,6	181,5	273,9	181,5	273,9	11,2	62,9
	Avril	m ³ /h	254,6	332,1	462,2	332,1	462,2	96,8	186,5
	Mai	m ³ /h	254,6	395,6	481,7	395,6	481,7	71,4	182,6
	Juin	m ³ /h	254,6	307,0	502,4	307,0	502,4	22,9	169,4
	Juil	m ³ /h	254,6	293,8	414,3	293,8	414,3	23,8	65,5
	Août	m ³ /h	254,6	309,4	439,9	309,4	439,9	29,9	73,8
	Sept.	m ³ /h	254,6	306,3	440,3	306,3	440,3	29,4	79,6
	Octobre	m ³ /h	254,6	324,8	435,3	324,8	435,3	50,1	110,6
	Novembre	m ³ /h	254,5	221,1	319,2	221,1	319,2	21,8	73,2
Décembre	m ³ /h	251,7	156,1	244,4	156,1	244,4	0,5	10,9	
Annuel	m ³ /h	254,4	260,6	362,3	260,6	362,3	29,8	84,8	

Le taux de traitement requis varie de façon saisonnière, avec des taux de traitement plus faibles en hiver et des taux de traitement plus élevés en été. L'apport mensuel moyen maximal à l'UTE Métaux est estimé à 389 m³/h dans la phase 1 et à 396 m³/h dans la phase 2. L'intrant d'eau mensuel moyen maximal à l'UTE Biologique est de 336 m³/h dans la phase 1 et de 396 m³/h dans la phase 2. L'intrant d'eau mensuel moyen maximal dans les UTE Géotubes est de 21 m³/h dans la phase 1 et de 97 m³/h dans la phase 2.

5.1.4 Rejet d'effluents vers l'environnement

Les résultats probabilistes du bilan hydrique pour le rejet d'effluents dans l'environnement ont été analysés pour obtenir des résultats moyens et extrêmes.

Les taux mensuels moyens de rejet dans l'environnement pour l'année la plus critique de chaque phase d'exploitation sont présentés au tableau 16. Le débit maximal mensuel de rejet d'effluents vers l'environnement est de 498 m³/h au cours de la phase 1 et de 701,6 m³/h au cours de la phase 2. Le rejet moyen d'effluents dans l'environnement en mai (mois de crue) est de 363,2 m³/h au cours de la phase 1 et de 475,7 m³/h au cours de la phase 2.

L'excès d'eau annuel qui est rejeté au point d'effluent au cours de chaque année d'exploitation minière est présenté au tableau 17. Le volume annuel moyen d'effluents augmente progressivement, passant d'environ 1,64 million de mètres cubes (M-m³) en année -1 à 2,49 M-m³ en année 9.

Tableau 16 Taux mensuels moyens et maximaux de rejet d'effluents dans l'environnement, basés sur 60 réalisations en conditions climatiques futures.

Mois	Unité	Rejet total de l'effluent			
		Dernière année civile – Phase 1 (année 3)		Dernière année civile – Phase 2 (année 10)	
		Moyenne	Max	Moyenne	Max
Janv.	m ³ /h	88,4	93,0	148,8	169,8
Fév.	m ³ /h	89,5	118,4	145,8	161,4
Mars	m ³ /h	131,1	388,0	191,9	342,1
Avril	m ³ /h	293,1	480,9	432,1	657,1
Mai	m ³ /h	363,2	498,0	475,7	645,0
Juin	m ³ /h	259,4	415,2	331,0	701,6
Juil	m ³ /h	238,2	378,9	318,2	477,4
Août	m ³ /h	254,1	444,7	340,0	516,1
Sept	m ³ /h	264,8	444,7	336,7	511,3
Octobre	m ³ /h	285,5	462,9	376,5	548,6
Novembre	m ³ /h	165,5	326,7	242,7	382,7
Décembre	m ³ /h	91,8	124,1	154,6	252,8
Annuel	m ³ /h	210,4	348,0	291,2	447,2

Tableau 17 Volume annuel de rejets d'effluent vers l'environnement, basé sur 60 réalisations en conditions climatiques futures (M-m³).

LOM	Phase	Unité (en millions de mètres cubes)	Moyenne	Maximum
-2	Construction	M-m ³	1,64	2,89
-1	Construction	M-m ³	1,83	3,15
1	Exploitation	M-m ³	1,84	3,13
2	Exploitation	M-m ³	1,82	2,96
3	Exploitation	M-m ³	1,88	3,10
4	Exploitation	M-m ³	2,00	3,20
5	Exploitation	M-m ³	2,14	3,42
6	Exploitation	M-m ³	2,28	3,66
7	Exploitation	M-m ³	2,32	3,54
8	Exploitation	M-m ³	2,41	4,01
9	Exploitation	M-m ³	2,49	3,94
10	Exploitation	M-m ³	0,91	1,32

5.1.5 Résumé des résultats des bassins

Le tableau 18 présente les volumes d'eau maximaux dans les bassins pour chacune des phases du projet Windfall, selon les 60 réalisations en conditions climatiques futures.

Tableau 18 Volume maximal dans les bassins, basé sur 60 réalisations en conditions climatiques futures (en m³).

Bassin	Élévation au niveau de la revanche minimale (m) (WSP, 2025a)	Volume disponible (m ³) ^(a) (WSP, 2025a)	Phase 1 ^(b)		Phase 2 ^(c)	
			Volume maximal (m ³)	Élévation maximale (m)	Volume maximal (m ³)	Élévation maximale (m)
Bassin A	405,0	9 775	4 019	403,1	4 724	403,3
Bassin B	400,3	14 375	13 958	400,2	14 303	400,3
Bassin C	404,9	25 380	14 988	403,9	20 918	404,5
Bassin E	405,8	8 410	5 538	405,1	6 205	405,3
Bassin D	402,5/403,0	73 910	48 773	401,5	48 652	401,5
Bassin F	403,0	17 670	-	-	10 458	402,0
Bassin J	401,4	31 670	30 601	401,3	21 755	400,5
Bassin P	397,8	10 800	6 952	397,3	10 040	397,8
Bassin PAR1	401,0	341 600	274 495	400,2	245 899	399,9
Bassin PAR2	400,5	37 850	27 828	399,9	22 930	399,6

Notes:

(a) Incluant le volume mort et en fonction de la revanche minimale requise

(b) Phase 1 : Année 1 à 3

(c) Phase 2 : Année 4 à 10

Les débits annuels moyens (basés sur 60 réalisations) entre les différents bassins et UTE du site sont présentés aux diagrammes de flux de l'annexe C pour deux périodes hydrologiques : d'octobre de l'année 1 à septembre de l'année 2, ainsi que d'octobre de l'année 8 à septembre de l'année 9.

L'annexe D présente les graphiques de variation du volume journalier maximal pour l'ensemble des bassins du site, selon 60 réalisations en conditions climatiques futures. Les figures 14 à 19 illustrent la variation quotidienne de l'emmagasinement et de l'élévation d'eau dans les bassins PAR1, PAR2 et D.

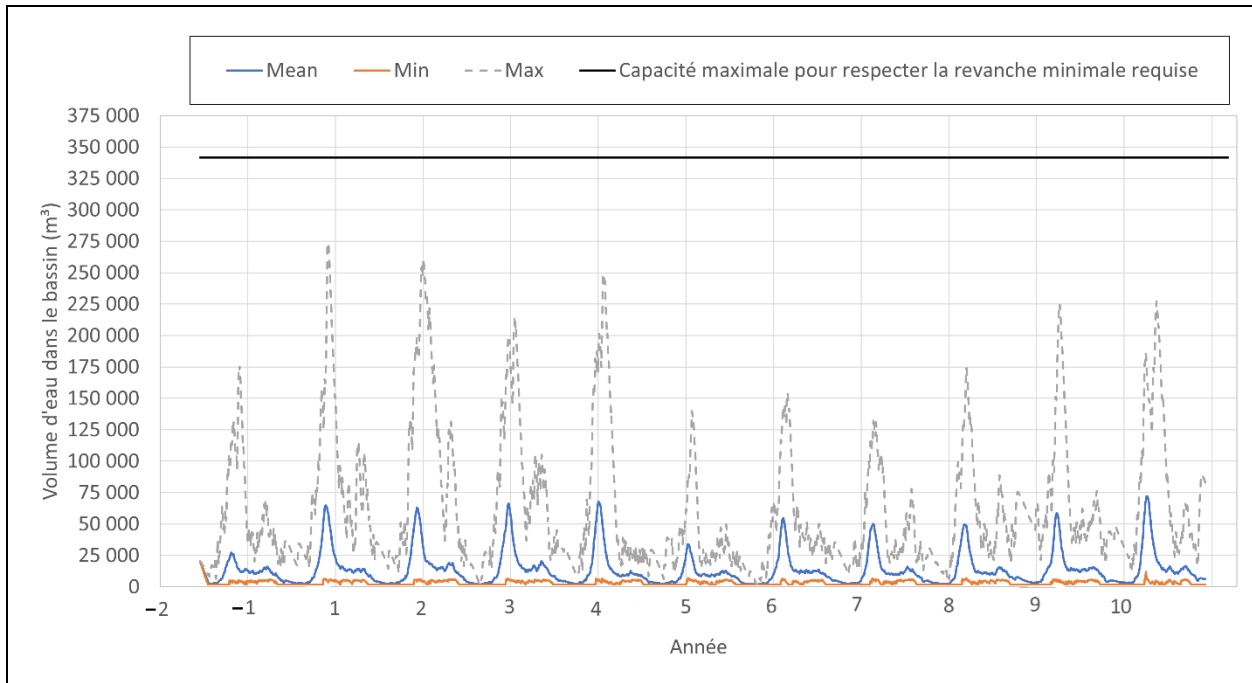


Figure 14 Volume d'eau de contact dans le bassin PAR1 - Basé sur 60 réalisations

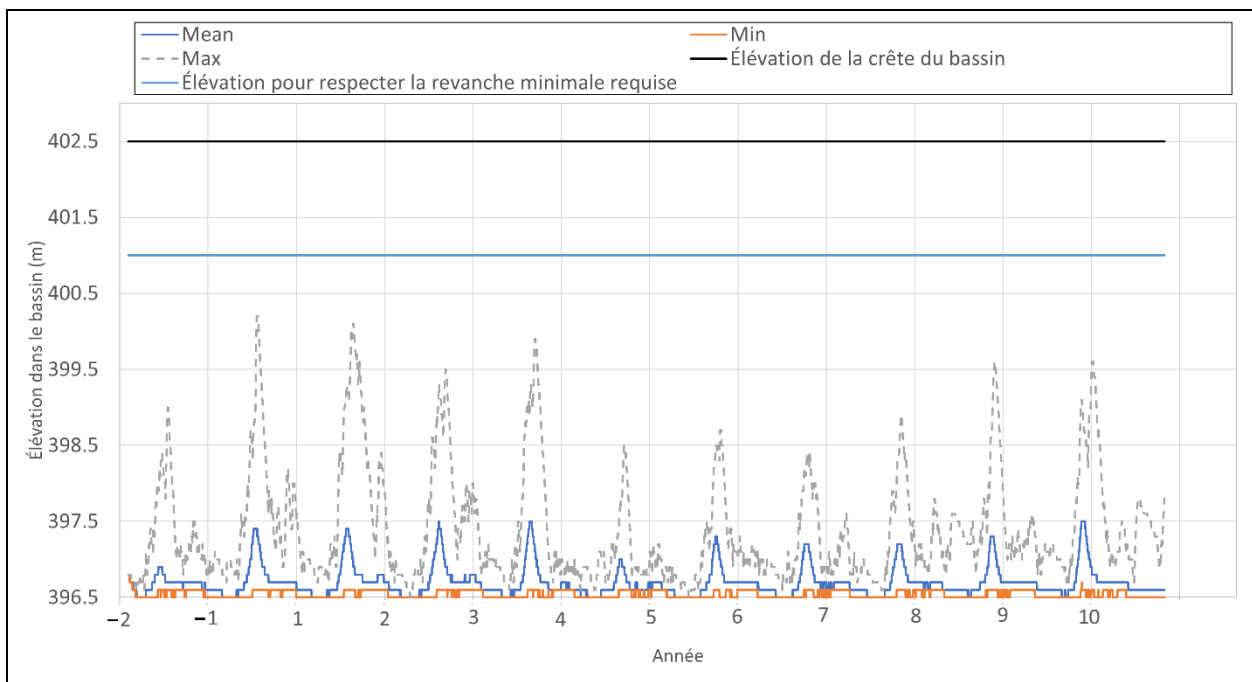


Figure 15 Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR1 - Basé sur 60 réalisations

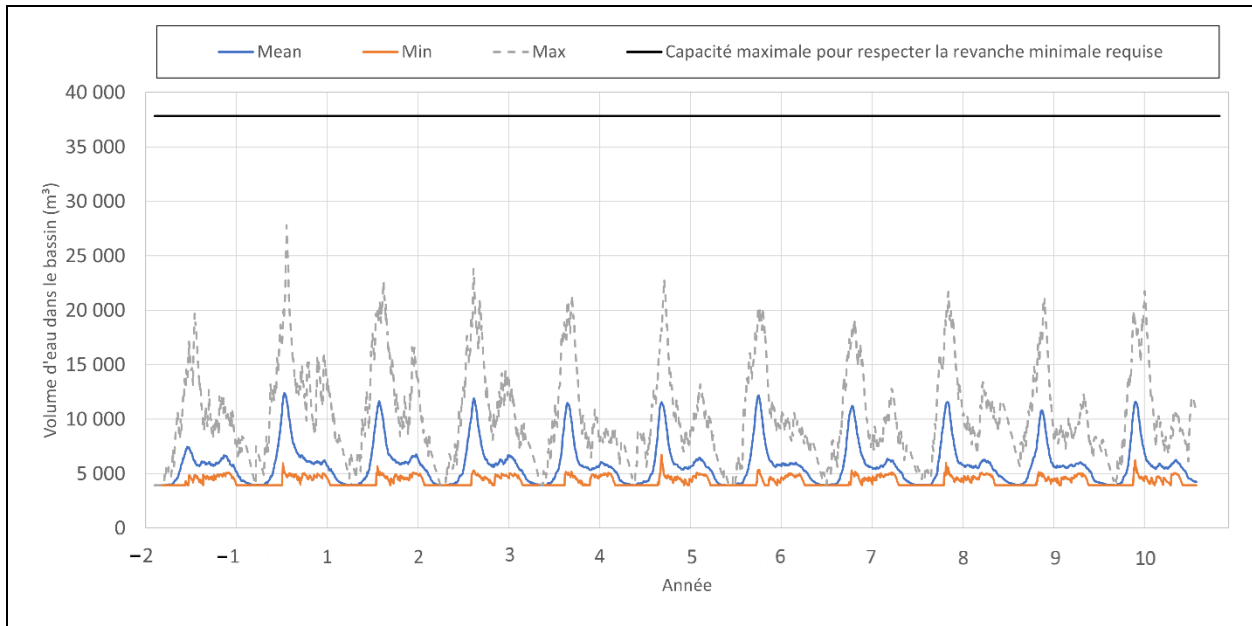


Figure 16 Volume d'eau de contact dans le bassin PAR2 - Basé sur 60 réalisations

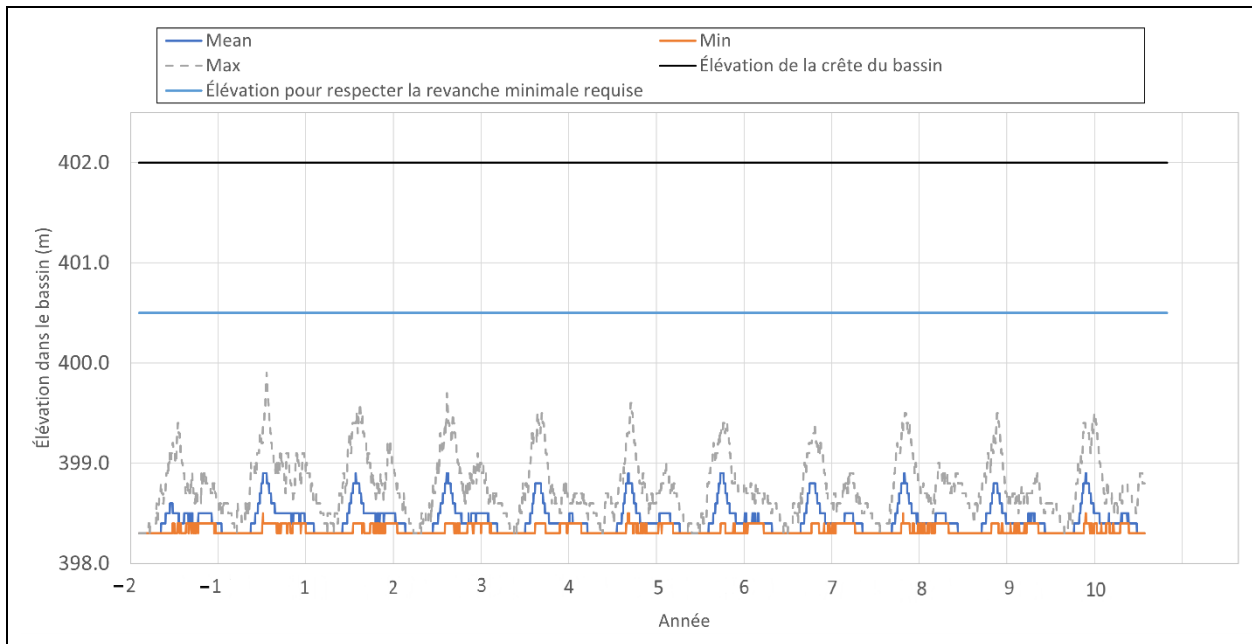


Figure 17 Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR2 - Basé sur 60 réalisations

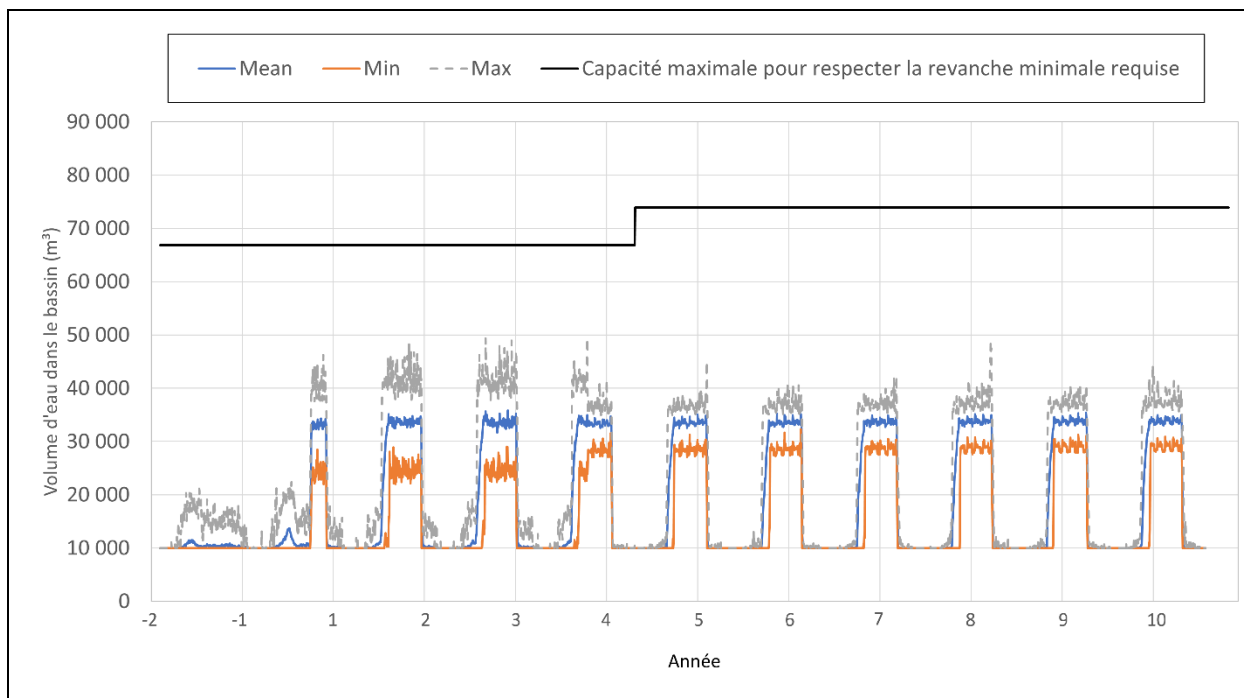


Figure 18 Volume d'eau de contact dans le bassin D - Basé sur 60 réalisations

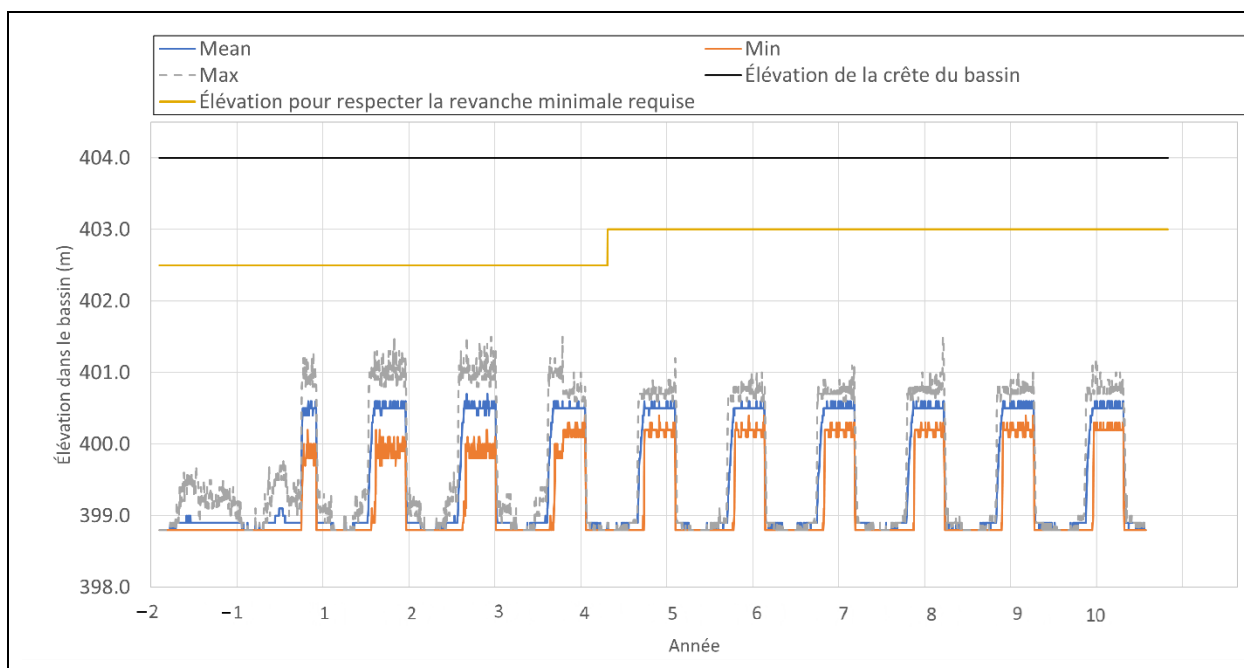


Figure 19 Élévation d'eau de contact dans le bassin D - Basé sur 60 réalisations

5.2 Simulations déterministes

Pour vérifier les capacités des bassins, les événements de conception sont appliqués de manière déterministe dans le modèle. Les volumes d'eau maximaux stockés dans les bassins pour chaque phase du projet sont fournis au tableau 19. Les résultats sont présentés pour deux événements de conception de 1:100 ans et de 1:2000 ans (voir section 3.2.1).

Les résultats démontrent que les bassins sont en mesure de gérer les événements de conception de la D019 sans débordement vers l'environnement pendant toute la durée de vie de la mine. Le volume maximal enregistré lors de ces événements demeure toujours inférieur au volume disponible dans chaque bassin, établi en fonction de la revanche minimale requise.

Tableau 19 Volume maximal dans les bassins (en m³) pour les événements de conception

Bassin	Élévation au niveau de la revanche minimale (m) (WSP, 2025a)	Volume disponible (m ³) ^(a)	Phase 1 ^(b)		Phase 2 ^(c)		Évènement de conception
			Volume maximal (m ³)	Élévation maximale (m)	Volume maximal (m ³)	Élévation maximale (m)	
Bassin A	405,0	9 775	5 048	403,5	5 072	403,5	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:2000 ans
Bassin B	400,3	14 375	9 406	399,6	9 428	399,6	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:100 ans
Bassin C	404,9	25 380	12 220	403,7	18 561	404,3	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:100 ans
Bassin E	405,8	8 410	6 000	405,2	7 148	405,5	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:2000 ans
Bassin D	402,5/403,0	73 910	48 077	401,4	48 012	401,4	Phases 1, Évènements de conception de 1:2000 ans Phases 2, Évènements de conception de 1:100 ans
Bassin F	403,0	17 670	-	-	14 376	402,5	Phases 2, Évènements de conception de 1:2000 ans
Bassin J	401,4	31 670	23 040	400,6	23 054	400,6	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:100 ans
Bassin P	397,8	10 800	5 917	397,1	6 066	397,2	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:100 ans
Bassin PAR1	401,0	341 600	289 966	400,4	295 623	400,5	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:2000 ans
Bassin PAR2	400,5	37 850	28 171	399,9	25 904	399,8	Phases 1 et 2, Évènements de conception de 1:2000 ans

Notes:

(a) Incluant le volume mort et en fonction de la revanche minimale requise

(b) Phase 1 : Année 1 à 3

(c) Phase 2 : Année 4 à 10

Les figures 20 à 25 illustrent la variation des volumes et des élévations d'eau maximaux dans les bassins PAR1, PAR2 et D pour l'ensemble de la durée de vie de la mine, selon les simulations des événements de conception de la D019.

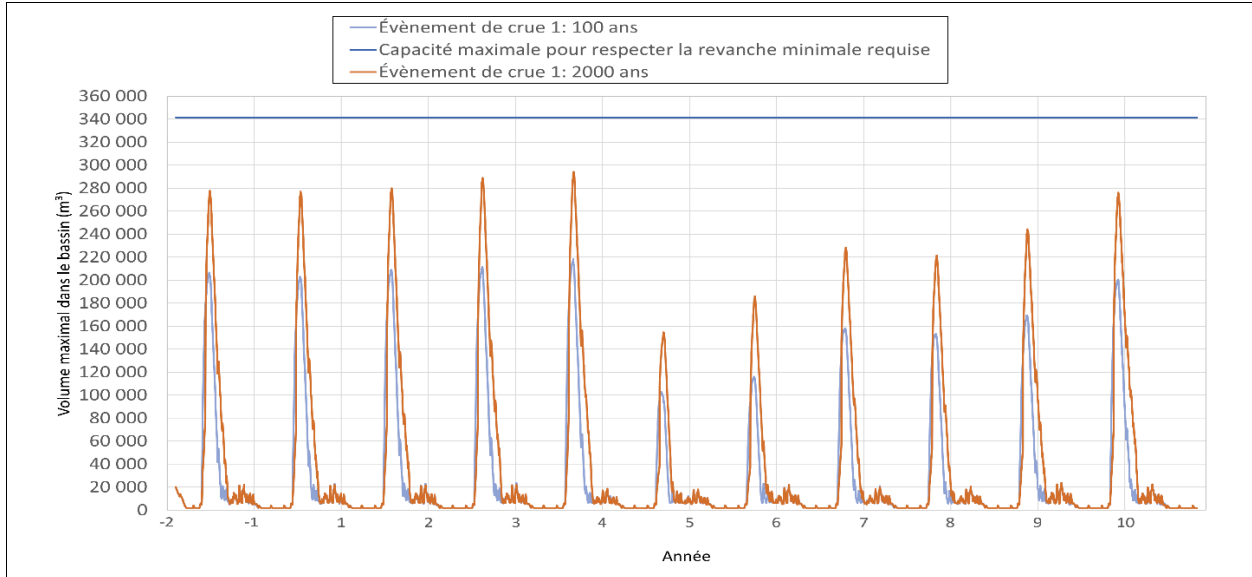


Figure 20 Volume d'eau de contact dans le bassin PAR1 pendant les événements de conception

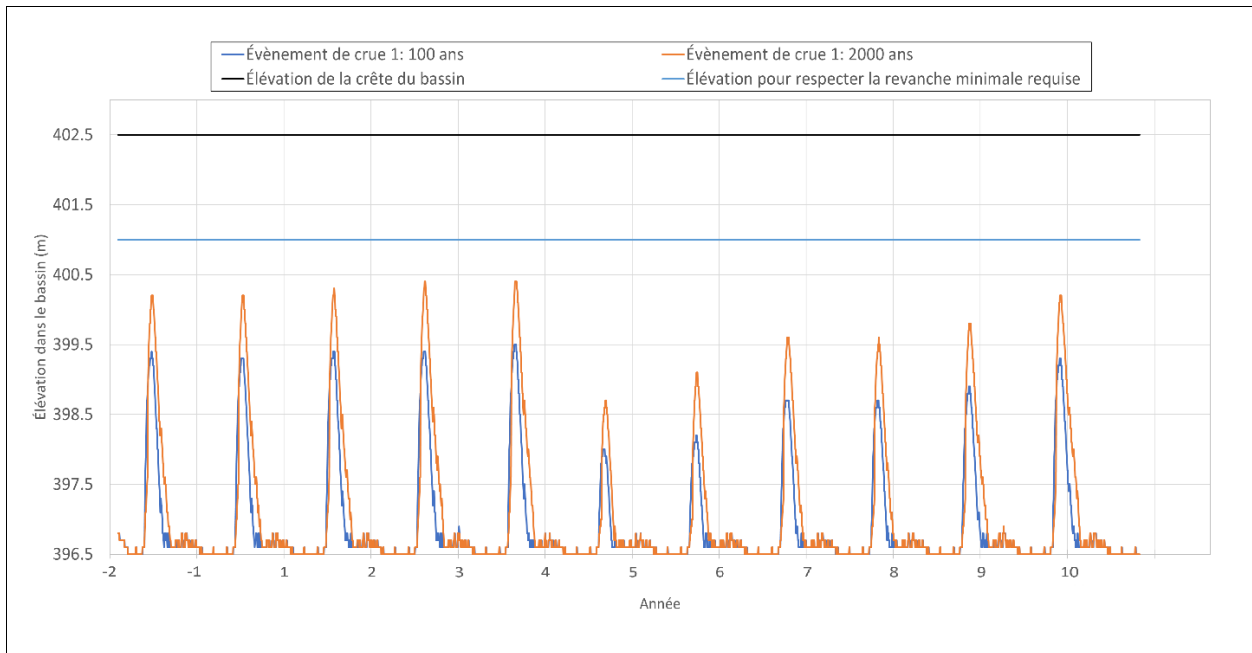


Figure 21 Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR1 pendant les événements de conception

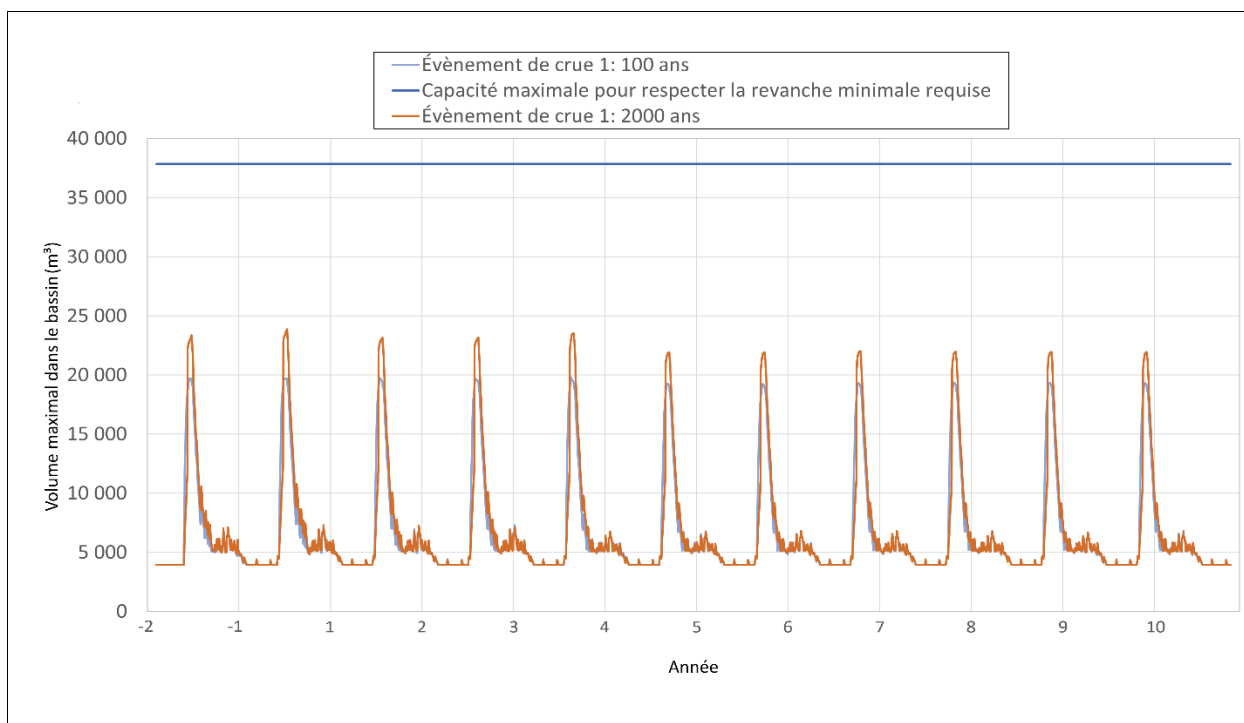


Figure 22 Volume d'eau de contact dans le bassin PAR2 pendant les évènements de conception

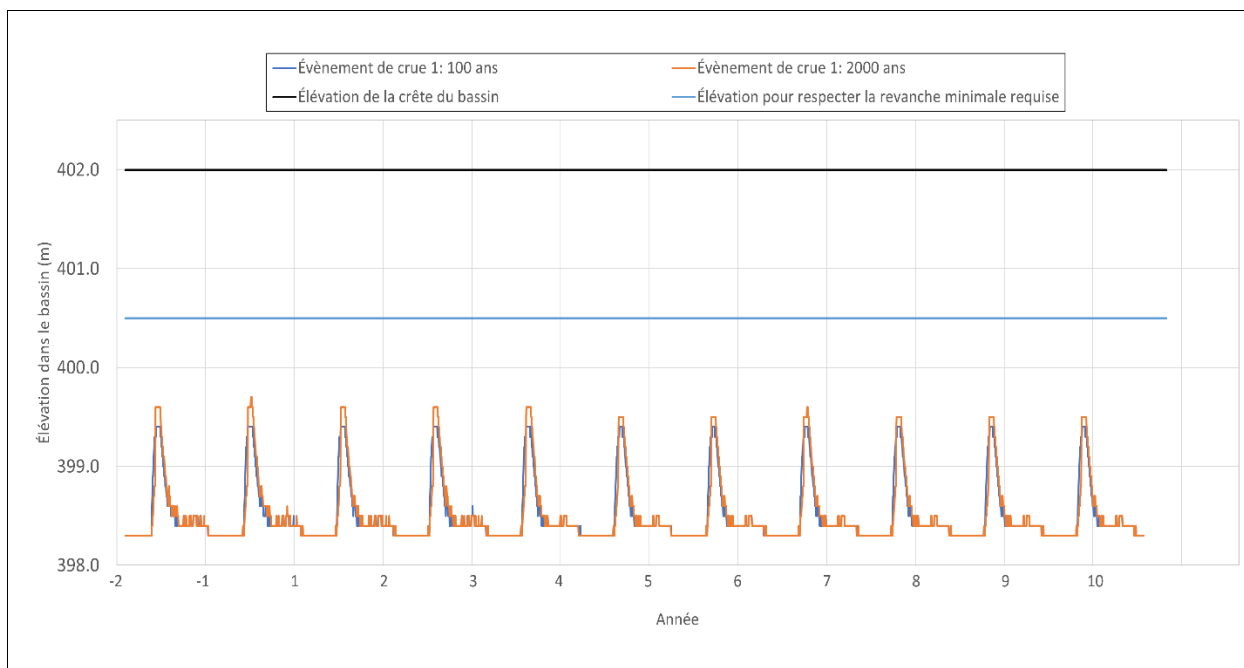


Figure 23 Élévation d'eau de contact dans le bassin PAR2 pendant les évènements de conception

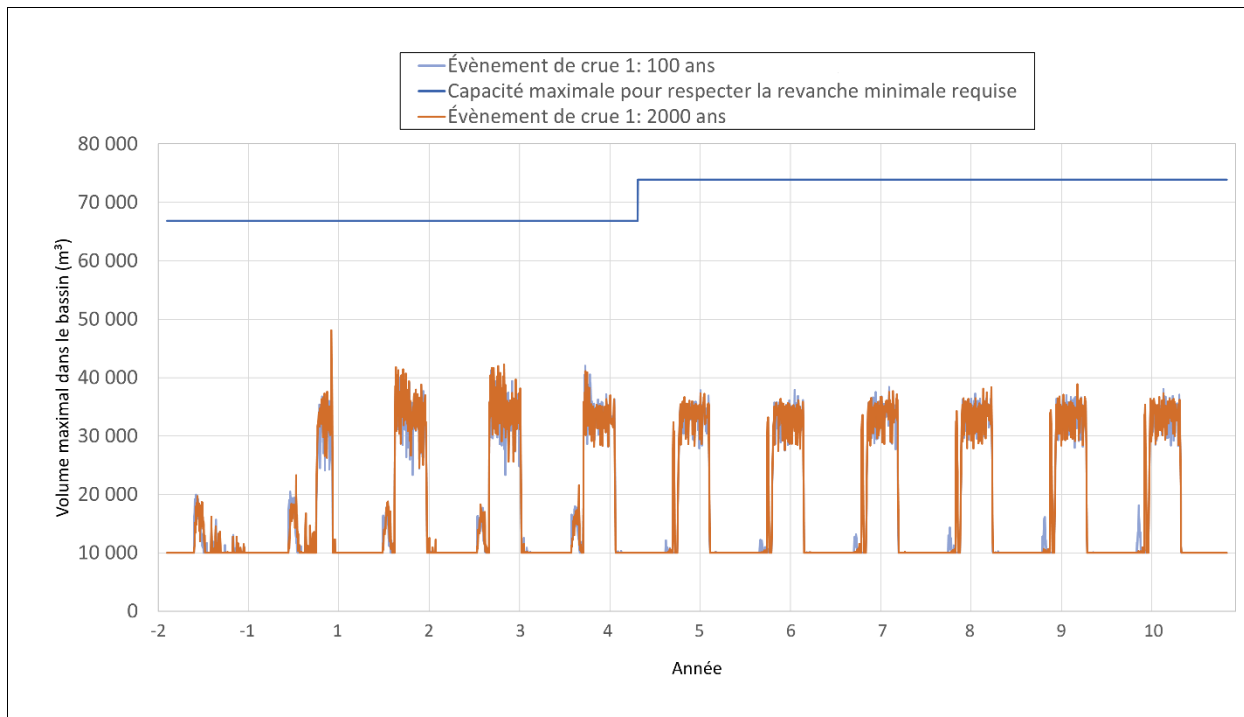


Figure 24 Volume d'eau de contact dans le bassin D pendant les évènements de conception

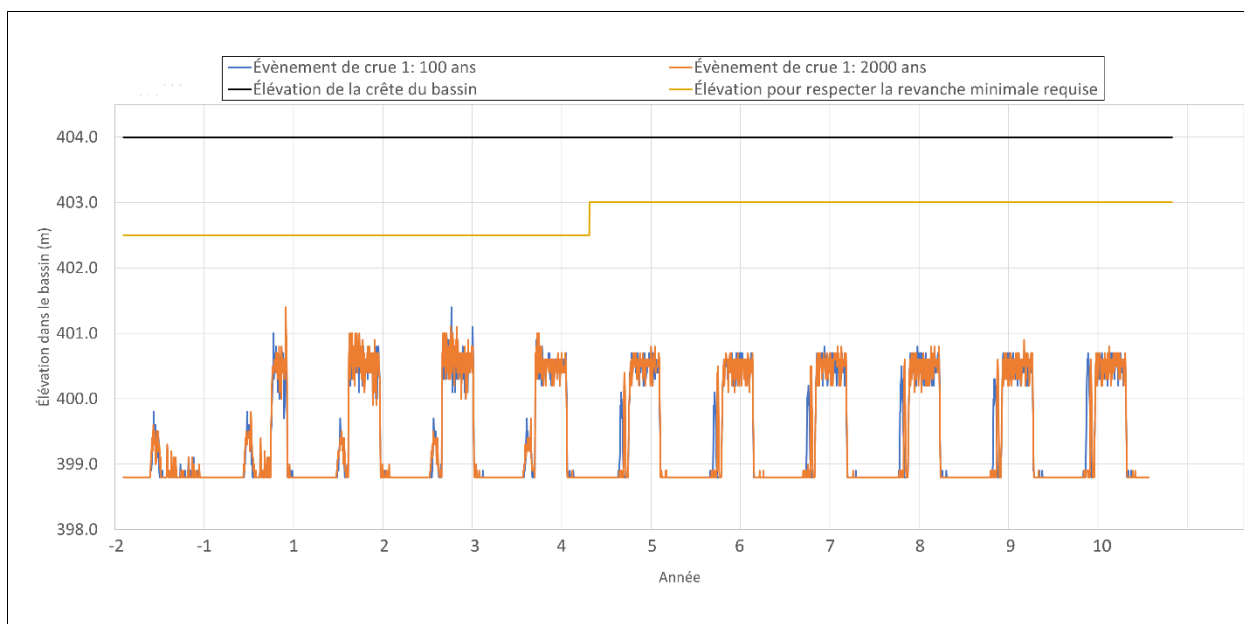


Figure 25 Élévation d'eau de contact dans le bassin D pendant les évènements de conception

6 Conclusion

Ce document présente le bilan d'eau du site minier du projet Windfall pour la période d'exploitation de la mine.

Le modèle détaillé de bilan hydrique à l'échelle du site est développé à l'aide du progiciel informatique GoldSim (version 14.0) sur un pas de temps de 1 jour. Il a permis d'évaluer les volumes et les flux hydriques, ainsi que de confirmer les débits de pompage et les règles de gestion nécessaires entre les différents bassins et les usines de traitement des eaux. Les résultats indiquent que selon la conception proposée, les bassins du site sont capables de gérer les événements de conception prévus par la D019 ainsi que les crues associées aux 60 scénarios climatiques futurs, sans débordement vers l'environnement pendant toute la durée de vie de la mine, tout en respectant la revanche minimale requise pour chaque bassin.

La demande d'eau de l'usine de traitement du minerai est satisfaite principalement par l'eau extraite de l'usine de filtration (réservoir d'eau clarifiée) tout au long de la durée de vie de la mine. Le reste des besoins en eau de l'usine provient du bassin D. Les eaux du bassin D proviennent des eaux de surface des installations minières (PAR et routes de plates-formes / transport dans la phase 1, halde à stériles et halde à minerai) et du dénoyage souterrain de la mine.

Les résultats du modèle de bilan hydrique montrent que le taux de traitement requis présente des variations saisonnières, avec des taux de traitement plus faibles en hiver et des taux de traitement plus élevés en été.

Le débit annuel moyen de traitement de l'eau à l'UTE Biologique est estimé à environ 232 m³/h dans l'ensemble de la durée des activités minières. Le volume annuel moyen d'effluents augmente progressivement, passant d'environ 1,64 M-m³ en année 1 à 2,49 M-m³ en année 9.

Références bibliographiques

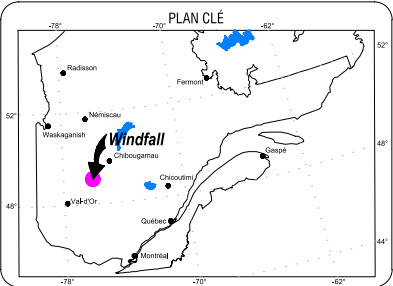
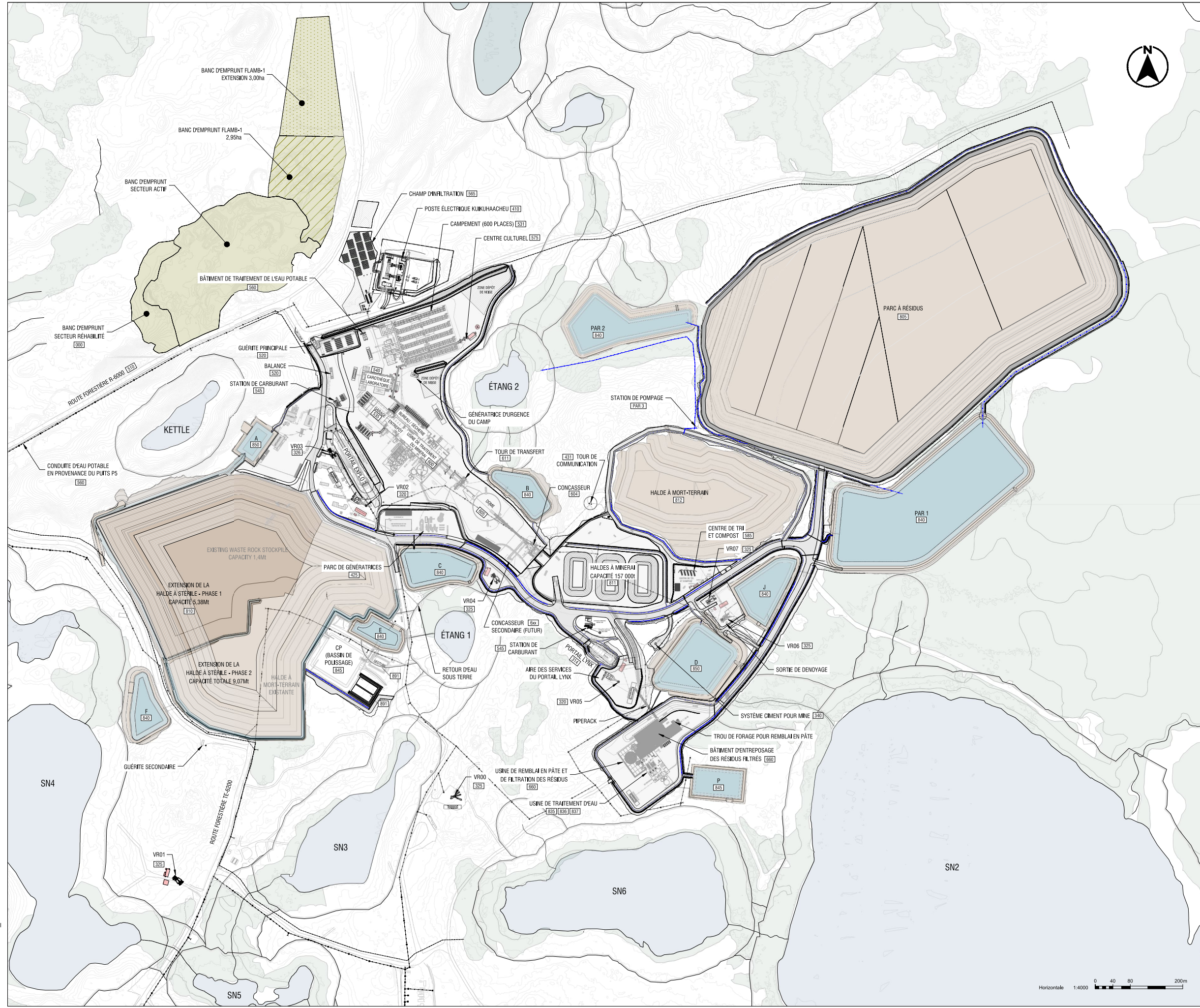
- BBA, 2022. *Explication de la différence de débit d'eau pour les besoins de l'usine de traitement de l'eau et l'eau dans les résidus de procédé*. Courriel reçu d'Armita Amini le 19 juillet 2022.
- CNRC. 1990. *Hydrologie des crues au Canada, Guide de planification et de conceptions*. Conseil national de recherche Canada. 1990.
- GCM, 2022. TR : *Approvisionnement en eau des opérations*. Courriel reçu de Melissa Tremblay le 30 août 2022.
- Hargreaves GH and Samani ZA. 1985. *Reference Crop Evapotranspiration from temperature*. Applied Engineering in Agriculture, 1(2):96-99. doi: 10.13031/2013.26773.
- MELCCFP, 2025. *Directive 019 sur l'industrie minière*, 13 février 2025. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).
- Osisko, 2022a. *Scénario de bilan hydrique vs heures annuelles*. Courriel reçu d'Andy Fortin le 15 juin 2022.
- Osisko, 2022b. TR : *Surveillance de la gestion de l'eau*. Courriel reçu d'Andy Fortin le 25 avril 2022.
- Osisko, 2023. *Windfall - Table Water Dewatering*. Courriel reçu de Kim-Quyên Nguyễn le 7 juillet 2023.
- Pysklywec DW, Davar KS, and Bray DI. 1968. *Snowmelt at an Index Plot*. Water Resources Research. doi: <https://doi.org/10.1029/WR004i005p00937>.
- WSP Golder. 2022a. *Paste Fill Rheological and UCS Testing for Osisko Development*. Windfall Project. . Reference No. 2148985704. September 26, 2022.
- WSP Golder. 2022b. *Detailed Climate Change Dataset*. Windfall Project. Reference No. GAL128-2148985706-R-RevB-05. 11 November 2022.
- WSP Golder, 2022c. *Rapport de lithologie, dxf de design*. Courriel reçu d'Andréanne Hamel le 19 août 2022.
- WSP, 2022. *Windfall - Bilans préliminaires d'eau pour les différents scénarios proposés*. Courriel reçu de Marilène Renaud le 13 mai 2022.
- WSP, 2023. *Tailings Management Facility Design in Support of the Feasibility Study*. GAL-134-2148985706-RA-Rev0. June 19 2023.
- WSP, 2024a. *Capacité de la conduite de décharge du bassin D*, Feuille de calcul de conception. Courriel reçu de Marc Deschamps le 29 août 2024. Réf. WSP : 221-11330-02-Rev1.
- WSP, 2025a. *Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement*. Projet minier Windfall. Rapport produit pour Gold Fields. Référence WSP : CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0007. 32 pages et annexes.
- WSP, 2025b. *Modèle de qualité d'eau à l'échelle du site pour la conception détaillée du projet minier Windfall*. 28 février 2025. No. Ref. 0617-CAWL-RE-WM-Rev0.
- WSP. 2025c. *Travaux 2023/2024 – Agrandissement de la halde à stériles et construction des infrastructures de gestion des eaux, Rapport de construction – Assurance et contrôle de la qualité*, Windfall. Rapport produit pour Groupe minier Windfall. Réf. WSP: CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0003. 35 pages et tableaux, figures, cartes et annexes.
- WSP, 2025d. *Étude de dilution des effluents en aval de la mine*. 22 juillet 2025. Réf. WSP : CAWL-TM-WM-0613-02-Rev2.

ANNEXE

A

PLAN DES
INFRASTRUCTURES
DE SURFACE





NOTES GÉNÉRALES

SYSTÈME DE COORDONNÉE :
UTM83-18 (UTM with NAD83 datum, Zone 18, Meter, Central Meridian 75d W)

FICHIERS SOURCE :

- COURBES TOPOGRAPHIQUES REPRÉSENTÉ AU MÈTRE, ISSUS DU RELEVÉ LIDAR FAIT LE 5 JUILLET 2024, TRANSMIS PAR LE CLIENT.
- INFRASTRUCTURES EXISTANTES - FICHIER "PLAN DE SURFACE.dwg", TRANSMIS PAR LE CLIENT LE 10 OCTOBRE 2020 ET MIS À JOUR EN AOÛT 2022.
- SURFACE DIFFÉRENTIELLE DE ROC CRÉE AVEC TOUS LES SONDAGES ET FORAGES RÉALISÉS PAR LE CLIENT ET SES SOUS-TRAITANTS.



AT	2025-03-27	EMIS POUR COORDINATION	J.B. S.D. E.P.
AS	2025-02-07	EMIS POUR COORDINATION	J.B. S.D. E.P.
AR	2024-11-13	EMIS POUR COORDINATION	J.B. S.D. E.P.
AQ	2024-09-19	EMIS POUR COORDINATION	J.B. S.D. E.P.
AP	2024-08-07	EMIS POUR COORDINATION	J.B. S.D. E.P.
AO	2024-06-20	EMIS POUR COORDINATION	J.B. S.D. E.P.
AN	2024-04-25	EMIS POUR COORDINATION	J.B. E.P. S.D.
AM	2024-02-22	EMIS POUR COORDINATION	J.B. E.P. S.D.
AL	2024-01-17	EMIS POUR COORDINATION	J.B. E.P. S.D.
AK	2023-11-09	EMIS POUR ÉTUDE D'IMPACT	J.B. E.P. S.D.

REV	DATE	DESCRIPTION	DES.	PRE.	VER.
-----	------	-------------	------	------	------

SCÉAU & SIGNATURE



CONÇU :	STÉPHAN DUPUIS, ing. OIQ #139669	2025-03-27
DESSINÉ :	JASMINE BIBEAU, tech.	2025-03-27
PRÉPARÉ :	STÉPHAN DUPUIS, ing. OIQ #139669	2025-03-27
VÉRIFIÉ :	ÉRIC POIRIER, ing. OIQ #120063	2025-03-27
ÉCHELLE :	1:4000	DATE

PROJET : **WINDFALL**

SOUS-PROJET : **INGÉNIERIE DE DÉTAIL**

TITRE : **INFRASTRUCTURE DE SURFACE ARRANGEMENT GÉNÉRAL SECTEUR INDUSTRIEL VUE EN PLAN**

NO. DESSIN : **CAWL-301-G-0602-AT**
CODE DE PROJET - SECTEUR - DISCIPLINE - NO. SEQ - REV

DERNIÈRE SAUVEGARDE : 2025-03-27
 DATE D'IMPRESSION : 2025-03-27
 C:\P\CAWL\WSP-CAWL-0602-AT\DWG-301-G-0602-AT.DWG
 CRENEAU : 1:4000

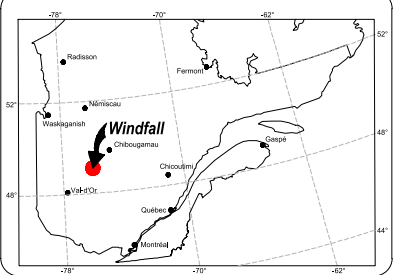
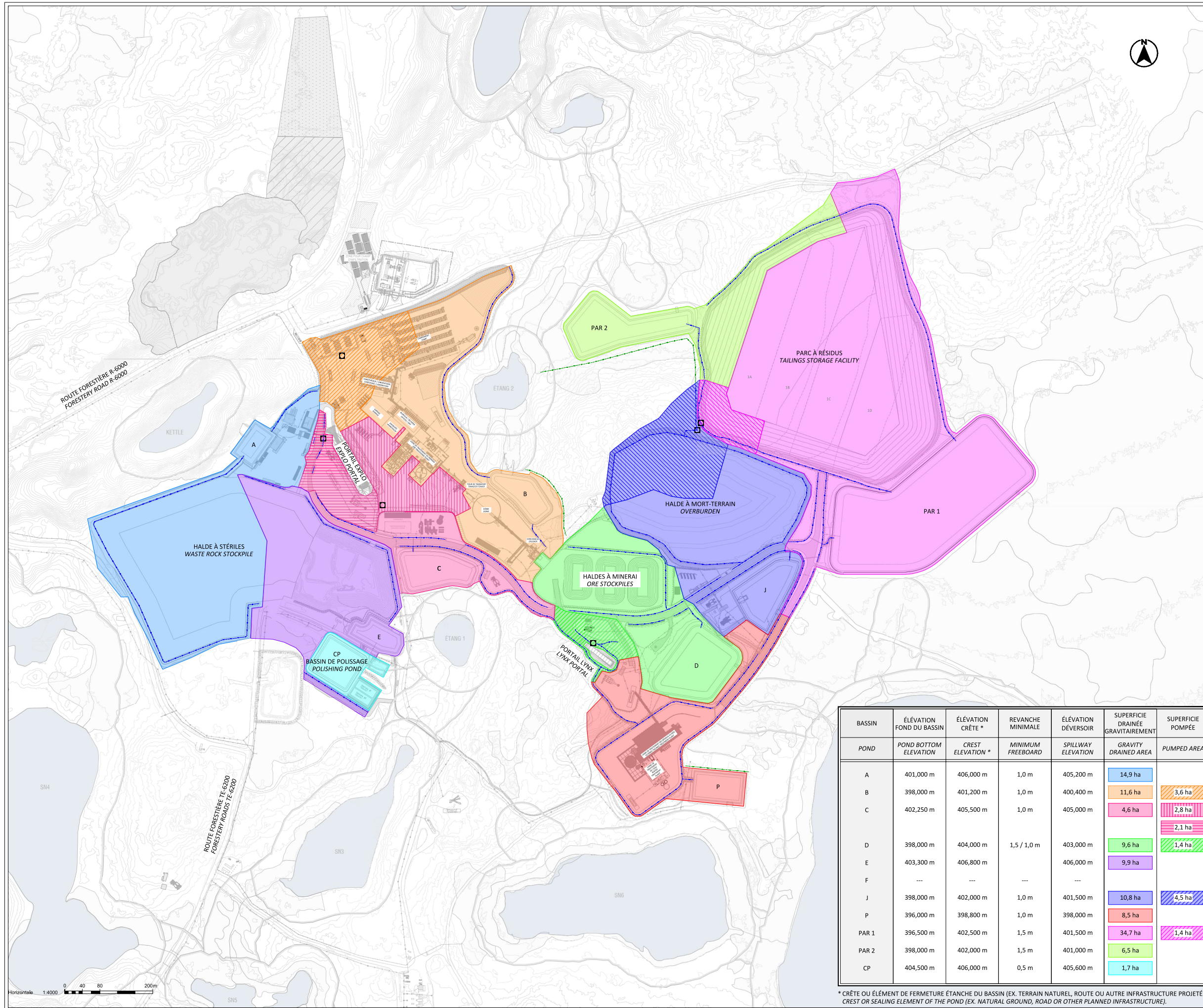


ANNEXE

B

BASSINS VERSANTS





NOTES GÉNÉRALES /
GENERALES SPECIFICATIONS

SYSTÈME DE COORDONNÉE / COORDINATE SYSTEM :
 UTM83-18 (UTM with NAD83 datum, Zone 18, Meter, Central Meridian 75d W)

LÉGENDE

- FOSSE EAU DE CONTACT / CONTACT WATER DITCH
- FOSSE DE DÉVIATION / DIVERSION DITCH
- POMPE / PUMP



A	2025-10-09	POUR INFORMATION FOR INFORMATION	J.B.	E.S.	R.B.
REV	DATE	DESCRIPTION	DES/PRE/VER/DRA	PRE/VER/VER	

SCEAU & SIGNATURE /
 SEAL & SIGNATURE



DESSINÉ / DRAWN: JASMINE BIBEAU, tech.
 PRÉPARÉ / PREPARED: ELSA SORMAIN, ing. OIQ #5040590
 VÉRIFIÉ / VERIFIED: RÉNATA BOILY, ing. OIQ #6030412
 ÉCHELLE / SCALE: 1 : 4000 | DATE / DATE: 2025-10-09

PROJET / PROJECT :
WINDFALL

SOUS-PROJET / SUBPROJECT :
MISE À JOUR DE LA FAISABILITÉ / FEASIBILITY UPDATE

TITRE / TITLE :
GESTION DES EAUX / CIVIL ENGINEERING
BASSINS VERSANTS - PHASE 1 / WATER MANAGEMENT
WATERSHEDS - PHASE 1 / PLAN VIEW

NO. DESSIN / DRAWING # :
CAWL-WSP0-2700-CI-DGA-0001

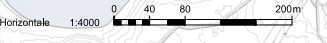
SITE	ORG.	SECT.	DISC.	TYPE	SEQ.
A1					A

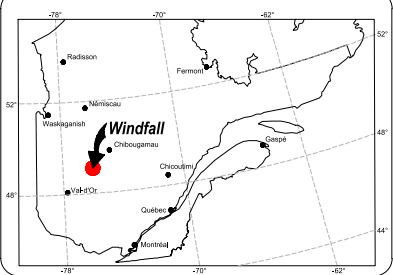
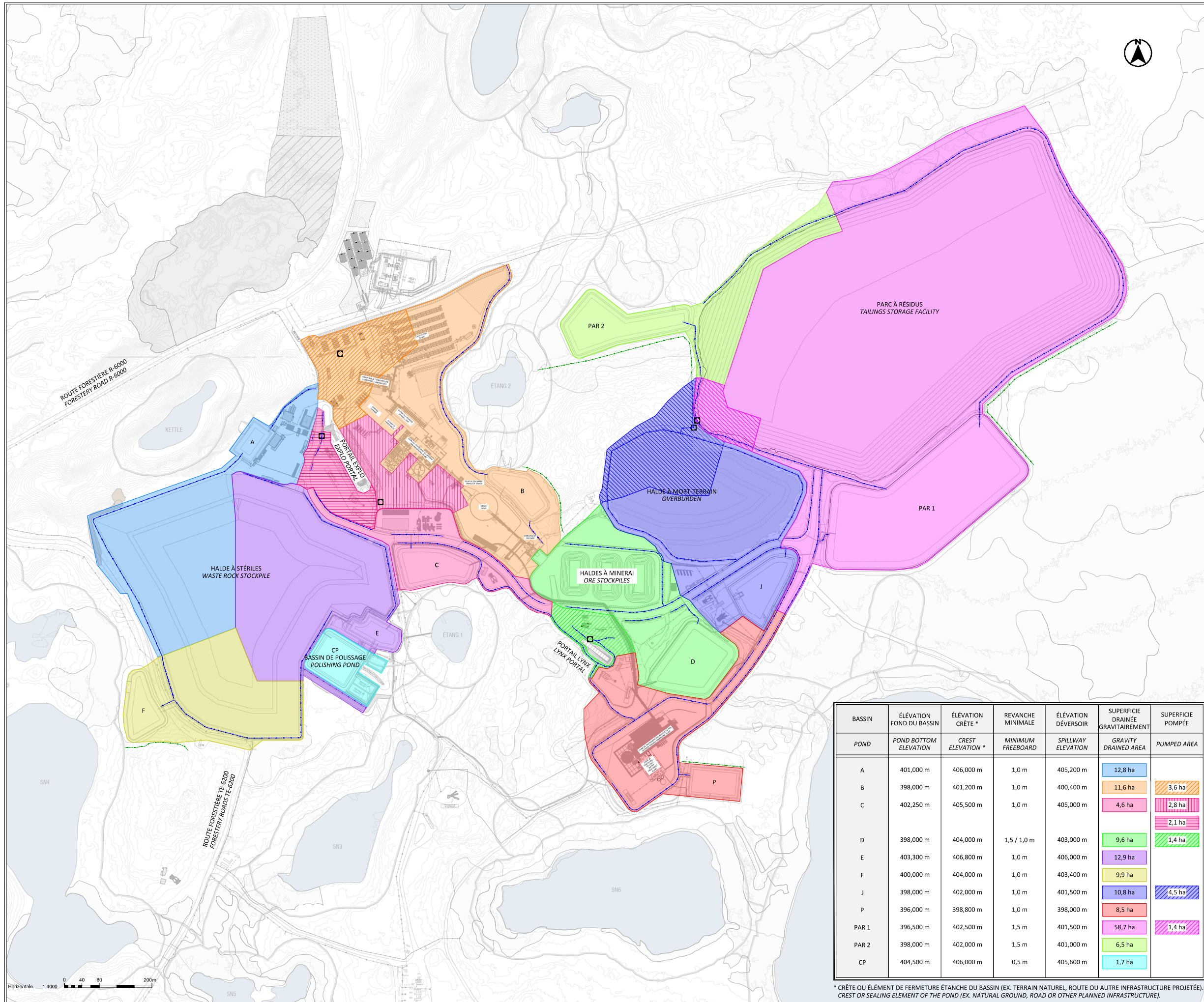
FORMAT PAPIER / PAPER SIZE : RÉVISION / REVISION :

BASSIN	ÉLÉVATION FOND DU BASSIN	ÉLÉVATION CRÊTE *	REVANCHE MINIMALE	ÉLÉVATION DÉVERSOIR	SUPERFICIE DRAINÉE GRAVITAIREMENT	SUPERFICIE POMPÉE
POND	POND BOTTOM ELEVATION	CREST ELEVATION *	MINIMUM FREEBOARD	SPILLWAY ELEVATION	GRAVITY DRAINED AREA	PUMPED AREA
A	401,000 m	406,000 m	1,0 m	405,200 m	14,9 ha	
B	398,000 m	401,200 m	1,0 m	400,400 m	11,6 ha	3,6 ha
C	402,250 m	405,500 m	1,0 m	405,000 m	4,6 ha	2,8 ha 2,1 ha
D	398,000 m	404,000 m	1,5 / 1,0 m	403,000 m	9,6 ha	1,4 ha
E	403,300 m	406,800 m		406,000 m	9,9 ha	
F						
J	398,000 m	402,000 m	1,0 m	401,500 m	10,8 ha	4,5 ha
P	396,000 m	398,800 m	1,0 m	398,000 m	8,5 ha	
PAR 1	396,500 m	402,500 m	1,5 m	401,500 m	34,7 ha	1,4 ha
PAR 2	398,000 m	402,000 m	1,5 m	401,000 m	6,5 ha	
CP	404,500 m	406,000 m	0,5 m	405,600 m	1,7 ha	

* CRÊTE OU ÉLÉMENT DE FERMETURE ÉTANCHE DU BASSIN (EX. TERRAIN NATUREL, ROUTE OU AUTRE INFRASTRUCTURE PROJETÉE).
 CREST OR SEALING ELEMENT OF THE POND (EX. NATURAL GROUND, ROAD OR OTHER PLANNED INFRASTRUCTURE).

DERNIÈRE SAUVÉGARDE / LAST BACKUP: 2025-10-10
 DATE D'IMPRESSION / PRINTING DATE: 2025-10-10
 CHEMIN D'ACCÈS / ACCESS PATH: C:\P\W\WSP-CI\01\06557351\CAWL-WSP0-2700-CI-DGA-0001.DWG





NOTES GÉNÉRALES / GENERALES SPECIFICATIONS
 SYSTÈME DE COORDONNÉE / COORDINATE SYSTEM :
 UTM83-18 (UTM with NAD83 datum, Zone 18, Meter, Central Meridian 75d W)

LÉGENDE
 FOSSE EAU DE CONTACT CONTACT WATER DITCH
 FOSSE DE DÉVIATION DIVERSION DITCH
 POMPE PUMP



A	2025-10-09	POUR INFORMATION FOR INFORMATION	J.B. E.S. R.B.
REV	DATE	DESCRIPTION	DES/PRE/VER/DRA/PRE/VER

SCEAU & SIGNATURE / SEAL & SIGNATURE



DESSINÉ / DRAWN: JASMINE BIBEAU, tech.
 PRÉPARÉ / PREPARED: ELSA SORMAIN, ing. OIQ #5040590
 VÉRIFIÉ / VERIFIED: RENATA BOILY, ing. OIQ #6030412
 ÉCHELLE / SCALE: 1 : 4000 | DATE / DATE: 2025-10-09

PROJET / PROJECT :
WINDFALL
 SOUS-PROJET / SUBPROJECT :
MISE À JOUR DE LA FAISABILITÉ FEASIBILITY UPDATE

TITRE / TITLE :
GESTION DES EAUX GÉNIE CIVIL BASSINS VERSANTS - PHASE OPÉRATION VUE EN PLAN WATER MANAGEMENT CIVIL ENGINEERING WATERSHEDS - OPERATION PHASE PLAN VIEW

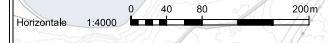
NO. DESSIN / DRAWING # :
CAWL-WSP0-2700-CI-DGA-0002

FORMAT PAPIER / PAPER SIZE : RÉVISION / REVISION :
A1 A

BASSIN	ÉLÉVATION FOND DU BASSIN	ÉLÉVATION CRÊTE *	REVANCHE MINIMALE	ÉLÉVATION DÉVERSOIR	SUPERFICIE DRAINÉE GRAVITAIREMENT	SUPERFICIE POMPÉE
POND	POND BOTTOM ELEVATION	CREST ELEVATION *	MINIMUM FREEBOARD	SPILLWAY ELEVATION	GRAVITY DRAINED AREA	PUMPED AREA
A	401,000 m	406,000 m	1,0 m	405,200 m	12,8 ha	
B	398,000 m	401,200 m	1,0 m	400,400 m	11,6 ha	3,6 ha
C	402,250 m	405,500 m	1,0 m	405,000 m	4,6 ha	2,8 ha 2,1 ha
D	398,000 m	404,000 m	1,5 / 1,0 m	403,000 m	9,6 ha	1,4 ha
E	403,300 m	406,800 m	1,0 m	406,000 m	12,9 ha	
F	400,000 m	404,000 m	1,0 m	403,400 m	9,9 ha	
J	398,000 m	402,000 m	1,0 m	401,500 m	10,8 ha	4,5 ha
P	396,000 m	398,800 m	1,0 m	398,000 m	8,5 ha	
PAR 1	396,500 m	402,500 m	1,5 m	401,500 m	58,7 ha	1,4 ha
PAR 2	398,000 m	402,000 m	1,5 m	401,000 m	6,5 ha	
CP	404,500 m	406,000 m	0,5 m	405,600 m	1,7 ha	

* CRÊTE OU ÉLÉMENT DE FERMETURE ÉTANCHE DU BASSIN (EX. TERRAIN NATUREL, ROUTE OU AUTRE INFRASTRUCTURE PROJETÉE).
 CREST OR SEALING ELEMENT OF THE POND (EX. NATURAL GROUND, ROAD OR OTHER PLANNED INFRASTRUCTURE).

DERNIÈRE SAUVÉGARDE / LAST BACKUP: 2025-10-10
 DATE D'IMPRESSION / PRINTING DATE: 2025-10-10
 CHEMIN D'ACCÈS / ACCESS PATH: C:\P\W\WSP-CI\01\06557351\CH\W\WSP0-2700-CI-DGA-0002.DWG



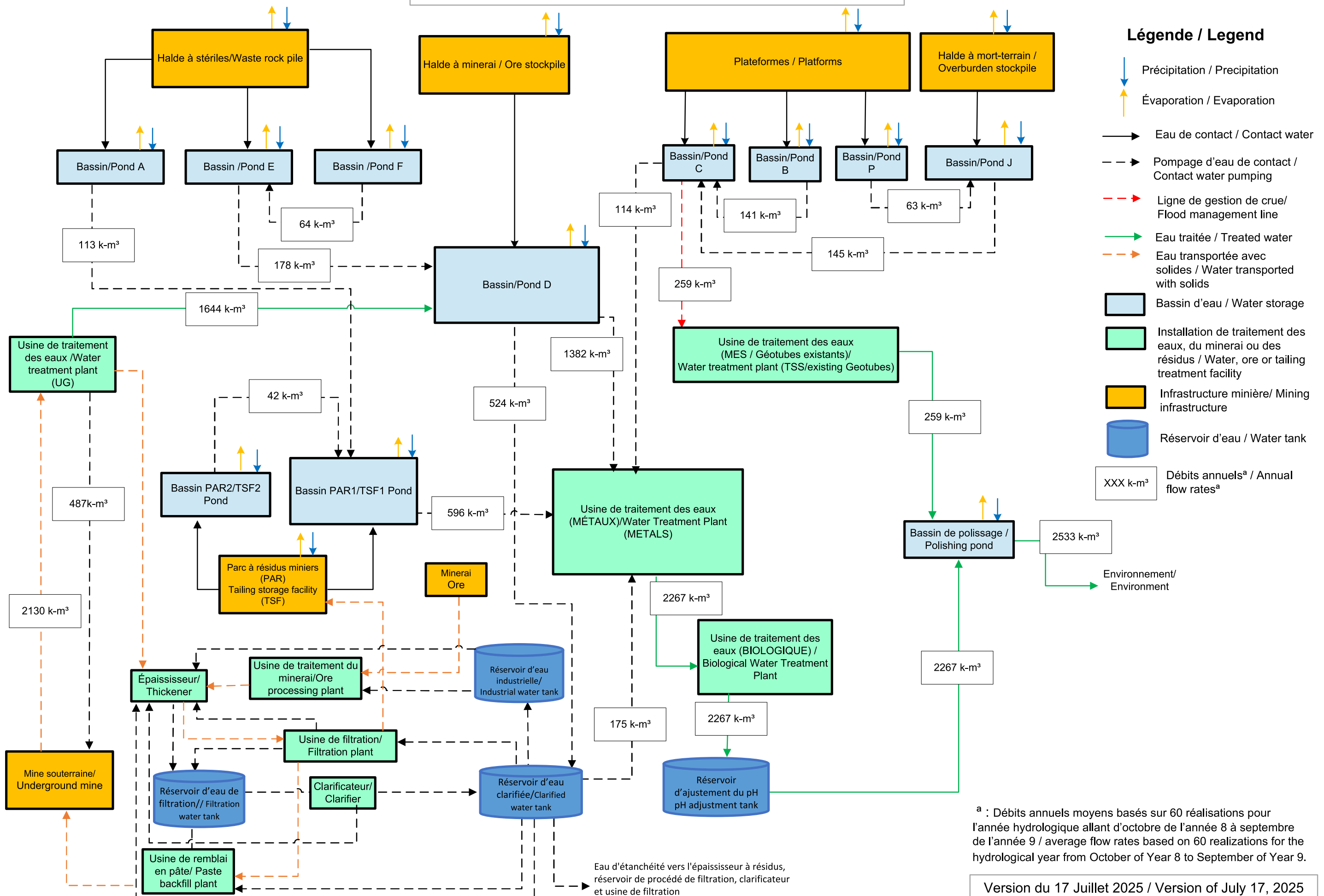
ANNEXE

C

DIAGRAMMES DE FLUX



Projet Windfall – Diagramme de flux/Flowchart – Phase 2



Légende / Legend

- Précipitation / Precipitation
- Évaporation / Evaporation
- Eau de contact / Contact water
- Pompage d'eau de contact / Contact water pumping
- Ligne de gestion de crue / Flood management line
- Eau traitée / Treated water
- Eau transportée avec solides / Water transported with solids
- Bassin d'eau / Water storage
- Installation de traitement des eaux, du minerai ou des résidus / Water, ore or tailing treatment facility
- Infrastructure minière / Mining infrastructure
- Réservoir d'eau / Water tank
- XXX k-m³ Débits annuels^a / Annual flow rates^a

^a : Débits annuels moyens basés sur 60 réalisations pour l'année hydrologique allant d'octobre de l'année 8 à septembre de l'année 9 / average flow rates based on 60 realizations for the hydrological year from October of Year 8 to September of Year 9.

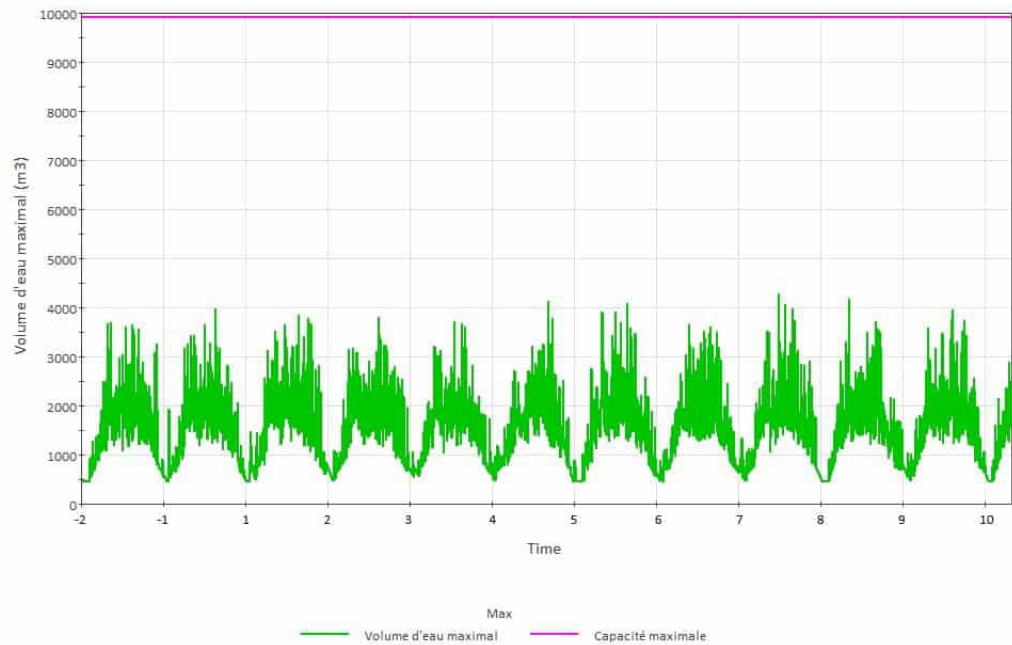
Eau d'étanchéité vers l'épaisseur à résidus, réservoir de procédé de filtration, clarificateur et usine de filtration

ANNEXE

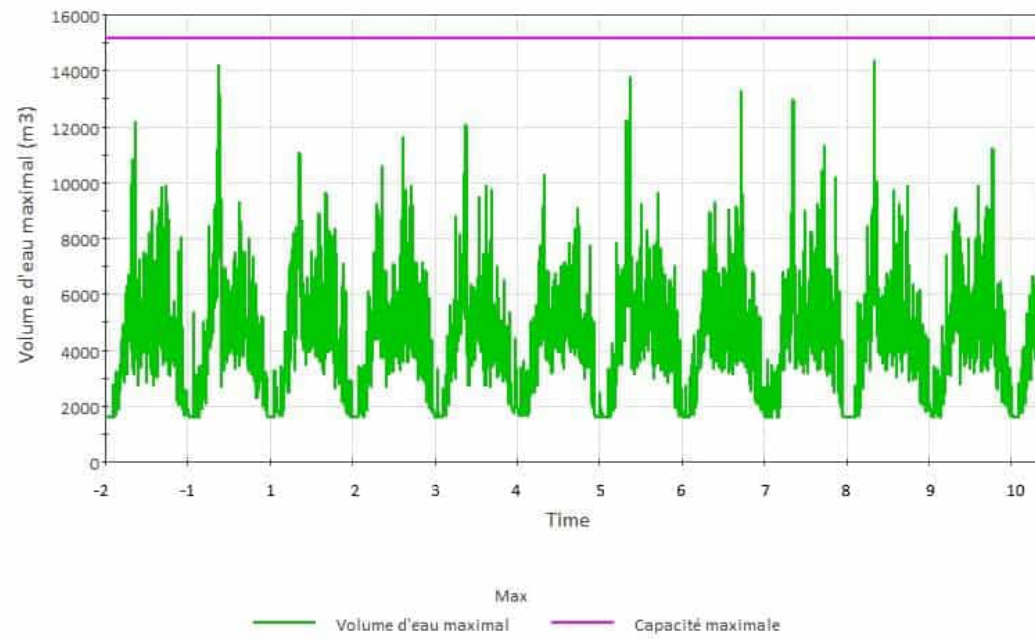
D

VOLUME JOURNALIER
MAXIMAL POUR LES
60 RÉALISATIONS

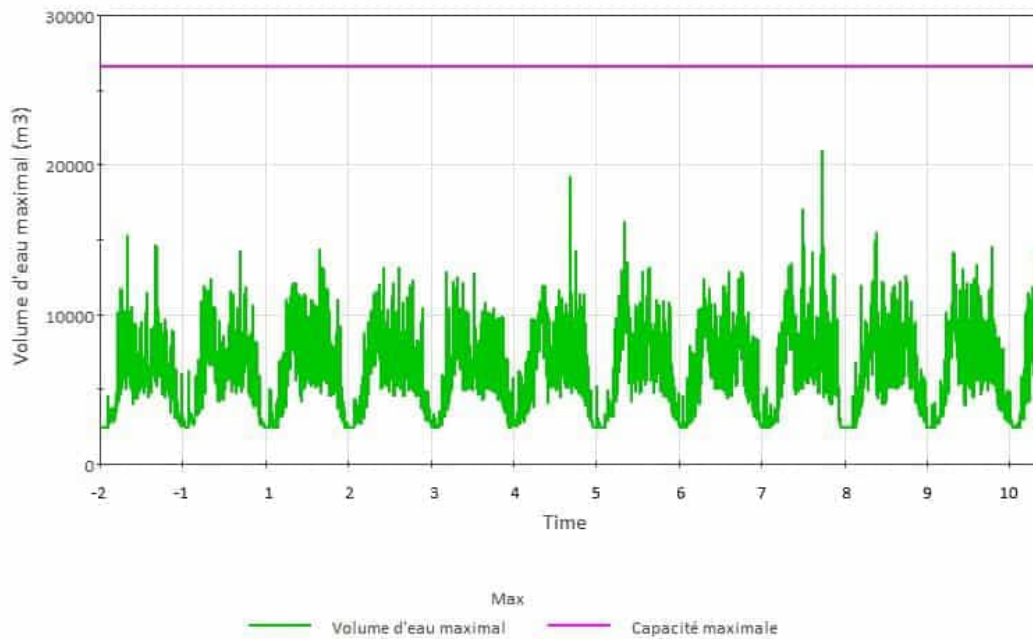
Bassin A



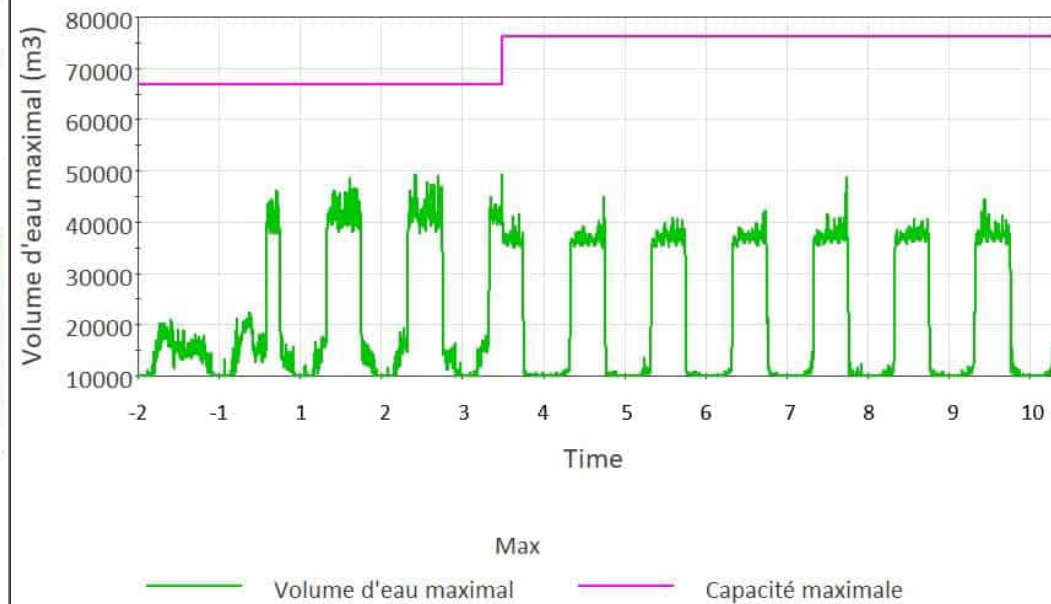
Bassin B



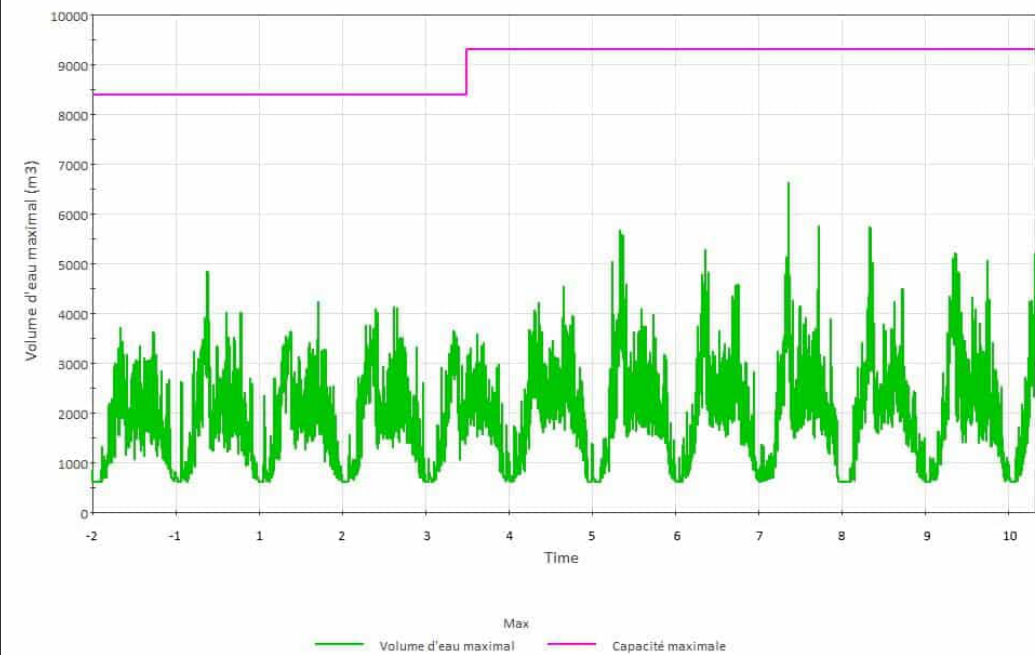
Bassin C



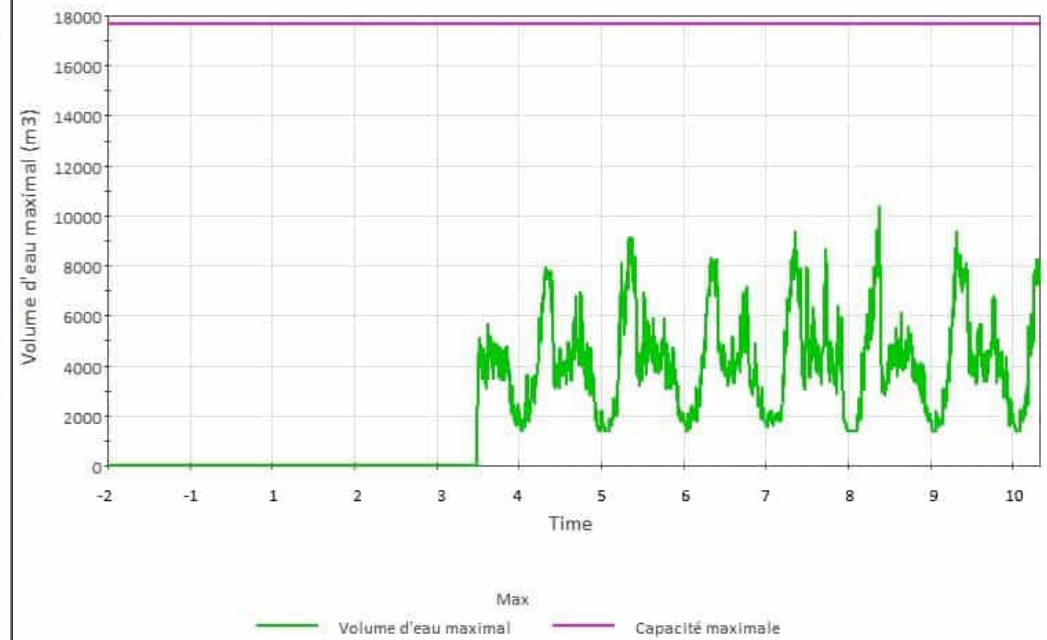
Bassin D



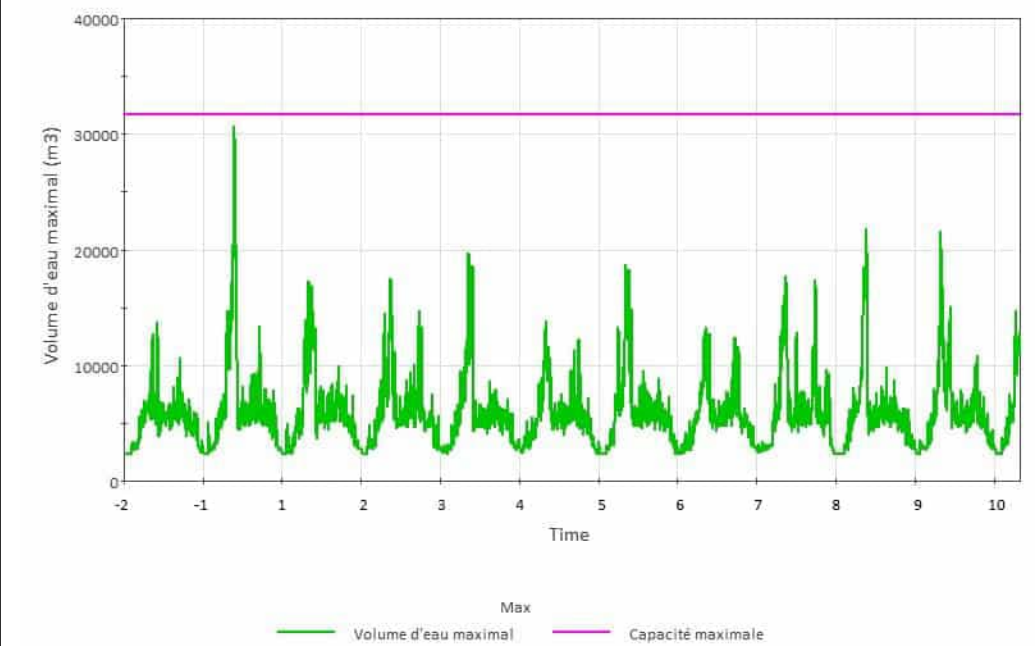
Bassin E



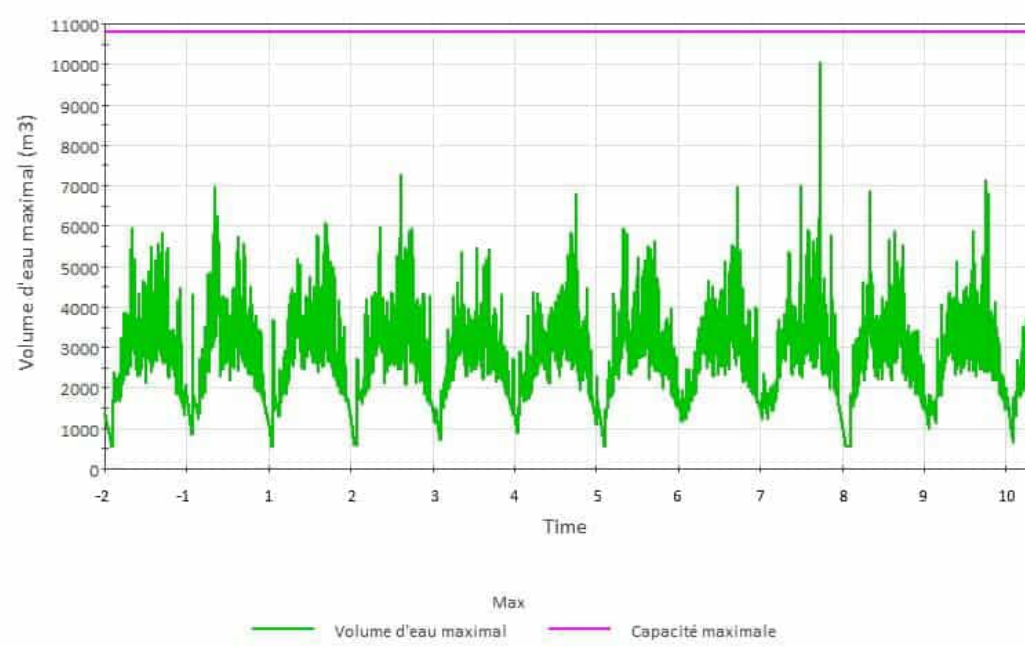
Bassin F



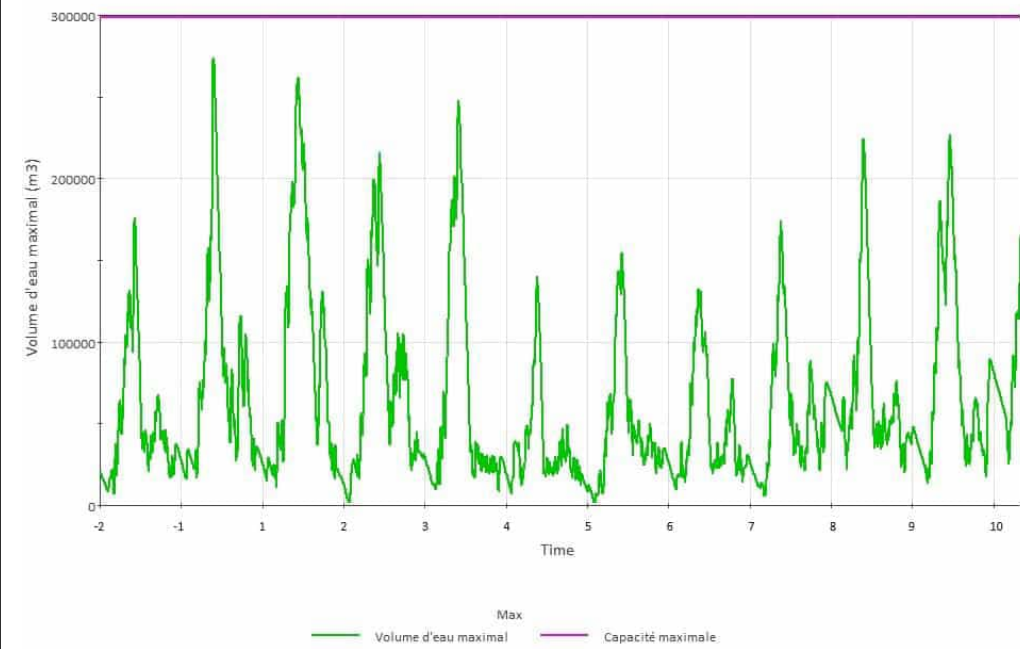
Bassin J



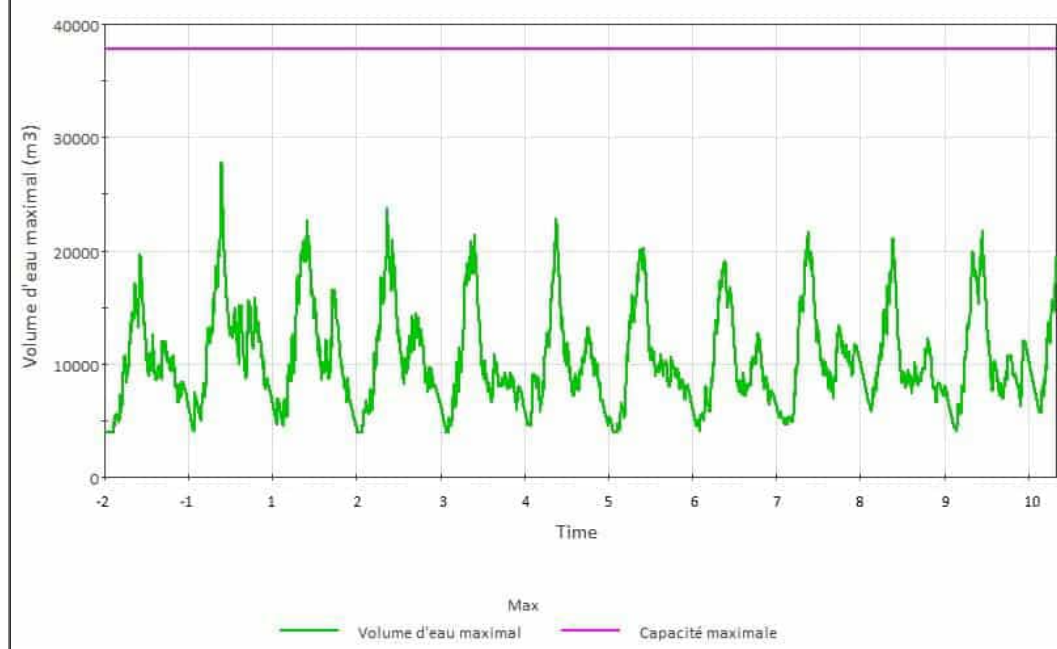
Bassin P



Bassin PAR 1



Bassin PAR 2



wsp





Annexe C

Bassin E — Analyses de stabilité



CONFIDENTIEL

Groupe Minier Windfall Inc. (Gold Fields) **BASSIN E – ANALYSES DE STABILITÉ**

Projet minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James,
Québec

2025-12-16

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0





Distribution du document

Groupe Minier Windfall Inc. (Gold Fields)

BASSIN E – ANALYSES DE STABILITÉ

Projet minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James, Québec

Mémoire technique

2025-12-16

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Préparé pour


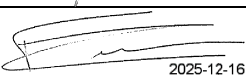
Groupe Minier Windfall Inc. (Gold Fields)

1100, av. des Canadiens-de-Montréal, suite 200, Montréal, Québec, H3B 2S2

Préparé par

WSP Canada Inc.

1600, boul. René-Lévesque Ouest, Montréal, Québec, H3H 1P9

Contrôle de la qualité	Nom	Date	Signature
Préparé par :	Manuel Cossette, ing. (OIQ n° 5052479)	2025-12-15	
Revu et approuvé par :	Frederic Choquet, ing. (OIQ n° 5030251)	2025-12-16	 2025-12-16

Révisions

Rév.	Date	Information détaillée
0	2025-12-16	Mémoire technique final

Limitations générales

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

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

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

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

Table des matières

1.	Introduction	7
1.1	Mise en contexte	7
1.2	Mandat et objectifs	7
2.	Bases et critères de conception	8
2.1	Conditions du site	8
2.1.1	Topographie	8
2.1.2	Hydrologie	8
2.1.3	Géochimie	8
2.1.4	Sols de fondation et hydrogéologie	9
2.1.5	Sismicité du site	9
2.2	Classification des conséquences de rupture des digues des bassins	9
2.3	Évaluation de la stabilité des bassins	10
2.3.1	Méthode de calculs	10
2.3.2	Conditions de chargement et facteurs de sécurité	10
2.3.3	Paramètres sismiques	11
2.3.4	Propriétés géotechniques des matériaux	12
3.	Conception du bassin E	15
3.1	Fondations et matériaux de construction	15
3.1.1	Fondations du bassin	15
3.1.2	Corps des digues	15
3.1.3	Géomembrane	15
3.2	Conception du bassin E	16
3.2.1	Localisation et configuration	16
3.2.2	Analyses de stabilité	17
3.2.3	Déversoir d'urgence	20
4.	Conclusion	21
4.1	Conclusion	21
5.	Références	22



Tableau 2-1	Accélération maximale du sol (AMS) déterminée pour le site ⁽¹⁾	9
Tableau 2-2	Classification des conséquences de rupture des digues du bassin E	10
Tableau 2-3	Facteurs de sécurité (FS) minimaux ciblés pour les analyses de stabilité du bassin E	11
Tableau 2-4	Sélection des PAD pour les séismes de conception en phase d'opération du bassin E	11
Tableau 2-5	Propriétés géotechniques des matériaux utilisés dans les analyses de stabilité – bassin E	13
Tableau 2-6	Ratios de résistance au cisaillement pour les sols de fondation en conditions non drainées – bassin E	14
Tableau 3-1	Critères de conception spécifiques et caractéristiques du bassin E	16
Tableau 3-2	Justification du choix des coupes analysées – Bassins BE1 et BE2	17
Tableau 3-3	Résultats des analyses de stabilité de la coupe BE1	18
Tableau 3-4	Résultats des analyses de stabilité de la coupe BE2	19
Tableau 3-5	Caractéristiques du déversoir d'urgence du bassin E	20

Annexe A – Analyses de stabilité

1. Introduction

1.1 Mise en contexte

Groupe Minier Windfall Inc. (Gold Fields) souhaite mettre en exploitation un complexe minier comprenant une mine souterraine, afin d'y extraire de l'or et de procéder à son traitement sur place.

Le complexe minier Windfall (Windfall, le site) est situé au nord du 49^e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur le territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Windfall se trouve à environ 285 km au nord-est de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon.

1.2 Mandat et objectifs

Ce rapport présente une mise à jour de la conception du bassin E prévu pour la gestion des eaux de la halde à stériles. Ce rapport concerne uniquement les aspects géotechniques de l'infrastructure susmentionnée.

Ce rapport a pour objectif de présenter une mise à jour des éléments suivants en lien avec le bassin E :

- Bases et critères de conception;
- Configuration;
- Stabilité géotechnique.

2. Bases et critères de conception

2.1 Conditions du site

2.1.1 Topographie

Les données topographiques fournies par Gold Fields et utilisées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Relevé topographique LiDAR daté du 5 juillet 2024 (Gold Fields, 2024);
- Plan de surface des infrastructures existantes - mis à jour en 2022 (Gold Fields, 2022).

2.1.2 Hydrologie

Les données hydrologiques pertinentes à la présente étude sont issues du *Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement* émis en 2025 (WSP, 2025). Cette révision du plan de gestion des eaux présente entre autres une mise à jour de la conception des infrastructures de gestion des eaux selon les événements de conception.

2.1.3 Géochimie

Les données géochimiques pertinentes à la présente étude sont issues du *Rapport de caractérisation géochimique des matériaux miniers* (WSP, 2024a). Selon les résultats des essais de prédiction du drainage minier acide (DMA) et de lixiviation :

- Certaines lithologies de roches stériles sont considérées comme PGA¹, alors que d'autres sont considérées comme NPGA²;
- L'ensemble des lithologies de roche stériles sont caractérisées comme potentiellement lixiviables en métaux;
- L'unité de roches stériles I3A (NPGA) pourrait convenir comme matériau de construction du point de vue géochimique (Ecometrix, 2024);
- La durée du potentiel de neutralisation des roches stériles est de 2 ans à 304 ans;
- Le mort-terrain est considéré comme NPGA et le risque de lixiviation en métaux à des concentrations supérieures aux teneurs de fond est jugé négligeable.

¹ Potentiellement génératrices d'acide.

² Non potentiellement génératrices d'acide.

2.1.4 Sols de fondation et hydrogéologie

Les informations sur les sols de fondation et les conditions hydrogéologiques pertinentes à la présente étude sont issues des investigations géotechniques et hydrogéologiques complétées au site à ce jour.

La surface du socle rocheux a été modélisée à partir de l'ensemble des sondages réalisés par le propriétaire de Windfall et ses sous-traitants. La profondeur du roc est généralement la plus faible dans le secteur central du site, soit dans le secteur des haldes à minerai et à mort-terrain.

2.1.5 Sismicité du site

Une analyse probabiliste de l'aléa sismique spécifique au site (*PSHA*) ainsi qu'un développement de l'historique temporel d'accélération du sol ont été réalisés par WSP (WSP, 2024b). Les mouvements sismiques du sol ont été déterminés pour deux profils de sols de fondation distincts selon des périodes de récurrence, ou probabilités annuelles de dépassement (PAD), de 1 / 2 475 ans et de 1 / 10 000 ans. Les valeurs d'accélération à période spectrale nulle, ou accélération maximale du sol (AMS), sont résumées dans le Tableau 2-1.

Tableau 2-1 Accélération maximale du sol (AMS) déterminée pour le site⁽¹⁾

PAD	AMS moyen (g)		Magnitude moyenne (Mw)	Accélération sismique horizontale (k _n)
	V _{S30SURF} ⁽²⁾ = 200 m/s	V _{S30REF} ⁽³⁾ = 2000 m/s		
1 / 2 475 ans	0,084	0,077	7,3	0,042
1 / 10 000 ans	0,149	0,146	7,7	0,074

⁽¹⁾ Bien que les valeurs d'accélération définies par la *PSHA* soient initialement déterminées pour une période spectrale de 0,4 s, correspondant à la période naturelle de l'empilement de résidus filtrés et de ses fondations, WSP juge conservateur et de bonne pratique d'employer les résultats à l'AMS issus de l'analyse spécifique au site dans le cadre de la conception des bassins.

⁽²⁾ V_{S30SURF} est mesurée à la surface du terrain naturel.

⁽³⁾ V_{S30REF} est mesurée à la surface du socle rocheux.

2.2 Classification des conséquences de rupture des digues des bassins

Le Tableau 2-2 résume les résultats de l'étude de bris de digue *Windfall Mining Project - Consequence Category Assessment and Dam Breach Analysis* (WSP, 2024c) réalisée selon les lignes directrices du bulletin technique de l'Association canadienne des barrages (ACB) (ACB, 2019). Cette classification permet de déterminer les niveaux de conséquence associés aux scénarios de rupture du bassin E. Ces niveaux de conséquence sont nécessaires à la détermination des PAD pour la définition des séismes de conception ainsi que pour la sélection des facteurs de sécurité requis pour la réalisation des analyses de stabilité.

Tableau 2-2 Classification des conséquences de rupture des digues du bassin E

Bassin	Population à risque (PaR)	Pertes de vie (PLL)	Pertes sur le plan de l'environnement et de la culture	Pertes d'infrastructures	Classement de l'ouvrage
E	Risque important	Risque important	Risque important	Risque faible	Risque important

2.3 Évaluation de la stabilité des bassins

Une mise à jour des analyses de stabilité géotechnique du bassin E a été effectuée dans le cadre de la présente étude.

2.3.1 Méthode de calculs

Les analyses de stabilité des digues du bassin ont été réalisées au moyen de modélisations numériques employant la méthode d'équilibre limite en 2D (LE) via le logiciel SLOPE/W de GeoSlope International. Cette méthode satisfait l'équilibre des forces et des moments. La représentation en 2D constitue une simplification conservatrice de la stabilité globale.

Pour chacune des analyses, le facteur de sécurité de plusieurs surfaces de rupture potentielles a été calculé afin de déterminer les surfaces critiques présentant les plus bas facteurs de sécurité. Les méthodes « entrée-sortie » et « grille et rayons » ont été utilisées pour spécifier les zones de recherche de surfaces de ruptures circulaires. L'option d'optimisation incrémentale a été appliquée pour toutes les analyses afin de raffiner la géométrie des surfaces de rupture et de préciser les facteurs de sécurité obtenus.

2.3.2 Conditions de chargement et facteurs de sécurité

La stabilité du bassin doit être assurée sous l'effet de sollicitations statiques et dynamiques, tant à court qu'à long terme. Conformément aux recommandations du *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* du MRNF³ (Guide de restauration) (MRNF, 2024), l'évaluation de la stabilité du bassin a retenu les valeurs des facteurs de sécurité minimaux à vérifier pour chaque condition de chargement présentée au Tableau 2-3 suivant.

³ Ministère des Ressources naturelles et des Forêts du Québec.

Tableau 2-3 Facteurs de sécurité (FS) minimaux ciblés pour les analyses de stabilité du bassin E

Zone	Conditions de chargement	Facteurs de sécurité minimaux ciblés
Amont et aval	Analyse statique	
	Stabilité des pentes, à la fin de chaque étape de construction	1,3
	Stabilité des pentes en présence de la crue de projet	1,5
	Analyse post-sismique	
	Analyse post-sismique	1,1
	Analyse pseudo-statique	
	Analyse pseudo-statique	1,1

Puisqu'il est prévu d'utiliser une géomembrane en talus amont des digues (voir section 3.1.3), le scénario de vidange rapide n'a pas été évalué dans le cadre de cette mise à jour. En effet, il est considéré que le comportement des matériaux constituant le corps des digues du bassin E demeurera drainé.

L'accélération sismique horizontale (k_h) retenue pour l'analyse pseudo-statique correspond à 50% de l'accélération maximale du sol (AMS), comme préconisé dans l'approche de Hynes-Griffin et Franklin (Hynes-Griffin & Franklin, 1984) (voir Tableau 2-1).

Enfin, puisqu'il est prévu que le bassin E demeure vide durant la période hivernale, la stabilité des talus amont du bassin E a été évaluée sans considérer le poids des eaux retenues.

2.3.3 Paramètres sismiques

Le Tableau 2-4 présente les PAD à considérer selon la correspondance des classifications de rupture des digues du bassin E résumée au Tableau 2-2 avec le bulletin technique de l'ACB (ACB, 2019), et selon la *Directive 019 sur l'industrie minière* du MELCCFP⁴ (D019) (MELCCFP, 2025).

Tableau 2-4 Sélection des PAD pour les séismes de conception en phase d'opération du bassin E

Bassin	PAD à retenir selon la D019 (MELCCFP, 2025)	PAD retenue pour la définition du séisme de conception
E	1/2475	1/2475

⁴ Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec.



Les sondages réalisés dans l’empreinte du bassin E montrent la présence d’un horizon contractant d’une épaisseur de 0,76 m. Aucun horizon liquéfiable n’a été identifié dans les sondages réalisés dans l’empreinte du bassin E.

2.3.4 Propriétés géotechniques des matériaux

Les propriétés géotechniques des divers matériaux ont été déterminées à partir des informations recueillies lors des campagnes d’investigation géotechnique dans les secteurs étudiés, ainsi qu’à partir des résultats d’essais géotechniques en laboratoire réalisés à ce jour. Dans le cadre de cette étude, les analyses de stabilité utilisent des paramètres de résistance au cisaillement non drainés pour les matériaux contractants et des paramètres effectifs (drainés) pour les matériaux granulaires dilatants. Les matériaux constituant les digues du bassin E seront compactés de telle sorte qu’ils sont traités comme des matériaux dilatants. Le Tableau 2-5 résume les propriétés géotechniques des matériaux utilisées dans le cadre des analyses de stabilité du bassin E. Le Tableau 2-6 présente les ratios de résistance au cisaillement pour les sols de fondation contractants.

Tableau 2-5 Propriétés géotechniques des matériaux utilisés dans les analyses de stabilité – bassin E

Matériaux	Masse volumique ⁽¹⁾ γ (kN/m ³)	Modèle de résistance en conditions drainées		Modèle de résistance en conditions non drainées			
		Angle de friction interne Φ' (°)	Cohésion c' (kPa)	Résistance minimum au pic (kPa)	Ratio de résistance au cisaillement au pic S_u/σ'_v	Résistance minimum en condition post-pic/post-liquéfaction (kPa)	Ratio de résistance au cisaillement en conditions post-pic/post-liquéfaction, $S_{u,liq}/\sigma'_v$
Matériaux de construction							
Matériaux granulaires (Série 2) ⁽²⁾	19,0 ⁽³⁾	33,0 ⁽⁴⁾	0,0	N/A	N/A	N/A	N/A
Pierres concassées (Série 3) ⁽²⁾	20,5	38,0	0,0	N/A	N/A	N/A	N/A
Enrochement (Série 4) ⁽²⁾	20,5	42,0 ⁽⁵⁾	0,0	N/A	N/A	N/A	N/A
Interface matériaux/géosynthétiques	19,0 ⁽⁶⁾	26,0 ⁽⁷⁾	8,0 ⁽⁷⁾	N/A	N/A	N/A	N/A
Sols de fondation							
Silt à silt sableux, lâche	17,0 ⁽⁸⁾	27,0 ⁽⁸⁾	0,0 ⁽⁹⁾	Voir Tableau 2-6 ⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾			
Sable avec traces de silt à sable et silt, lâche	18,0 ⁽⁸⁾	28,0 ⁽⁸⁾	0,0 ⁽⁹⁾				
Autres sols granulaires	20,5 ⁽⁸⁾	36,0 ⁽⁸⁾	0,0 ⁽⁹⁾	N/A	N/A	N/A	N/A
Substratum (impénétrable)							

⁽¹⁾ À des fins de simplification, une seule valeur de masse volumique est considérée pour chaque matériau, indépendamment des différents niveaux de saturation.

⁽²⁾ D'après les exigences techniques portant sur les matériaux de construction.

⁽³⁾ Basé sur les essais Proctor réalisés dans le cadre du programme de contrôle qualité de la précédente campagne de construction.

⁽⁴⁾ Basé sur des essais de cisaillement direct réalisés sur des horizons de sols granulaires qui seront recyclés pour constituer le remblai de masse des digues et tabliers.

⁽⁵⁾ Si davantage adapté, le modèle de Leps (Hawley & Cuning, 2017) et ses réécritures est employé pour décrire la résistance au cisaillement des enrochements. C'est notamment le cas pour les enrochements de protection des talus de bassins soumis à des contraintes verticales limitées.

⁽⁶⁾ Pour des raisons de modélisation numérique, le système de revêtement est modélisé plus épais que dans la réalité. Afin de compenser cette surestimation du profil de contraintes, une masse volumique plus élevée a été considérée.

⁽⁷⁾ Basé sur les tableaux de l'Institut de recherche sur les géosynthétiques (Koerner & Narejo, 2005).

⁽⁸⁾ Basé sur l'interprétation des résultats des essais SPT et (S)CPT des campagnes d'investigation complétées à ce jour au moyen de lois de paramétrisation proposées par la 5^{ème} édition du *Canadian Foundation Engineering Manual* (SCG, 2023).

⁽⁹⁾ En conditions drainées, les sols de fondation sont estimés non cohésifs sur la base d'observations faites au sortir des diverses campagnes d'investigation et des essais de laboratoire.

⁽¹⁰⁾ Les paramètres de résistance au cisaillement en conditions non drainées au pic ont été évalués pour les horizons de fondation contractants, sur la base du paramètre d'état, indépendamment du type de matériau.

⁽¹¹⁾ Pour la condition de chargement post-sismique, le ratio de résistance au cisaillement post-pic des sols contractants a été supposé similaire à celui du ratio de résistance au cisaillement post-liquéfaction (Aubertin, 2024).

Tableau 2-6 Ratios de résistance au cisaillement pour les sols de fondation en conditions non drainées – bassin E

Sols de fondation	Ratio de résistance au cisaillement, S_u/σ'_v		Résistance minimum, S_u (kPa)	
	Pic ⁽¹⁾	Post-pic/post-liquéfaction	Pic ⁽¹⁾	Post-liquéfaction/post-pic
Silt à silt sableux, lâche	0,23	0,09	5,0	3,0
Sable avec traces de silt à sable et silt, lâche	0,22	0,06	5,0	3,0

⁽¹⁾ Les paramètres de résistance sont diminués de 20% pour les analyses en conditions de chargement sismique (pseudo-statique).

3. Conception du bassin E

Une analyse du terrain en place a été effectuée afin de valider la topographie, la localisation des milieux humides et des cours d'eau ainsi que la stratigraphie des sols de fondation, la profondeur du roc et la localisation de la nappe d'eau souterraine. Cette analyse a guidé la localisation et la conception du dit bassin. Les sections suivantes présentent en détail la conception du bassin E.

3.1 Fondations et matériaux de construction

3.1.1 Fondations du bassin

Le bassin E reposera sur le terrain naturel ou sur une surface de roc obtenue par dynamitage. La préparation des fondations en sols naturels comprend le retrait de la végétation et des sols organiques de l'empreinte complète du bassin jusqu'à l'atteinte d'un sol minéral compétent. La surface obtenue est ensuite nivelée et compactée. La préparation des surfaces de roc obtenues par dynamitage comprend généralement leur écaillage afin d'obtenir des surfaces lisses et uniformes.

3.1.2 Corps des digues

Les digues du bassin E sera composée de matériaux granulaires compactés NPGA. Le remblai utilisé devra être exempt de matière organique et de particules supérieures à 200 mm. Ce matériau proviendra de l'excavation du sol meuble compétent non-organique prévue dans l'emprise des bassins sur le site (matériau composé de sable naturel, recyclé).

3.1.3 Géomembrane

Compte tenu de la nature des milieux naturels près du bassin E ainsi que des propriétés chimiques générales attendues des eaux de contact à gérer (WSP, 2024c), l'ajout d'une géomembrane est recommandé.

Une géomembrane en polyéthylène haute densité (PEHD) a été retenue pour les infrastructures de gestion des eaux du site, notamment en raison de sa résistance élevée aux agressions chimiques et de sa résistance élevée en tension.

La géomembrane du fond et des talus amont du bassin reposera sur une surface d'assise en matériau granulaire de calibre 0-5 mm. La géomembrane sera ancrée dans une clé d'ancrage d'une profondeur et largeur minimales de 0,5 m. Il est prévu de recouvrir la géomembrane du bassin afin de la protéger du rayonnement UV et de réduire les risques de perforation durant l'opération de bassin. Une couche d'enrochement NPGA de calibre 20-600 mm sera mise en place à cette fin au-dessus de l'ensemble de la géomembrane, à l'exception des déversoirs d'urgence. Cette couche d'enrochement agira également comme lestage de la géomembrane afin de prévenir son soulèvement par le vent et par la pression hydrostatique de l'eau souterraine. Préalablement à l'aménagement de la couche d'enrochement, une

couche en matériau granulaire de calibre 0-5 mm sera d'abord mise en place sur la géomembrane, suivie d'un géotextile de séparation pour assurer la compatibilité avec le matériau d'enrochement.

3.2 Conception du bassin E

3.2.1 Localisation et configuration

Le bassin E, requis pour la gestion des eaux de la halde à stériles, est situé au sud-est de la halde à stériles. La localisation du bassin E présente les contraintes d'aménagement suivantes :

- situé en milieu anthropique;
- la halde à stériles bordant la limite nord-ouest;
- le bassin de polissage bordant la limite sud-ouest;
- zone tampon de 60 m de l'Étang 1 directement à l'est du bassin E;
- présence de couches de fondation contractantes.

Le bassin E a été conçu avec une partie en excavation et une partie en remblai. Le Tableau 3-1 présente les critères de conception spécifiques et les caractéristiques du bassin E.

Tableau 3-1 Critères de conception spécifiques et caractéristiques du bassin E

Critères de conception spécifiques	
Volume disponible ⁽¹⁾	8 410 m ³ ⁽²⁾
Élévation moyenne de l'eau souterraine	403 m
Élévation du seuil du déversoir d'urgence	406,1 m ⁽²⁾
Revanche minimale	1,0 m ⁽²⁾
Élévation de la crête du bassin	406,8 m ⁽²⁾
Élévation du fond du bassin *	403,3 m ⁽²⁾
Caractéristiques	
Pente amont du bassin	3H:1V
Pente aval du bassin	2,5H:1V
Largeur de la crête des digues	5 m
Hauteur maximale des digues	2,5 m
Épaisseur de la couche d'enrochement **	1 000 mm

⁽¹⁾ Incluant le volume mort et en fonction de la revanche minimale requise.

⁽²⁾ Valeur tirée du *Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement* (WSP, 2025).

* Le fond du bassin correspond au sommet de la couche d'enrochement.

** L'épaisseur d'enrochement inclut 150 mm de matériau granulaire.

3.2.2 Analyses de stabilité

3.2.2.1 Stratigraphie

Selon les rapports de sondages, la stratigraphie à partir de la surface dans l’empreinte du bassin E se présente généralement comme suit :

- une couche de sols ou de remblai sableux d’une épaisseur allant de 0,1 m à 2,13 m;
- dépôt principalement composé de sable, avec des proportions variables de silt et de gravier, présentant une compacité allant de lâche à très dense sur une épaisseur de 3,56 m à 5,59 m;
- le socle rocheux a été rencontré à des profondeurs comprises entre 4,34 m et 6,30 m.

3.2.2.2 Sélection des coupes

Le Tableau 3-2 présente les coupes sélectionnées pour le bassin E ainsi que la justification des coupes à analyser. La localisation des coupes est présentée à l’Annexe B.

Tableau 3-2 Justification du choix des coupes analysées – Bassins BE1 et BE2

Bassin	Coupe	Justification
E	BE1	<ul style="list-style-type: none"> ■ Route d'accès et bassin CP en aval
	BE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Route d'accès en aval ■ Intersection de couches de fondation contractantes

La Figure 1 ci-dessous présente une vue en plan du bassin E incluant la localisation des sondages réalisés dans l’empreinte du bassin E ainsi que les traces des coupes analysées.

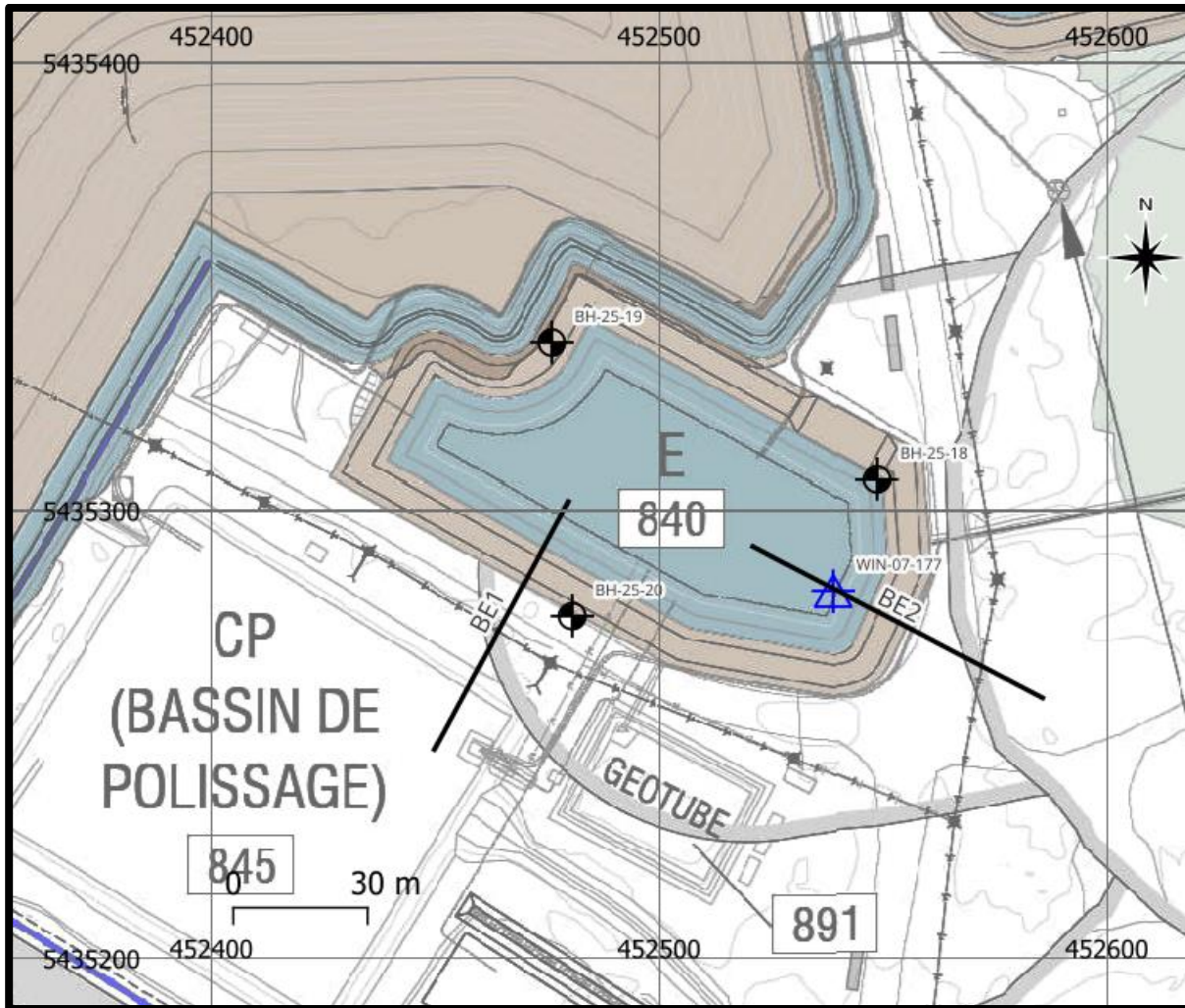


Figure 1 : Vue en plan du bassin E et localisation des sondages et des traces des coupes analysées.

3.2.2.3 Résultats des analyses de stabilité

Les résultats des analyses de stabilité du bassin E selon les coupes BE1 et BE2 sont présentés au Tableau 3-3 et au Tableau 3-4. Les configurations géométriques et les surfaces potentielles de rupture associées aux coefficients de sécurité minimaux obtenus sont présentées à l'Annexe C.

Tableau 3-3 Résultats des analyses de stabilité de la coupe BE1

Conditions de chargement	Scénarios	Facteurs de sécurité (FS)	
		Obtenus	Requis
Statique	Rupture globale (amont) – Fin de la construction	2,36	1,3
	Rupture globale (aval) – Fin de la construction	N.A. ⁽²⁾	
	Rupture globale (amont) – Crue de conception ⁽¹⁾	2,13	1,5

Conditions de chargement	Scénarios	Facteurs de sécurité (FS)	
		Obtenus	Requis
	Rupture globale (aval) – Crue de conception ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	1,5
	Rupture globale (amont) – Bassin vide	2,33	
	Rupture globale (aval) – Bassin vide	N.A. ⁽²⁾	
Post-sismique	Rupture globale (amont) – Crue de conception	N.A. ⁽³⁾	1,1
	Rupture globale (amont) – Bassin vide		
	Rupture globale (aval)	N.A. ^{(2),(3)}	
Pseudo-statique	Rupture globale (amont) – Crue de conception	1,72	1,1
	Rupture globale (amont) – Bassin vide	2,04	
	Rupture globale (aval) – Crue de conception	N.A. ⁽²⁾	

⁽¹⁾ Niveau d'eau du bassin correspondant à l'événement de crue de conception.

⁽²⁾ N.A. : le bassin E est sous le niveau du chemin d'accès dans le secteur de la coupe BE1. Le bassin E est considéré comme étant excavé dans ce secteur.

⁽³⁾ N.A. : la coupe BE1 n'intercepte pas de couches de fondation contractantes.

Tableau 3-4 Résultats des analyses de stabilité de la coupe BE2

Conditions de chargement	Scénarios	Facteurs de sécurité (FS)	
		Obtenus	Requis
Statique	Rupture globale (amont) – Fin de la construction	2,30	1,3
	Rupture globale (aval) – Fin de la construction	N.A. ⁽²⁾	
	Rupture globale (amont) – Crue de conception ⁽¹⁾	2,13	1,5
	Rupture globale (aval) – Crue de conception ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	
	Rupture globale (amont) – Bassin vide	2,33	1,5
	Rupture globale (aval) – Bassin vide	N.A. ⁽²⁾	
Post-sismique	Rupture globale (amont) – Crue de conception	2,13	1,1
	Rupture globale (amont) – Bassin vide	2,33	
	Rupture globale (aval)	N.A. ⁽²⁾	
Pseudo-statique	Rupture globale (amont) – Crue de conception	1,73	1,1
	Rupture globale (amont) – Bassin vide	2,04	
	Rupture globale (aval) – Crue de conception	N.A. ⁽²⁾	

⁽¹⁾ Niveau d'eau du bassin correspondant à l'événement de crue de conception.

⁽²⁾ N.A. : Le niveau du terrain naturel à la coupe BE2 est similaire à celui du niveau d'eau en crue de conception. Le bassin E est considéré comme excavé dans ce secteur.

Pour chacune des coupes du bassin E évaluées, les résultats des analyses de stabilité de l'ensemble des scénarios montrent que les FS obtenus satisfont les FS minimaux ciblés. Les détails de la

configuration du bassin E présentés précédemment au Tableau 3-1 permettent donc de satisfaire les critères de stabilité établis.

3.2.3 Déversoir d'urgence

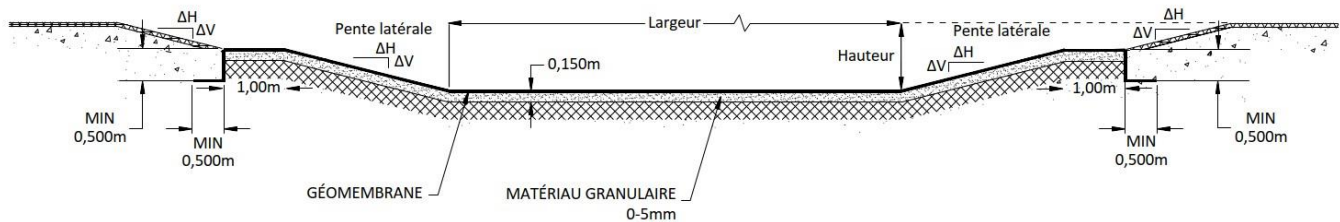
Le bassin E est muni d'un déversoir d'urgence dimensionné pour évacuer la crue maximale probable (CMP) appliqué à son bassin versant. La revanche environnementale est minimalement de 0,1 m au-dessus du niveau de la crue de conception. La revanche dans le déversoir est minimalement de 0,3 m au-dessus du niveau de la CMP. La revanche de sécurité permet également de prévenir le débordement (« *wave overtopping* ») en cas d'un événement de vent de récurrence 1:100 ans. Les paramètres du déversoir d'urgence du bassin E sont présentés dans le *Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement* émis en 2025 (WSP, 2025).

Le Tableau 3-5 suivant et la Figure 2 présentent les caractéristiques du déversoir d'urgence du bassin E.

Tableau 3-5 Caractéristiques du déversoir d'urgence du bassin E

Bassin	Largeur à la base (m)	Hauteur (m)	Pentes latérales (H:V)
E	25,0	0,7	4:1

Figure 2 : Coupe type transversale du déversoir d'urgence du bassin E



4. Conclusion

4.1 Conclusion

Le présent document récapitule les intrants, les contraintes de construction et d'opération ainsi que les objectifs de stabilité minimums requis par les standards et exigences applicables qui ont servi à la conception du bassin E et de son déversoir d'urgence.

Le bassin E, construit en déblai/remblai (« *cut and fill* ») collectera une partie des eaux de contact de la halde à stériles. Une portion de ces stériles est potentiellement génératrice d'acide et lixiviable. Les conséquences en cas de rupture du bassin E sont « importantes » selon les termes du bulletin technique de l'ACB (ACB, 2019). Le bassin sera en mesure de gérer une crue environnementale composée de la combinaison d'une pluie 1:2000 ans et de la fonte 30 jours d'une accumulation de neige de récurrence 1:100 ans, incluant une majoration pour les changements climatiques. Il sera équipé d'une géomembrane de polyéthylène comme mesure de protection des eaux souterraines de type A (MELCCFP, 2025). De plus, le bassin E sera muni d'un déversoir d'urgence capable d'évacuer une crue maximale probable (CMP). La revanche de sécurité du bassin permettra quant à elle de confiner les vagues créées par un événement de vent de récurrence 1:100 ans.

Le rapport présente les résultats des analyses de stabilité réalisées. La conception proposée du bassin E permet de satisfaire les critères de stabilité requis. En effet, pour chacune des coupes évaluées du bassin E, les résultats des analyses de stabilité de l'ensemble des scénarios montrent que les facteurs de sécurité obtenus satisfont les facteurs de sécurité minimaux ciblés.

5. Références

- ACB. (2019). *Bulletin technique : Application des lignes directrices sur la sécurité des barrages à l'exploitation minière*.
- Aubertin, M. (2024). *Analyse dynamique de la stabilité des ouvrages miniers: Revue des méthodes et outils disponibles et orientations générales. Soumis à la Direction principale des eaux usées et de la gouvernance de l'eau, Ministère de l'Environnement, de*.
- Ecometrix. (2024). *SOMMAIRE DE LA CARACTÉRISATION DES ROCHES DE CONSTRUCTION*.
- Gold Fields. (2022). *FICHER "PLAN DE SURFACE.dwg", TRANSMIS PAR LE CLIENT LE 10 OCTOBRE 2020 ET MIS À JOUR EN AOÛT 2022*.
- Gold Fields. (2024). *Relevé LiDAR du 5 juillet 2024*.
- Hawley, P. M., & Cuning, J. (2017). *Guidelines for mine waste dump and stockpile design*. London ON: CRC Press. 385 p.
- Hynes-Griffin, M. E., & Franklin, A. G. (1984). *Rationalizing the Seismic Coefficient Method. Misc Paper GL-84-13*. Washington, DC: US Army Corp of Engineers.
- Koerner, G. R., & Narejo, D. (2005). *Direct shear database of geosynthetic-to-geosynthetic and geosynthetic-to-soil interfaces*. GRI Report #30, Geosynthetic Research Institute, USA.
- MELCCFP. (2025). *Directive 019 sur l'industrie minière*. 95 pages et abréviations.
- MRNF. (2024). *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec*. 116 pages.
- SCG. (2023). *Canadian Foundation Engineering Manual. 5th Edition*.
- WSP. (2024a). *Geochemical Characterization of Ore and Waste Materials for the Windfall Project, Québec*. No. Réf. GAL137-2148985706-RA-Rev2: 42 pages + annexes.
- WSP. (2024b). *Site-Specific Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Earthquake Acceleration Time History Development*. No. Réf. CAWL-RE-GT-0601-00: 50 pages et annexes.
- WSP. (2024c). *Windfall Mining Project - Consequence Category Assessment and Dam Breach Analysis*. No. Réf. CAWL-TR-WM-0602-00: 33 pages et annexes.
- WSP. (2025). *Plan de gestion des eaux en soutien à l'étude d'impact sur l'environnement. Projet minier Windfall*. No. Réf. CAWL-WSP0-2700-CI-RPT-0007. 32 pages et annexes.



Annexes



Annexe A – Analyses de stabilité



ANALYSES DE STABILITÉ

BASSIN E – COUPE BE1



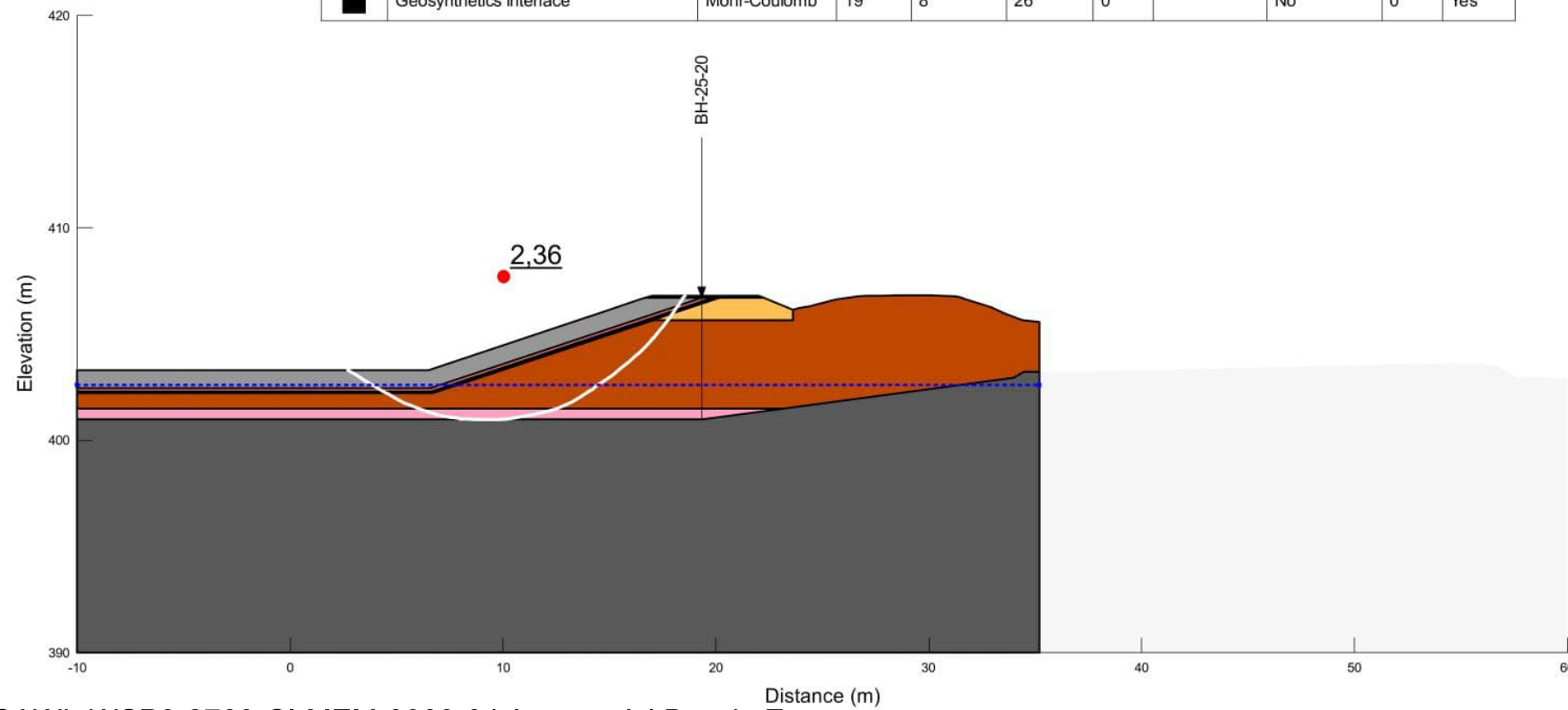
COUPE
BE1

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Fin de la construction

CONDITION DE CHARGEMENT

Statique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Surface	Exclude if unsaturated	B-bar	Add Weight
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)					1	Yes	0	No
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0		No	0	Yes
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0		No	0	Yes
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	20,5	0	38	0		No	0	Yes
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	20,5	0	42	0		No	0	Yes
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	20,5	0	33	0	1	Yes	0,2	No
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	18	0	28	0	1	Yes	0,2	No
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	19	8	26	0		No	0	Yes



CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0 | Annexe A | Bassin E

FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,36	1,3

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

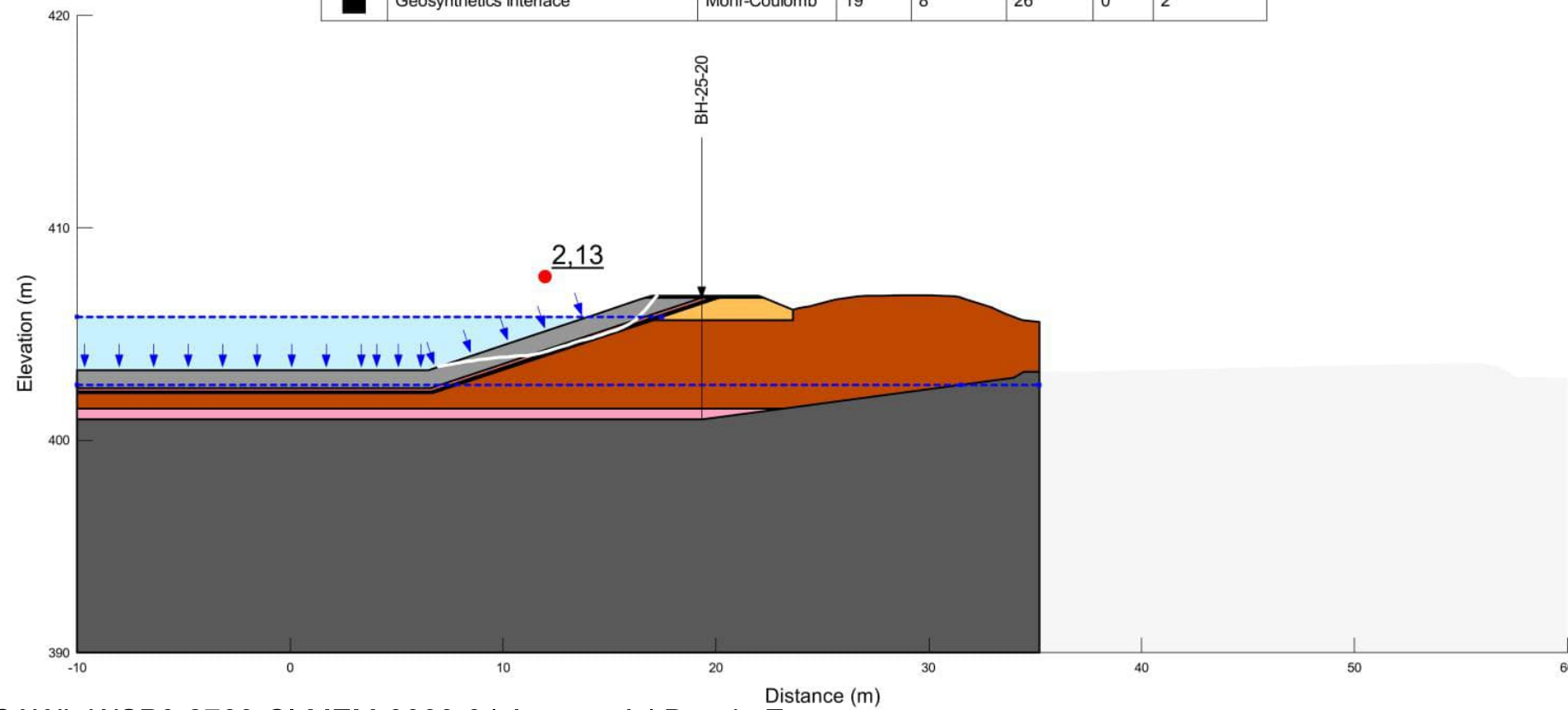
A

FIGURE

2



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Surface
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)					1
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	2
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	2
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	20,5	0	38	0	2
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	20,5	0	42	0	2
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	20,5	0	33	0	1
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	18	0	28	0	1
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	19	8	26	0	2



CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0 | Annexe A | Bassin E

COUPE
BE1

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Crue de conception

CONDITION DE CHARGEMENT

Statique

FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,13	1,5

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

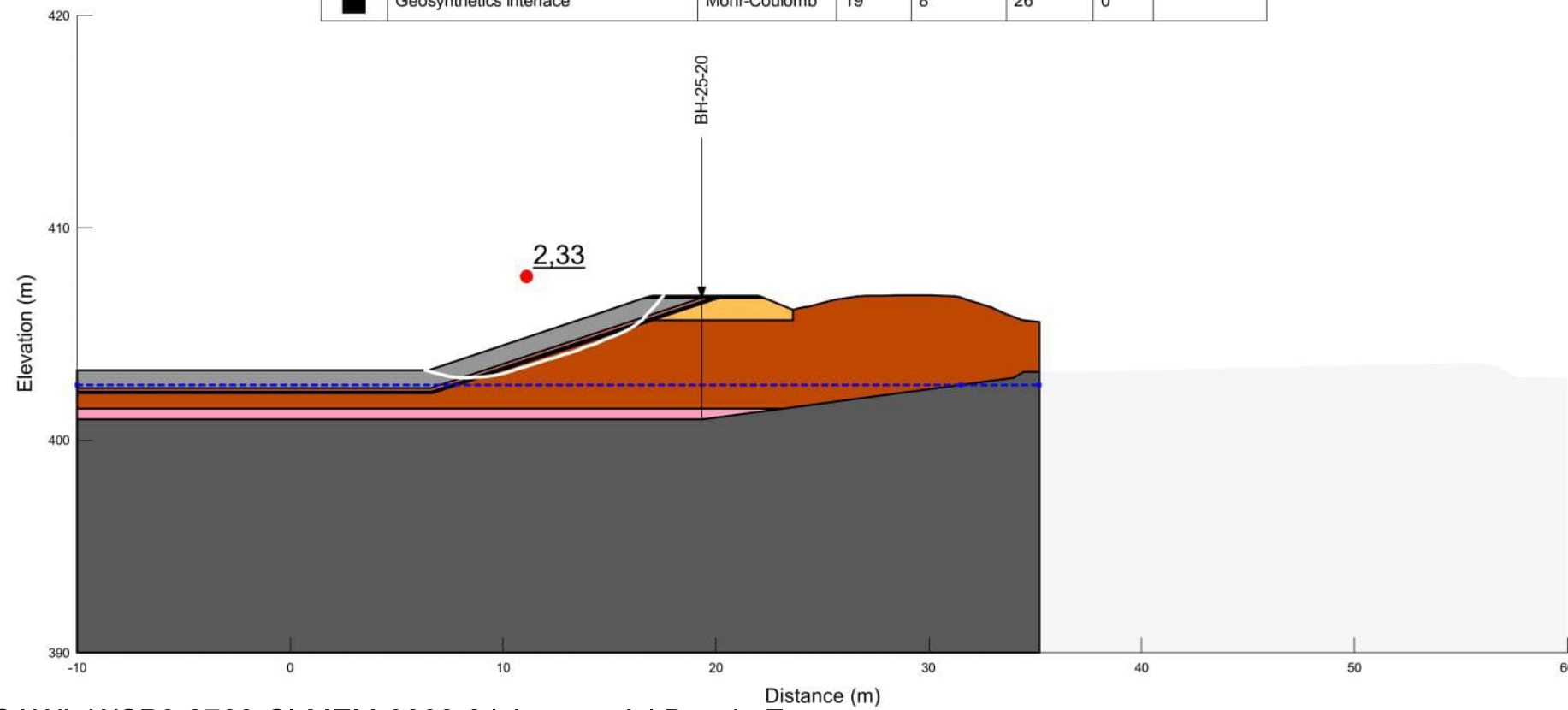
A

FIGURE

3



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Surface
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)					1
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	20,5	0	38	0	
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	20,5	0	42	0	
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	20,5	0	33	0	1
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	18	0	28	0	1
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	19	8	26	0	



CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0 | Annexe A | Bassin E

COUPE
BE1

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Bassin vide

CONDITION DE CHARGEMENT

Statique

FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,33	1,5

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

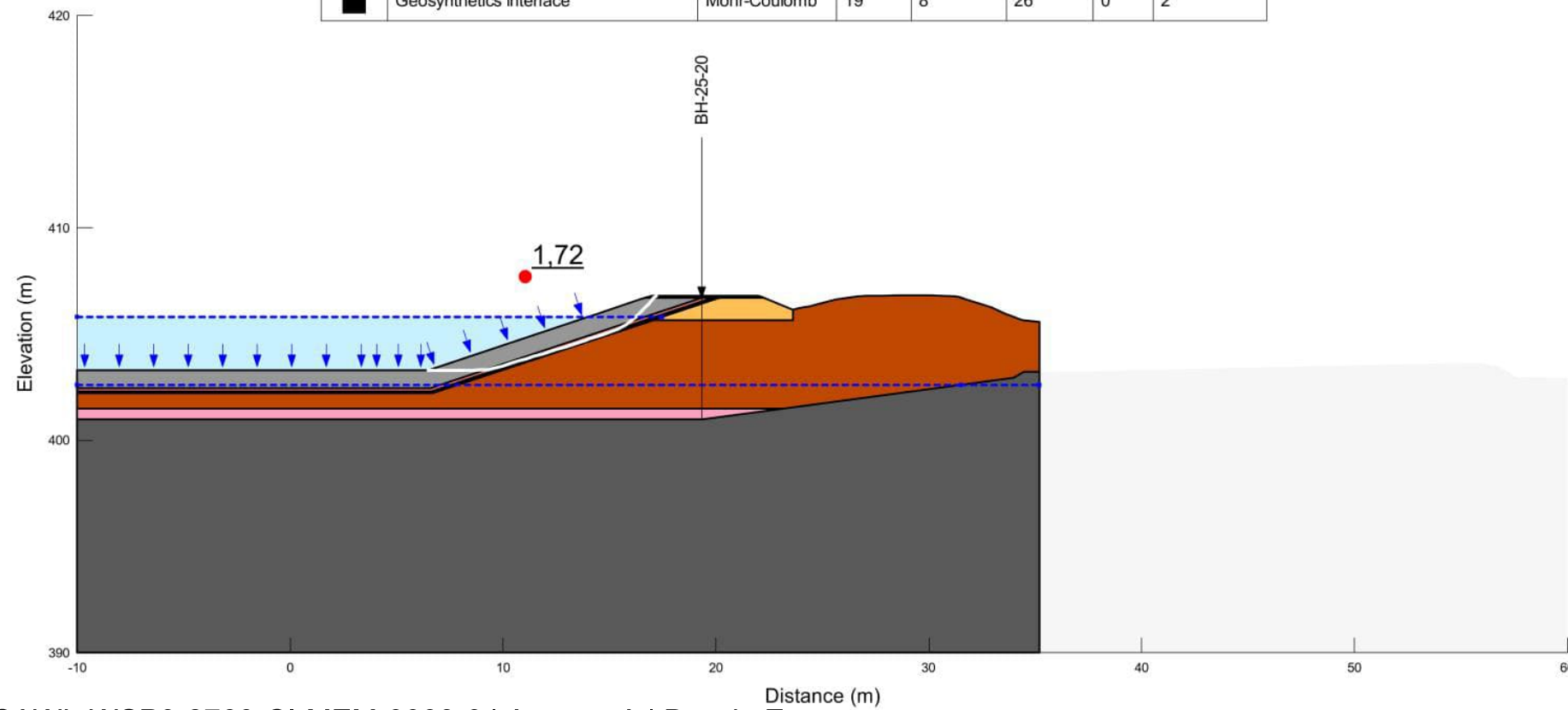
A

FIGURE

4



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Surface
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)					1
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	2
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	2
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	20,5	0	38	0	2
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	20,5	0	42	0	2
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	20,5	0	33	0	1
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	18	0	28	0	1
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	19	8	26	0	2



CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0 | Annexe A | Bassin E

COUPE
BE1

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Crue de conception

CONDITION DE CHARGEMENT
Pseudo-statique

FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
1,72	1,1

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

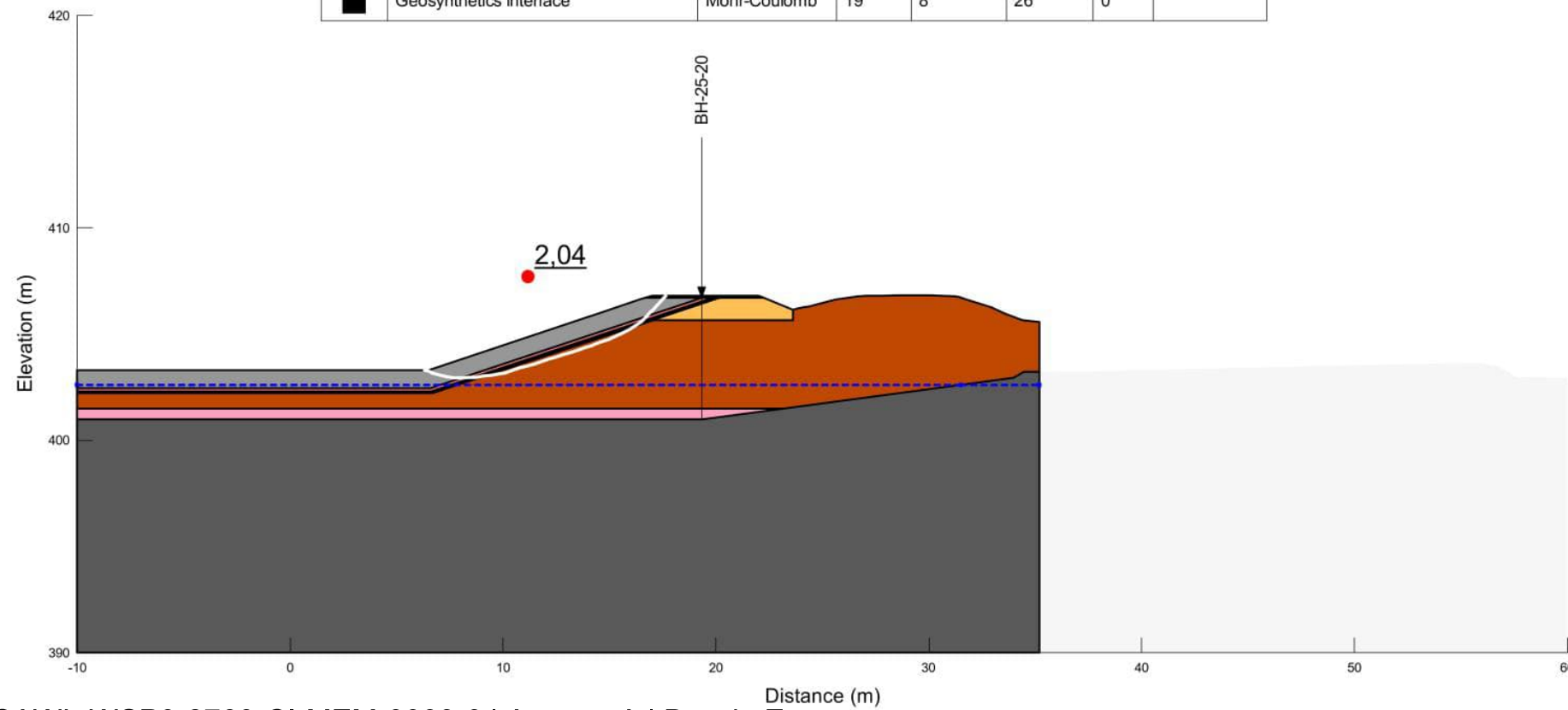
A

FIGURE

5



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Surface
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)					1
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	19	0	33	0	
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	20,5	0	38	0	
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	20,5	0	42	0	
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	20,5	0	33	0	1
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	18	0	28	0	1
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	19	8	26	0	



CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0 | Annexe A | Bassin E

COUPE
BE1

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Bassin vide

CONDITION DE CHARGEMENT
Pseudo-statique

FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,04	1,1

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

A

FIGURE

6



ANALYSES DE STABILITÉ

BASSIN E – COUPE BE2



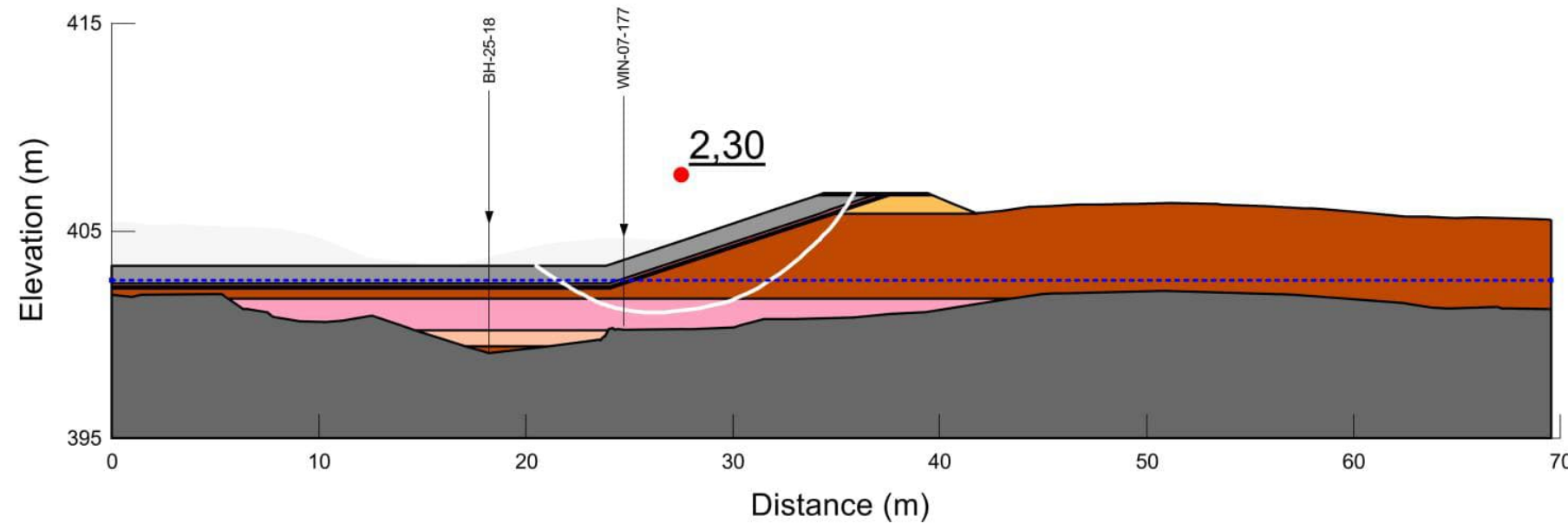
COUPE
BE2

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Fin de la construction


CONDITION DE CHARGEMENT


Statique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Piezometric Surface	Exclude if unsaturated	B-bar	Add Weight	Unit Weight (kN/m ³)	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)	1	Yes	0	No						
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	1	No	0	Yes	19			0	33	0
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	1	No	0	Yes	19			0	33	0
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	1	No	0	Yes	20,5			0	38	0
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	1	No	0	Yes	20,5			0	42	0
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	1	Yes	0,2	No	20,5			0	33	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	1	Yes	0,2	No	18			0	28	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (undrained)	SHANSEP	1	Yes	0,2	No	20,5	0,22	5			
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	1	No	0	Yes	19			8	26	0



FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2.30	1,3

CLIENT  **GOLD FIELDS**

CONSULTANT 

DATE 2025-12-05
 PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT
 RÉVISÉ M. Cossette, Ing.
 APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET **WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ**

TITRE **Analyse de stabilité – Bassin E**

No. RÉF. CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0 Rév. A FIGURE 8



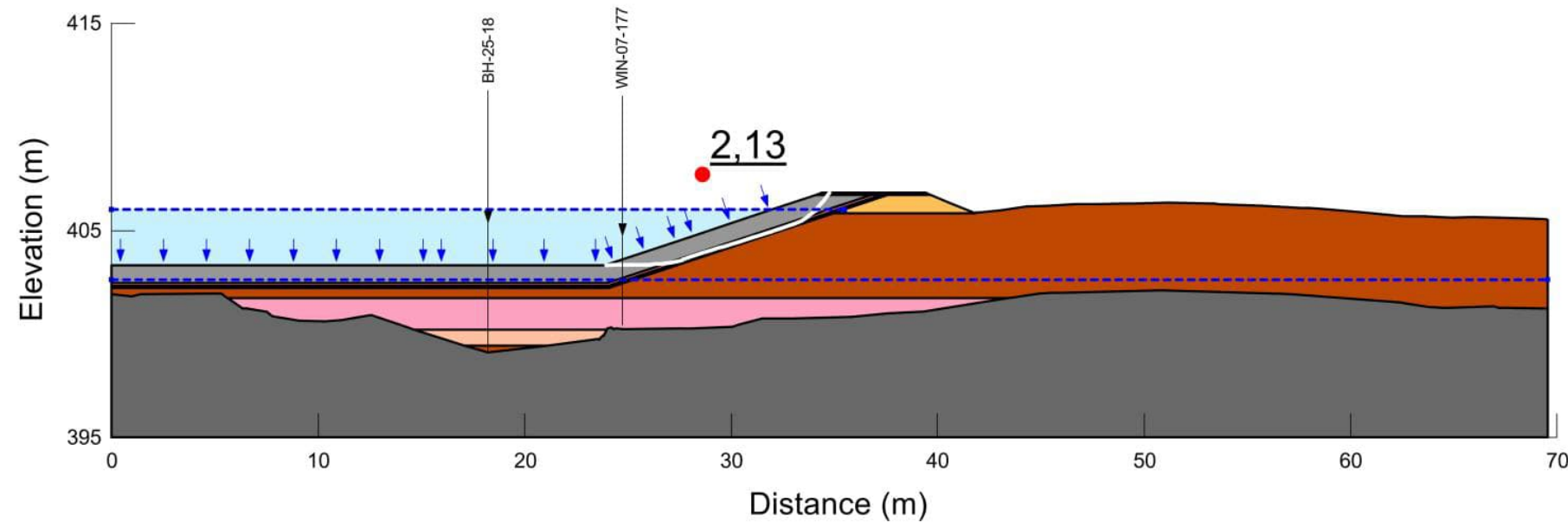
COUPE
BE2

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Crue de conception

CONDITION DE CHARGEMENT

Statique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Piezometric Surface	Unit Weight (kN/m ³)	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)	1						
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	1	19			0	33	0
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	2	19			0	33	0
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	2	20,5			0	38	0
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	2	20,5			0	42	0
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	1	20,5			0	33	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	1	18			0	28	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (undrained)	SHANSEP	1	20,5	0,22	5			
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	2	19			8	26	0



FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,13	1,5

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

A

FIGURE

9



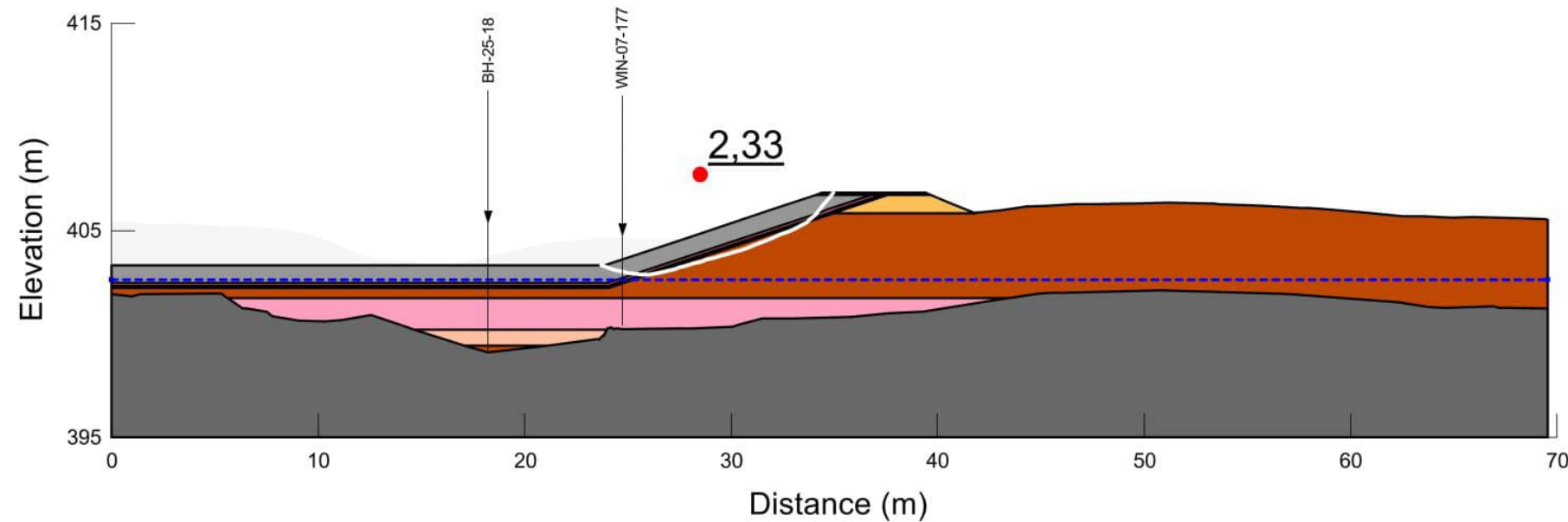
COUPE
BE2

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Bassin vide

CONDITION DE CHARGEMENT

Statique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Piezometric Surface	Unit Weight (kN/m ³)	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)	1						
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	1	19			0	33	0
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb		19			0	33	0
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb		20,5			0	38	0
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb		20,5			0	42	0
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	1	20,5			0	33	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	1	18			0	28	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (undrained)	SHANSEP	1	20,5	0,22	5			
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb		19			8	26	0



FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,33	1,5

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

A

FIGURE

10

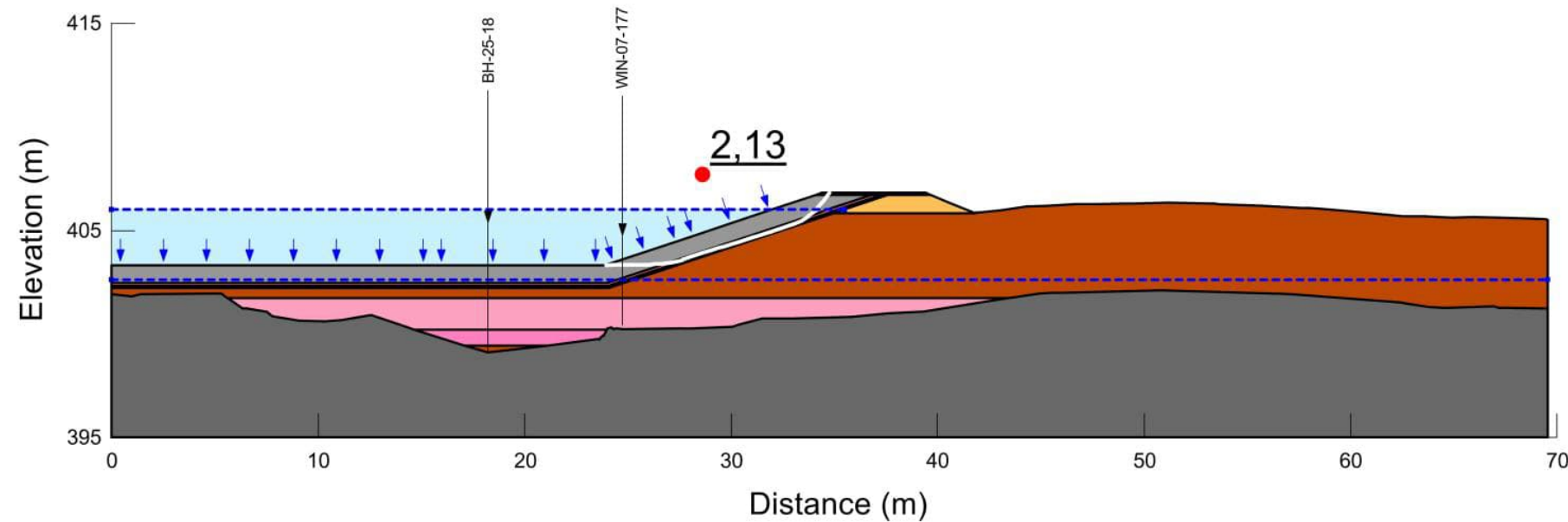


COUPE
BE2

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Crue de conception

CONDITION DE CHARGEMENT
Post-sismique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Piezometric Surface	Unit Weight (kN/m³)	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)	1						
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	1	19			0	33	0
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	2	19			0	33	0
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	2	20,5			0	38	0
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	2	20,5			0	42	0
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	1	20,5			0	33	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	1	18			0	28	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (undrained) (residual)	SHANSEP	1	20,5	0,06	3			
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	2	19			8	26	0



FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,13	1,1



CONSULTANT

DATE	2025-12-05
PRÉPARÉ	T. Vuilloz, Ing. PRT
RÉVISÉ	M. Cossette, Ing.
APPROUVÉ	F. Choquet, Ing.

PROJET **WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ**

TITRE **Analyse de stabilité – Bassin E**

No. RÉF.	Rév.	FIGURE
CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0	A	11

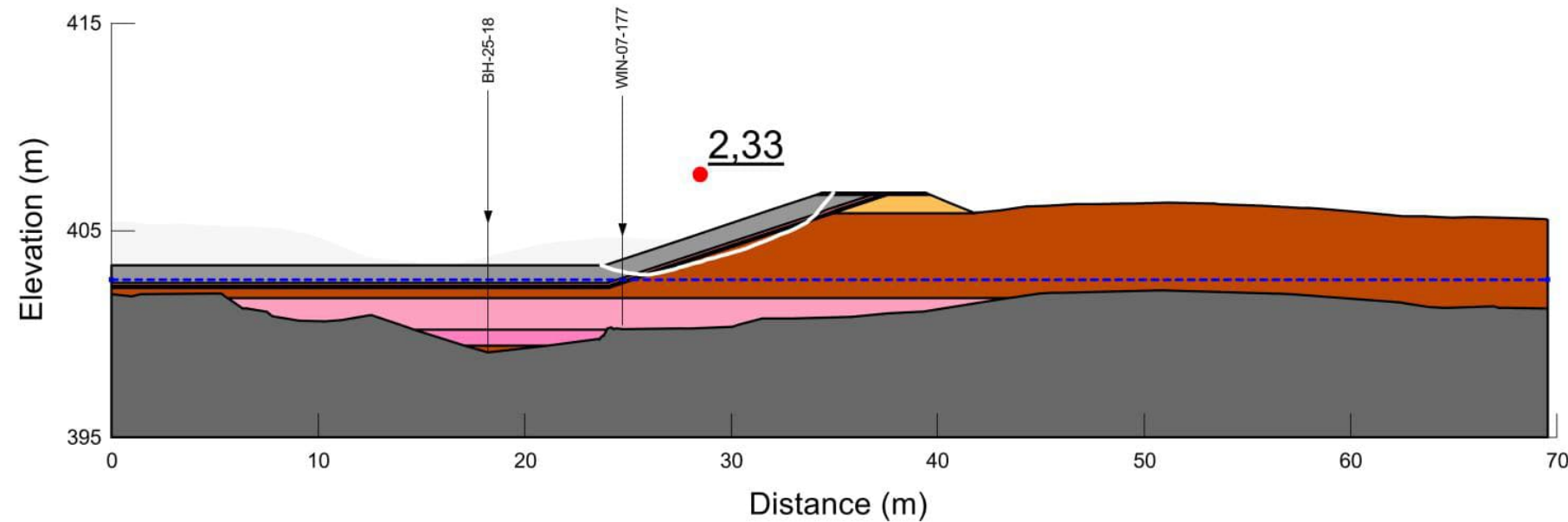


COUPE
BE2

SCÉNARIO
Rupture globale (aval) – Bassin vide

CONDITION DE CHARGEMENT
Post-sismique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Piezometric Surface	Unit Weight (kN/m³)	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)	1						
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	1	19			0	33	0
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb		19			0	33	0
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb		20,5			0	38	0
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb		20,5			0	42	0
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	1	20,5			0	33	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	1	18			0	28	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (undrained) (residual)	SHANSEP	1	20,5	0,06	3			
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb		19			8	26	0



FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,33	1,1



CONSULTANT

DATE	2025-12-05
PRÉPARÉ	T. Vuilloz, Ing. PRT
RÉVISÉ	M. Cossette, Ing.
APPROUVÉ	F. Choquet, Ing.

PROJET **WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ**

TITRE **Analyse de stabilité – Bassin E**

No. RÉF.	Rév.	FIGURE
CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0	A	12



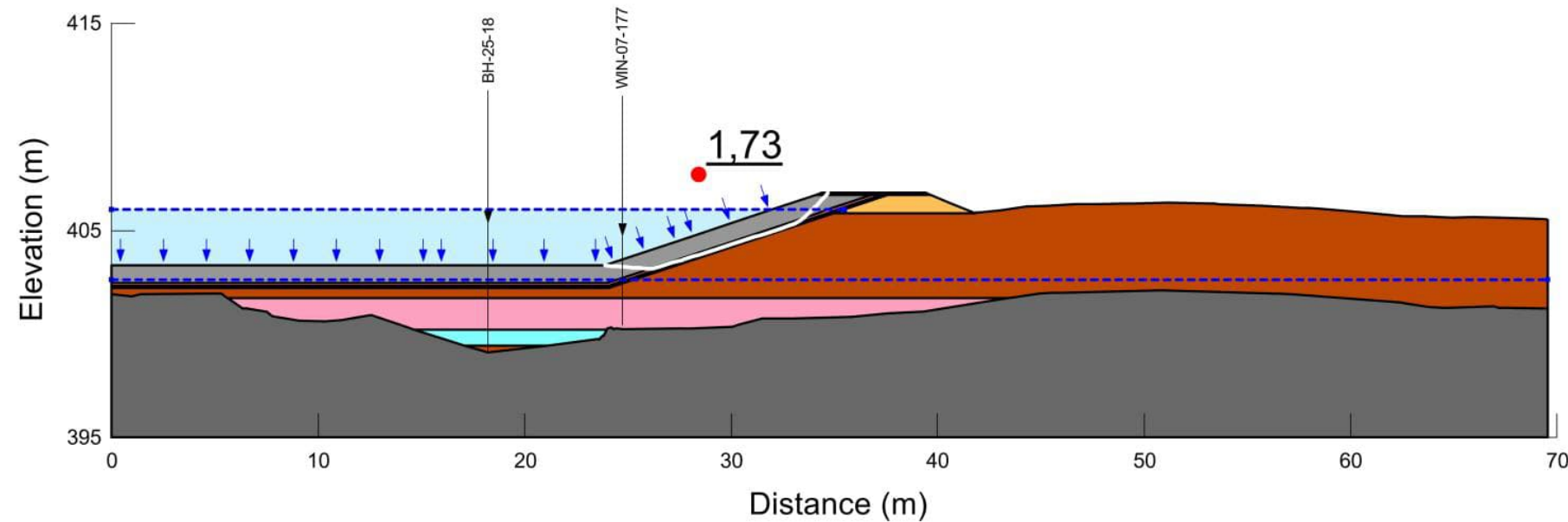
COUPE
BE2

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Crue de conception

CONDITION DE CHARGEMENT

Pseudo-statique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Piezometric Surface	Unit Weight (kN/m ³)	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)	1						
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	1	19			0	33	0
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb	2	19			0	33	0
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb	2	20,5			0	38	0
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb	2	20,5			0	42	0
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	1	20,5			0	33	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	1	18			0	28	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (undrained) (PS)	SHANSEP	1	20,5	0,176	4			
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb	2	19			8	26	0



FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
1,73	1,1

CLIENT



GOLD FIELDS

CONSULTANT



DATE 2025-12-05

PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT

RÉVISÉ M. Cossette, Ing.

APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET

WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

TITRE

Analyse de stabilité – Bassin E

No. RÉF.

CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0

Rév.

A

FIGURE

13

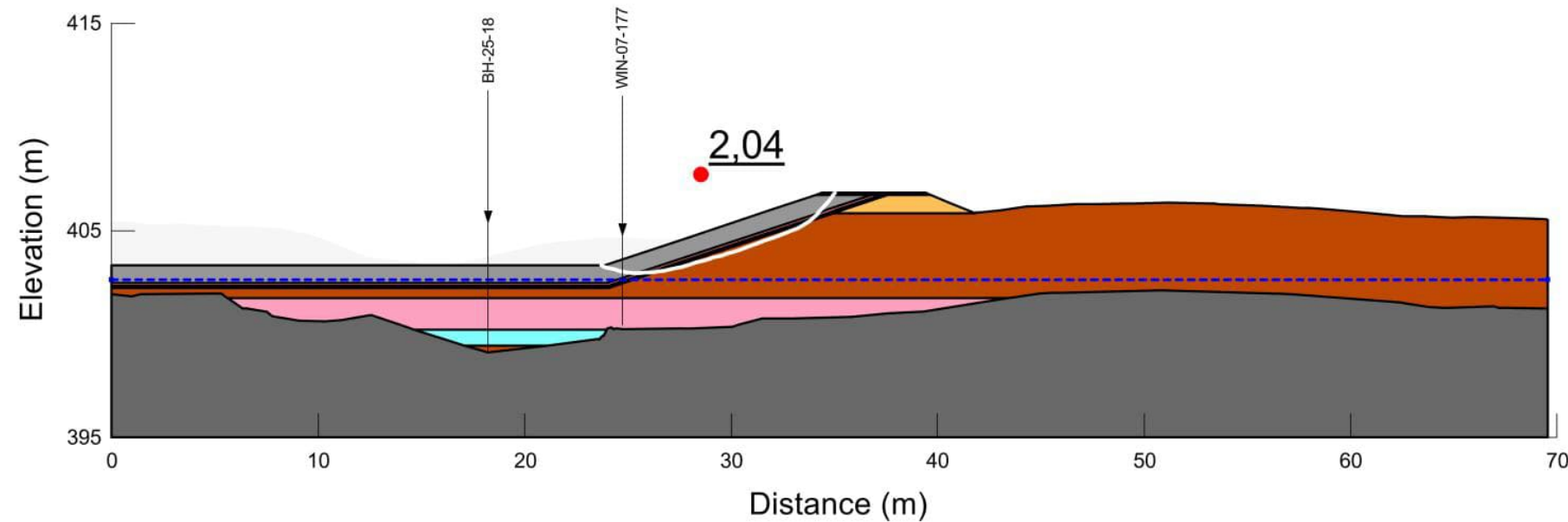


COUPE
BE2

SCÉNARIO
Rupture globale (amont) – Bassin vide

CONDITION DE CHARGEMENT
Pseudo-statique

Color	Name	Slope Stability Material Model	Piezometric Surface	Unit Weight (kN/m ³)	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
■	Bedrock	Bedrock (Impenetrable)	1						
■	Class 2, construction - compacted granular material (dyke)	Mohr-Coulomb	1	19			0	33	0
■	Class 2, construction - compacted granular material (inner pond)	Mohr-Coulomb		19			0	33	0
■	Class 3, construction - gravel, crushed aggregates	Mohr-Coulomb		20,5			0	38	0
■	Class 4, construction - rockfill	Mohr-Coulomb		20,5			0	42	0
■	Foundation - granular soils	Mohr-Coulomb	1	20,5			0	33	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (dilative)	Mohr-Coulomb	1	18			0	28	0
■	Foundation - sand with fines traces to silt and sand (undrained) (PS)	SHANSEP	1	20,5	0,176	4			
■	Geosynthetics interface	Mohr-Coulomb		19			8	26	0



FACTEUR DE SÉCURITÉ (FS)	
OBTENU	REQUIS
2,04	1,1



DATE 2025-12-05
 PRÉPARÉ T. Vuilloz, Ing. PRT
 RÉVISÉ M. Cossette, Ing.
 APPROUVÉ F. Choquet, Ing.

PROJET **WINDFALL – INFRASTRUCTURES DE GESTION DES EAUX – MISE À JOUR DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ**

TITRE **Analyse de stabilité – Bassin E**

No. RÉF. CAWL-WSP0-2760-CI-MEM-0003-0 Rév. A FIGURE 14

wsp



wsp.com